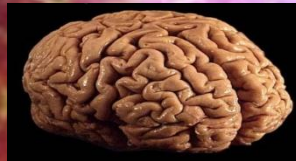


המפץ (הגדול) של המוח



דן רוגל, 05.2018

בהרצאה אחרונה, ב2007... על השבר בתודעה
דברנו בעיקר על היחסות הפרטית של איינשטיין
האומרת שאין מהירות יותר גדולה ממהירות האור.

מאז, קרו עוד הרבה דברים, יותר נכון אני הכרתי שהם קרו....
וגם, עברו 10 שנים.
וזה הכי חשוב.

זה הכי חשוב כי התקרבו ב10 שנים...
ואסור, בתכלית האיסור, שנסתלק מכאן בלי שנדע מה הולך כאן!
אולי יש שם בחינת כניסה?

היום, "שתוף" זו המילה, אז החלטתי לשתף אתכם במה שאני למדתי.
השתדלתי שיהיה פשוט. מאד. ומובן.
בחרתי רק קצת **נושאים**, אבל שהם **בכותרות**. אלו שבטח יהיו
בבחינה...

אני לא מתכוון ללמד! קטונתי
רק לספר

כמה שהם יותר גדולים/רחוקים

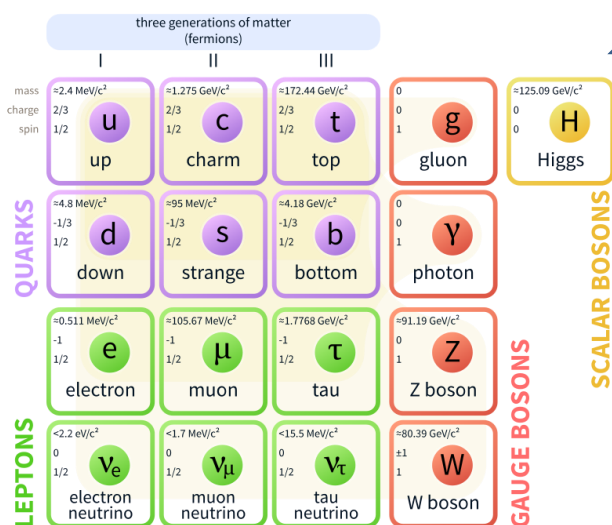
או

כמה שהם יותר קטנים/עמוק בפנים
ככה פחות אנחנו יודעים עליהם!

הנה, למשל, מנפלאות המדע המפחיד הזה:
מנבכי החלקיקים ועד למרומי האסטרופיזיקה
שני עולמות!
זה שלמעלה וזה שלמטה



Standard Model of Elementary Particles



SCALAR BOSONS

GAUGE BOSONS

האטומים,
שמרכיבים כל מה
שמוצק בעולם
עשויים כמעט
לגמרי מחלל ריק!

וראו גם שכל **החומר** ביקום לא
ממלא יותר מ **4% ממנו...**

כמה אנחנו לא יודעים
כוכב שביט

ירח

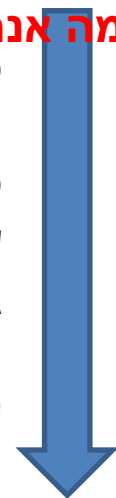
כוכב לכת (ארץ, מאדים, צדק)

שמש = כוכב

גלקסיה (שביל החלב, אנדרומדה..)

צביר גלקסיות

ערפילית



אלקטרון
פרוטון
אטום
מולקולה
אלמנט (חמצן, ברזל. נחושת)

כמה אנחנו לא יודעים

מאות מיליארדים

כותרת ההרצאה ב 2007

חורים שחורים

אי וודאות

תורת היחסות

מהירות האור

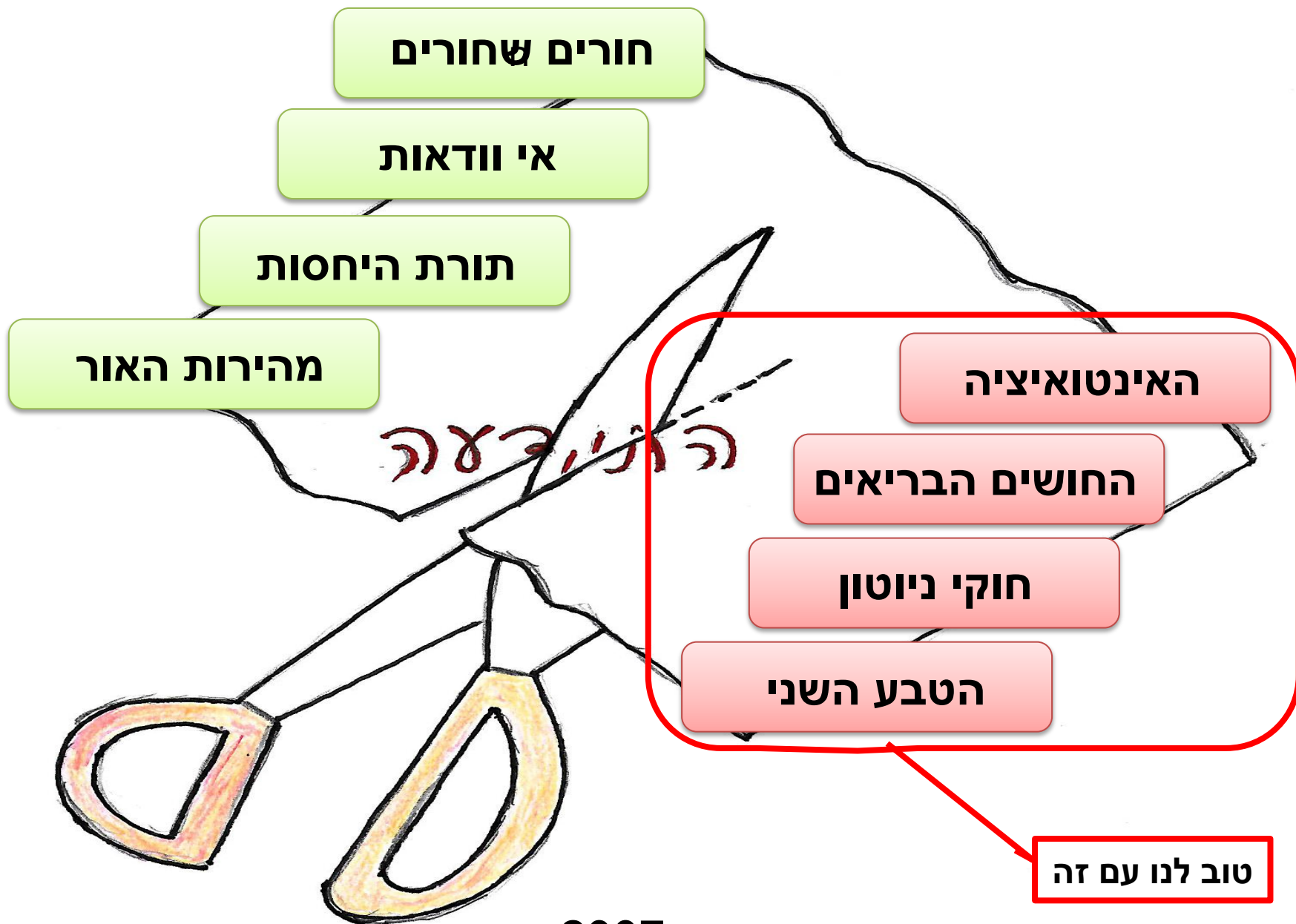
הרצאה

האינטואיציה

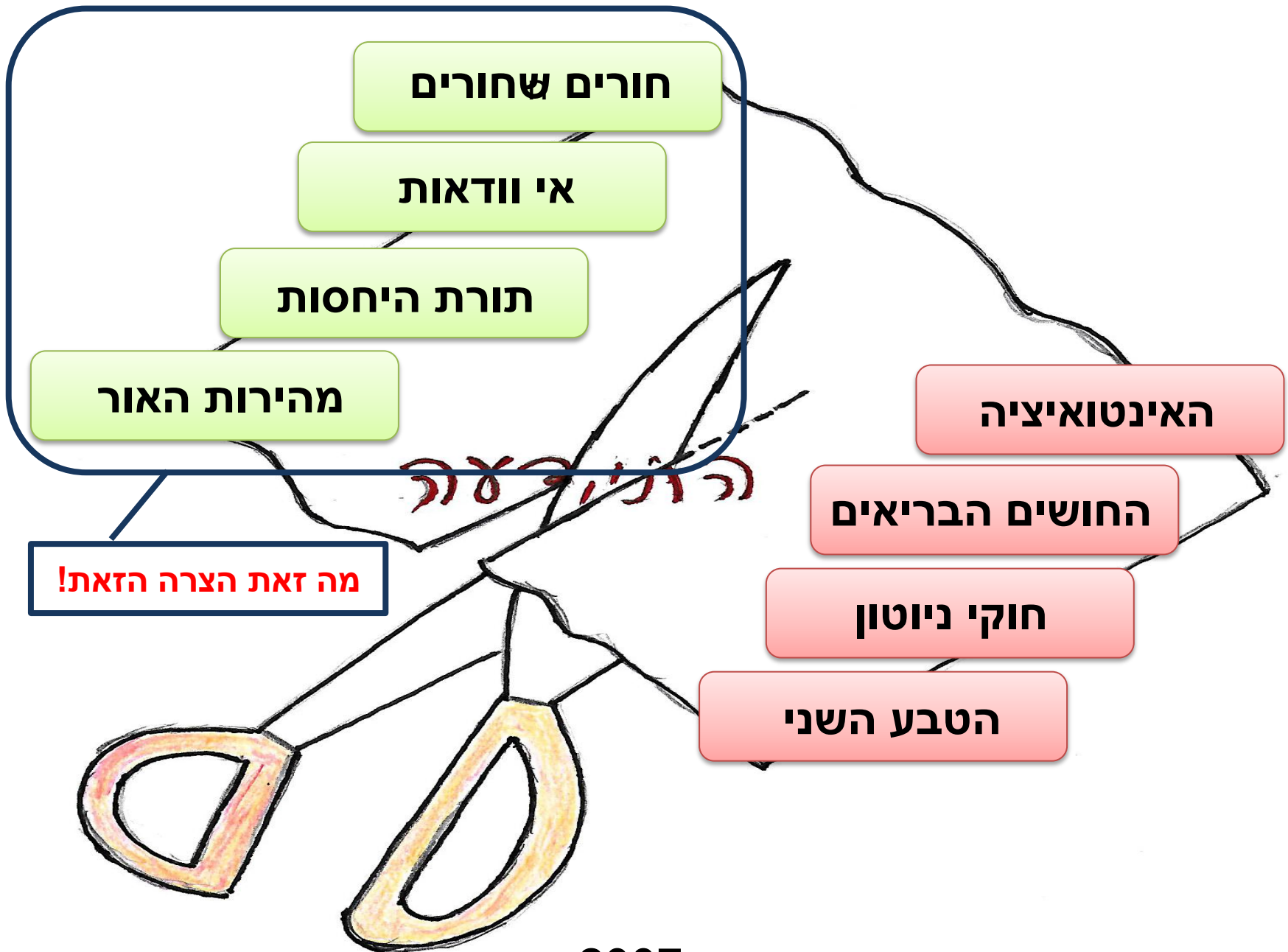
החושים הבריאים

חוקי ניוטון

הטבע השני

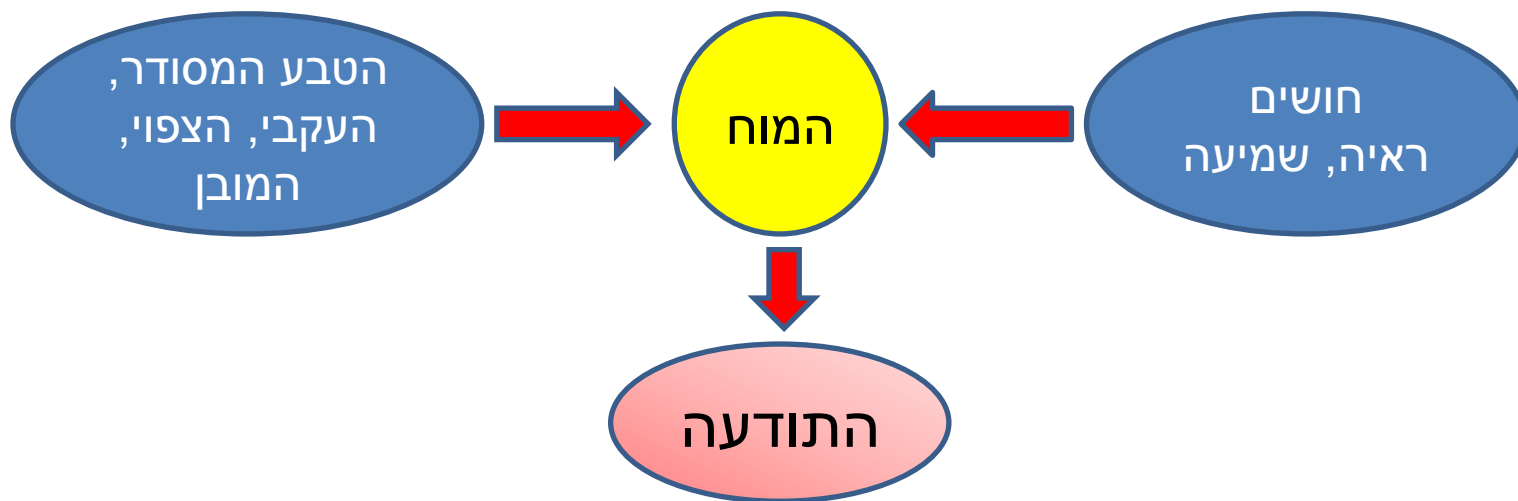


כותרת ההרצאה ב 2007



כותרת ההרצאה ב 2007

בעולם שלנו – העולם של ניוטון, החוקים חופפים לתחושות



המח שלנו לומד, מהיום הראשון שהוא חי, לתרגם ולשייך את "דברי" החושים לחוקים הכתובים וגם לאלו הלא כתובים.

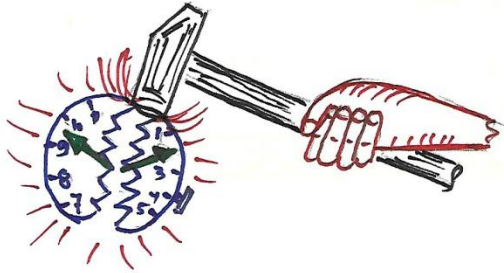
בעולם של איינשטיין, החוקים אחרים ואין תחושות

**תורת היחסות של איינשטיין היא כנראה ההישג
הגדול ביותר של השכל האנושי בתחום הבנת
המציאות.**

ברטרנד ראסל

פילוסוף אנגלי. חיבוריו בתחום [פילוסופיה אנליטית](#) השפיעו רבות גם על
התפתחות ה[מתמטיקה](#) וה[לוגיקה](#).

אז מה עשה לנו איינשטיין???



בהתחלה

הוא שבר לנו את השעון

הזמן הוא לא אבסולוטי. ככל ששעון נע יותר מהר, כך הוא הולך יותר לאט!

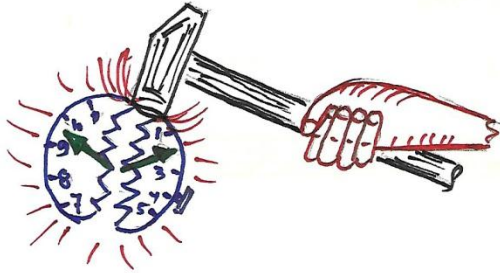
איינשטיין - בתורת היחסות הפרטית

מהירות האור היא המהירות הכי גדולה בטבע

300,000 ק"מ בשניה

כל הזמן
אי אפשר לנוע יותר מהר ממהירות האור, ובוודאי זה לא רצוי, כי הכובע עף לך
וודי אלן

אז מה עשה לנו איינשטיין???



בהתחלה

הוא שבר לנו את השעון

הזמן הוא לא אבסולוטי. ככל ששעון נע יותר מהר, כך הוא הולך יותר לאט!

היישום הכי שכיח הוא ב GPS. המכשיר במכונית שלנו מודד את המרחק ואת המיקום של 4 לווינים בשמים. הלווינים נעים במהירויות עצומות. אם לא היו מכניסים לחישוב תיקונים לפי איינשטיין היינו מקבלים שגיאות מיקום של מאות מטרים!

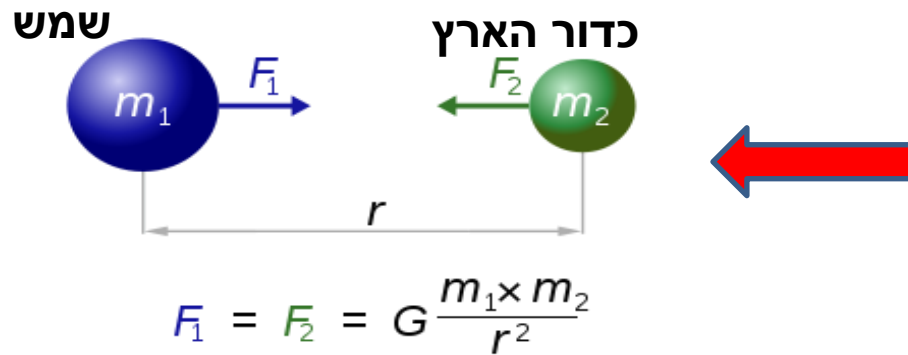
איינשטיין - בתורת היחסות הפרטית

מהירות האור היא המהירות הכי גדולה בטבע

300,000 ק"מ בשניה

כל הזמן
אי אפשר לנוע יותר מהר ממהירות האור, ובוודאי זה לא רצוי, כי הכובע עף לך
וודי אלן

אחר כך



הוא לקח את נוסחת
הכבידה של ניוטון
זו שמנתחת את פעילות
המשיכה של גרמי שמיים

ואמר ככה:

נניח, שברגע מסוים, השמש מתפוצצת – אין שמש!
אזי -

לפי ניוטון, **בבת אחת**, כוח המשיכה **מתאפס!**

אבל, אנחנו יודעים שאין כזה דבר בבת אחת!
ולמה -

כי אין מהירות יותר גדולה ממהירות האור!
ואז

הוא פיתח את **תורת היחסות הכללית**

במשך עשר השנים הבאות
פיתח איינשטיין משוואות חדשות.

הוא המציא חוקי משיכה חדשים!

הוא טבע את המונח

"מרחב עקום"

או

"עקמומיות המרחב"

זה שבא לתאר את כוחות המשיכה.

זו תורת היחסות הכללית

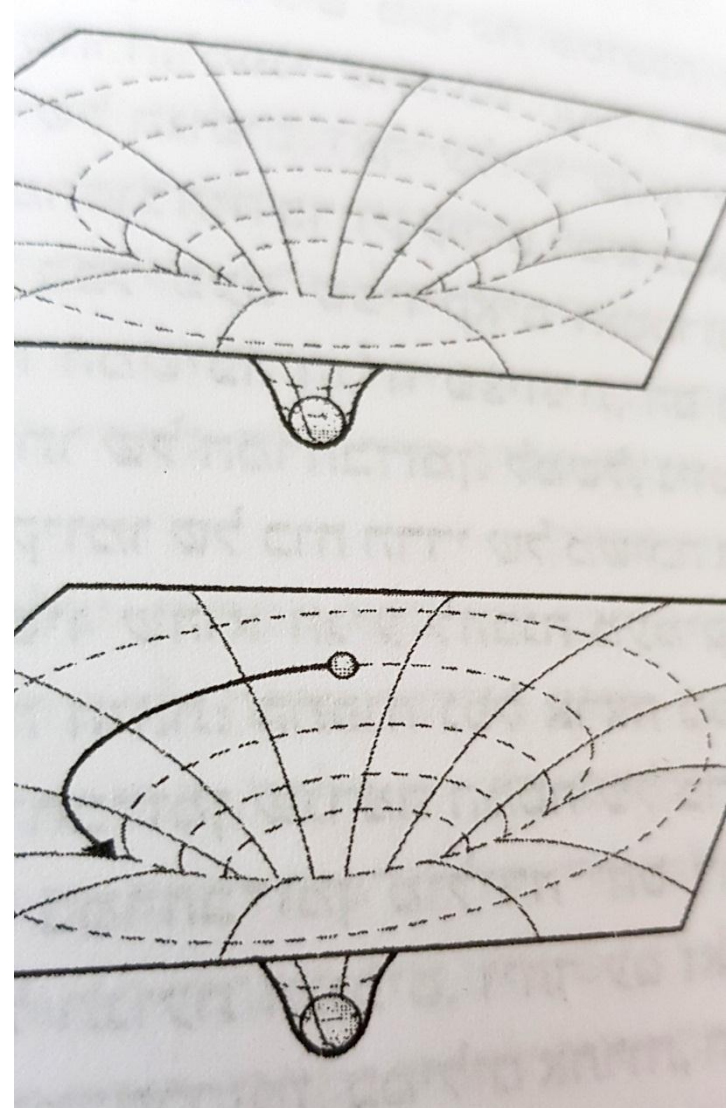
תיכף זה יהיה הרבה יותר ברור!

SPACE - TIME



איינשטיין תיאר יריעת גומי מתוחה, שעליה מונחים גולות וכדורים בכל מיני גדלים. ככל שכדור יהיה כבד יותר, כך השקערורית שהוא ייצור ביריעת הגומי תהיה גדולה יותר, וכך גולה קטנה שתעבור בקרבת מקום תיפול אל

תוך השקערורית ממרחק רב יותר. **זהו התיאור של הכבידה.** וככל שמסה היא גדולה יותר, כך היא מעקמת את המרחב באופן בוטה יותר.



וזה מה שמתקבל...

תארו לעצמכם אין ספור כוכבים, כל אחד יוצר מסביבו שקעורית שכזאת וכל שקעורית נעה במסלול כל שהוא בחלל....
ויש לנו שקעוריות בתוך שקעוריות, בתוך...

האם אנחנו יודעים לאן כל זה מוביל???



ובכן,
עדין אנחנו לא יודעים לאן כל זה מוביל
אבל,
אנחנו כל הזמן לומדים! ומגלים עוד ועוד דברים!
למשל, בעזרת משוואות איינשטיין
למדנו עכשיו דבר ממש חדש לגמרי!
למדנו

שמשות שנמצאות בתנועה יוצרות גלי כבידה!

כמו סירה שמתקדמת במים

הן יוצרות גלים!

והם, הגלים האלו, מתקדמים במהירות האור!

הבטחתי לכם **מפץ גדול של המוח** והנה אני מקיים!

אני, זאת אומרת, עם איינשטיין, אנחנו עכשיו טוענים

שגם **כוח המשיכה**, הדבר היומיומי המוכר הזה,

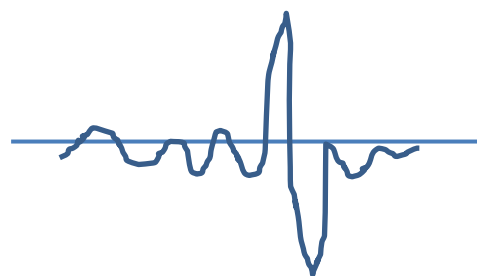
גם הוא בעצם משהו אחר!!! **הוא עוד גל אחד...**

נוסף לגל האקוסטי או לגל אור או לגל בים...

באופן כללי עוצמתם של גלי כבידה צפויה להיות חלשה מאד
איינשטיין לא האמין שאפשר יהיה למדוד אותם אי פעם

אולם כאשר מדובר בתנועה במהירויות הקרובות למהירות
האור, בין גופים אסטרונומיים כגון צמד של חור שחורים,
יש בכל זאת סיכוי

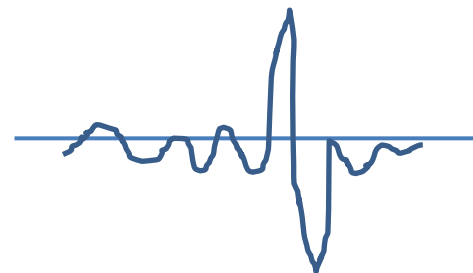
ב-11 בפברואר 2016, הודיע צוות פרויקט LIGO כי הם איתרו אות של גלי כבידה שהיו
תוצאה של התנגשות של שני חורים שחורים, שכל אחד מהם בעל מסה של כ-30 מסות
שמש, וקוטר של כ-150 ק"מ. הם התקרבו זה לזה עד שהתאחדו לחור שחור אחד



פלורידה

אלפית שנייה בין הפולסים

3000 ק"מ



ווינגטון

מהירות = מרחק / זמן = מהירות האור!

ואם למישהו עוד היה חסר "משהו" בעניין איינשטיין והתאוריות שלו...

אבל, בעיה!

איינשטיין החיל את משוואות תורת היחסות הכללית שלו על היקום,

ואז – אופס!

התברר לו, שלכאורה, היקום הוא לא יציב.
מהמשוואות שלו עולה שכל גוף נמשך אל כל גוף אחר,
לכן כולם מתקרבים לכולם עוד ועוד,
עד שלבסוף תהיה מפולת שלמה!
והיא תסתיים במעיכה אדירה של כל היקום...

אבל, אפילו אנחנו יודעים שזה לא נכון!
עובדה – אנחנו כאן!

אז בטח גם איינשטיין ידע...

אז מה הוא עשה?

הוא תיקן את המשוואה שלו באופן מלאכותי!
הוא הוסיף לה "מספר קבוע".... למנוע את הקריסה...
ונתנו לו שם: "הקבוע הקוסמולוגי" - סוג של אנטי כבידה

אז האם ככה זה נגמר? ממש ממש לא!!!

איינשטיין לא אהב את הפתרון הזה. הוא כנה אותו "הפשלה הכי גדולה של חיי"

**הוא אמנם הסביר אותו בקיומו של "משהו", סוג של כוח כלשהוא,
שהוא מנוגד לכוח המשיכה
ובכל זאת
עדין הוא לא אהב אותו!
והוא לכן מחק אותו ממשוואותיו...**

**אבל,
גם זה ממש לא סוף הסיפור**

**ובשביל לסיים אותו (יהיה הפי אנד)
צריך לדבר על עוד שנים/שלשה דברים
(ובטוח שזה יהיה בבחינה)
חומר אפל
אנרגיה אפלה
הברירה לאדום**

ההיסט (הבריחה) לאדום

מכירים את התופעה שהצליל של מכונית צופרת ומתרחקת משתנה (דופלר)?
אז זה קיים לא רק בצליל, אלא, גם עם האור
אם המכונית היתה קורנת, אז הצבע שהיינו רואים עם התרחקותה היה משתנה!

הוא היה הולך ונהיה יותר אדום ככל שמהירותה היתה יותר גדולה
זה נקרא "היסט לאדום"

נקודות האור היותר חזקות שאנחנו רואים בשמים הן בד"כ גלקסיות
וגלקסיות פולטות אור כי יש בהן מאות מיליארדי שמשות
ואת האור הזה אנחנו קולטים במיצפי כוכבים
ומפענחים אותו. מבודדים את הצבעים

והנה, מסתבר,
שכל שגלקסיה יותר רחוקה, האדום שלה הוא יותר אדום!

שזה כאמור נקרא "ההיסט לאדום"

והמשמעות של זה היא, שכל שהאדום יותר אדום, מהירותה יותר גדולה!!!

והמסקנה המדהימה מכך היא, שכל שגלקסיה היא יותר רחוקה, ככה היא בורחת יותר מהר!

רחוקה כפליים, בורחת מהר כפליים!



החומר האפל

כאשר מסכמים את מסתם של כל הגופים המאירים בשמים, ז"א בחלל -
אלו הם הכוכבים, ענני גז והחומר הבין כוכבי,
אזי המסה הכללית המתקבלת קטנה מדי בהתייחס **לדינמיקת התנועה** בהן.

זה משפט סתום וקשה!

מה שזה אומר הוא שהמדענים ציפו לקבל דברים אחרים ממה שהם קיבלו
בתצפיות – ותצפיות לא משקרות!

הם רצו לראות התנהגות מסוימת של גלקסיות

אבל, הם לא קיבלו את מה שקיוו לקבל...

אז הם הלכו לעשות שעורי בית וחזרו עם התובנה שיש שם בחלל

חומר נסתר כל שהוא אחראי למה שהם כן רואים

זהו החומר האפל.

הוא אפל כי לא רואים אותו, הוא לא קורן והוא לא מחזיר...

אבל הוא מספק את המשוואות...

ולא תאמינו, לפי החישובים, הדבר הבלתי נראה והבלתי מובן הזה

תופס למעלה מ-20 אחוזים של החומר ביקום!!!

ודרך אגב - החומר "שלנו", זה הנראה והמוכר, הוא רק, בערך, 5 אחוזים...

זאת אומרת שחסרים לנו עדין כמעט 75% של חומר!!!

אמרתי בשקף האחרון ש"חסרים לנו" 75% של חומר
אז תחשבו!

מה זאת אומרת חסרים לנו?
איך אנחנו יודעים כמה בכלל צריך להיות???

ובכן –

זה הכוח של המדע, של המדענים בעצם
הם רואים באיזה מהירות הגלקסיות בחלל מתרחקות מאיתנו
והם יודעים לחשב (וויה איינשטיין) איזה כוחות צריך לשם כך
ומכאן כמה אנרגיה צריך בשביל זה!

אבל, יש בעיה -

אנחנו לא רואים בחלל את המישהו שיכול לתת לנו את זה!

ולכן, נתנו לו שם, בעצם שמה, שיהיה -

אנרגיה אפלה!!!

והיא אמנם אפלה, לא רואים ולא שומעים ו(אנחנו) לא מרגישים אותה
אבל, היא תופסת 75% מהיקום שלנו!!!

אנו לכן עומדים, במאה ה-21 בפני חידת כוח שהוא כבידתי באופיו, אך פעולתו –

דחייה!

והוא מריץ את הגלקסיות מאיתנו והלאה

זוהי התעלומה הקוסמולוגית הכי גדולה שיש לנו היום



והגיע לכן הזמן, בהרצאה הזאת, שאפשר כבר לשאול אתכם:

אז מהי התובנה הכי עמוקה שיכולה להיות לכם

מהעובדה

שהגלקסיות כל הזמן מתרחקות אחת מהשנייה

והן גם הולכות ומאיצות?

אז כן, אני יודע,
התשובה הכי נפוצה היא
אם ככה -

"אז מה יהיה הסוף?"
עד איפה הן תגענה?

אבל,
היה גם אחד, או שניים
שדווקא שאלו

"אז מה היה בהתחלה?"

כי אם היום גלקסיה רחוקה, נאמר X
אז אתמול היא הייתה יותר קרובה, נאמר $X/2$
ולפני חודש היא הייתה עוד ועוד יותר קרובה
ולפני 1000 שנה היא הייתה עוד ועוד ועוד יותר קרובה
ולפני מיליון
ולפני מיליארד



עד שכל היקום נהיה
נקודה אחת

!!!קטנה ודחוסה אין סופית!!!

וזהו.

בעצם הגענו לנקודת ההתחלה של היקום!

ככה זה התחיל

יש שקראו לזה "הבריאה"

ויש, אלו אנשי המדע, שקוראים לזה

המפץ (הגדול)

The BIG BANG