

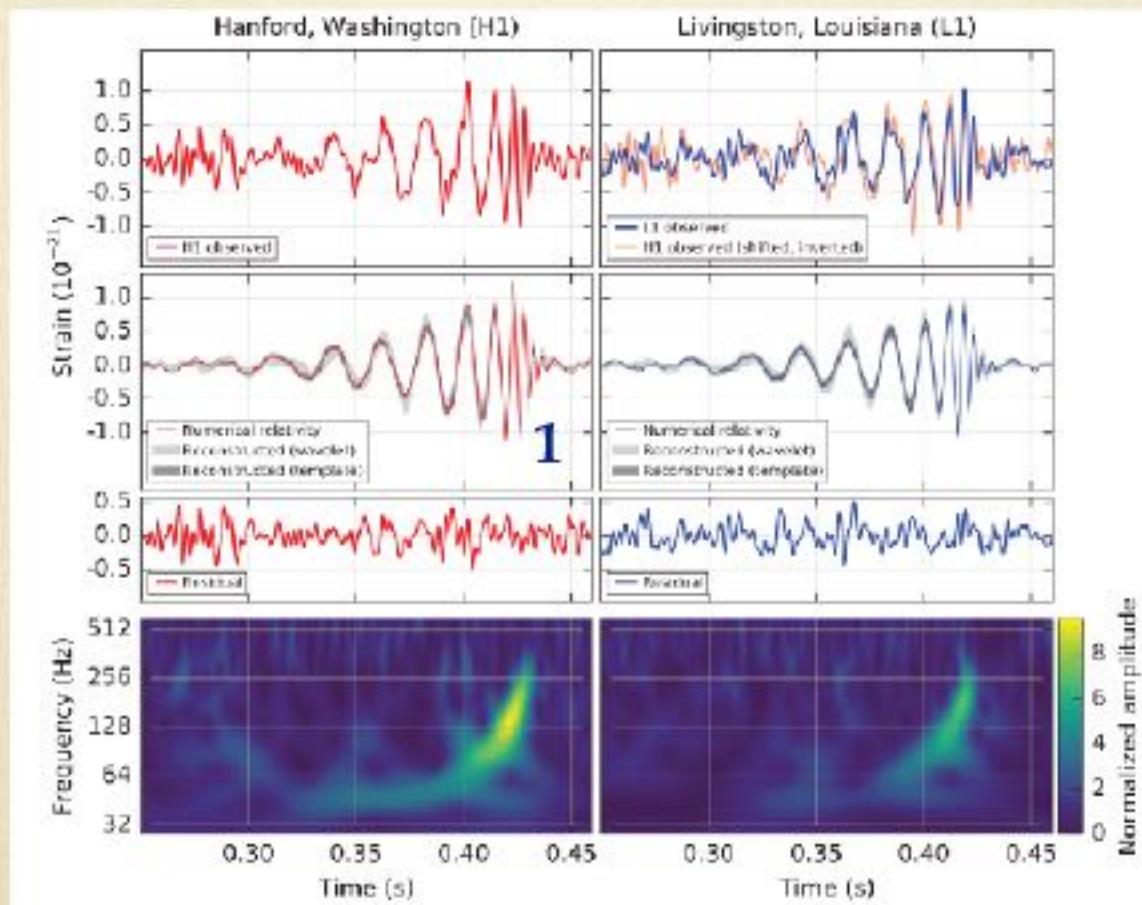
לעומוד על כתפי ענקים: על מקורות, מזל ופוליטיקה במדע

פרופ' אהרן דודסון
המחלקה לפיסיקה
אוניברסיטת בן-גוריון



Ben Gurion University

לוהט מן התנור: גילוי גלי כבידה הסנסצייה המדעית הראשונה של המאה ה-21



לצערי זה לא הנושא היום...



* היבטים מובאים מזיהת מבטן פיזיקאי תיאורטי בתחום
חלקיים אלמנטריים, גרויטציה וקוסmolוגיה קלסית/קונטינטית,
 מבוססים על נסיוני האישី והם על דעתך בלבד ...

תהליך חקר - כיצד עובדים המדענים?



חוקר מדעי מקיף את כל התהליכיים סביב המחקר המדעי עצמו.
ועדיין, רב הנסתור על הגלווי כאשר חודרים לליבת מחקר,
בבחינת "מה שראוים מפה, לא רואים שם".

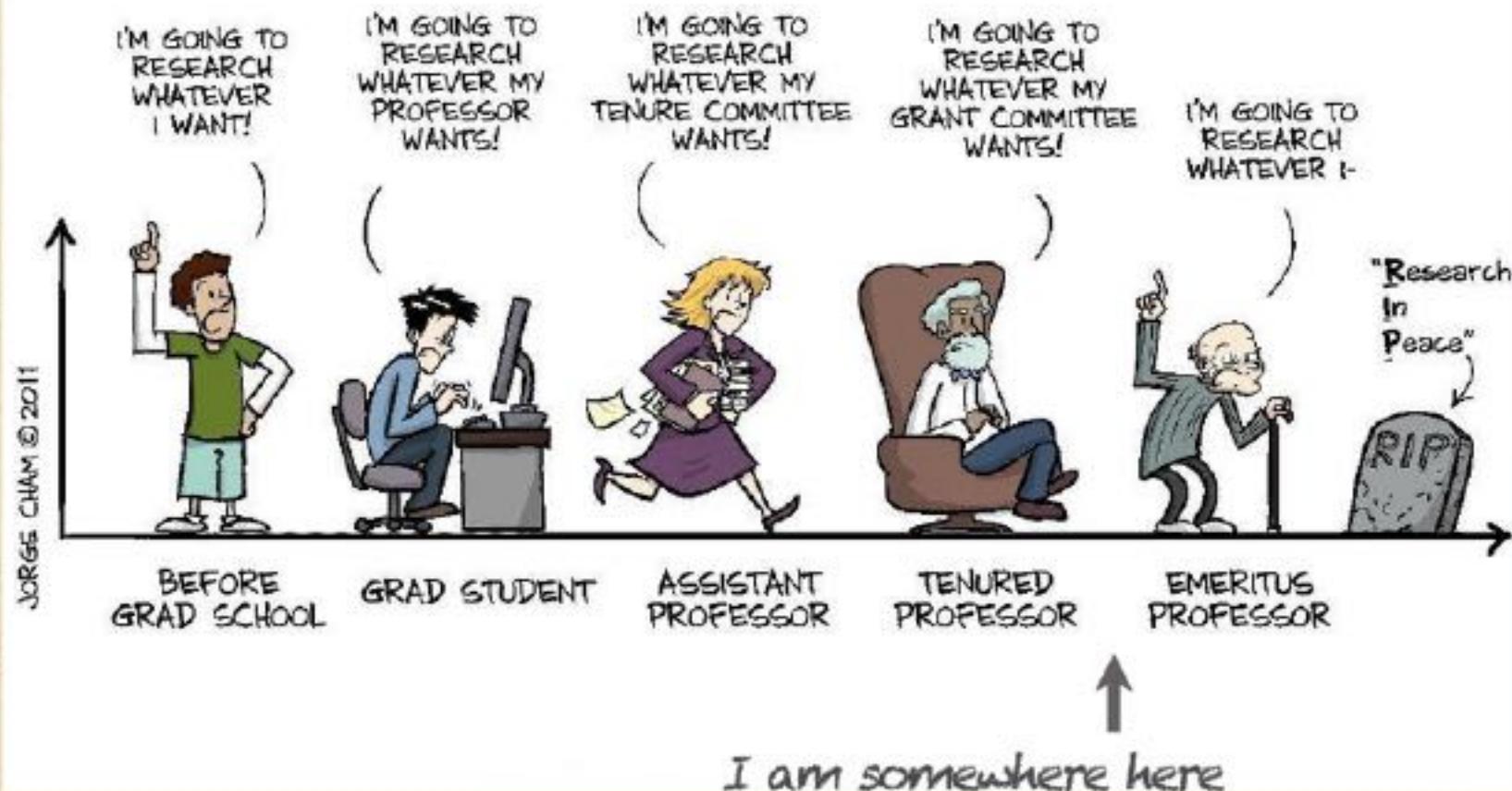
מה כולל מחקר מדעי?

- שכחתי עוד מהו?
- 1. שאלה
- 2. היפותיזה
- 3. מחקר
- 4. תוצאה
- 5. פרסום
- 6. אפקט
- שכחתי עוד מהו?
- 7. מימון
- 8. יחסין ציבור
- 9. פוליטיקה
- 10. עמייתים/ממיסד
- שכחתי עוד עוד מהו?
- כנראה שכן, לא נורא...
- ראאה "מונחון לתחלין המדעי" של משרד החינוך
- 11. ידע רחב/עמוק
- 12. אינסטינקט מדעי
- 13. קצת מז'

از מה היה לנו?

חופש אקדמי בבחירה נושאי מחקר ...

THE EVOLUTION OF INTELLECTUAL FREEDOM



מה דוחף אותנו לשאול שאלות? לחפש תשובות?

איפה נמצא בנק השאלות?
כמה שאלות בבנק? מספרן סופי? ישנו דירוג?
אולי יש גם בנק תשובות?..

אין לבחור שאלה למחקר? כיצד לנשחה?
האם להיות זנב לאריות או ראש לשועלים או עוד סרדין בקבוצה?
במובן מסוים, השאלה בוחרת אותה ...

תהליך רפואי של חקר מתחילה בבדיקה החולה.

תהליך פדגוגי של חקר מתחילה בהוראת המורה או משרד החינוך.

תהליך מדעי של חקר מתחילה ב...?

אין מחלת ואין הוראה, אבל "משהו" לא מובן, לא מסתדר.

از שאלתי שאלתך, יש לי את הכלים לחפש תשובה?

1. ידע אישי - חוסר ידע פירושו גישוש באפלה,
גודש ידע מונע תשובות מקוריות.
2. כישורי שפה - מתמטיקה. נוסחה אחת שווה אלף מילימ.
3. מאגרי מידע - אינפורמציה היא כוח, קשה להשגה.
4. ספרות מקצועית - דע את ה"אויב", אולי כבר פרסם לפניו ...

איןפלציה מדעית

קצב גידול הידע הוא אקספוננציאלי. אין משתלטים עליו?
קדשת זמן מלא ללימוד לא תותר זמן למחקר עצמו.
קצב גידול הרוש הוא אקספוננציאלי. אין להפריד בר מתבן?

בניגוד לידע הבסיסי שמוסד ואומת במשן השנים, ובניגוד לדעה המקובלת בצייבור, לחזית המדע מבנה פרקטלי, לא חד ולא ברור.

מהי שאלת מדעית טובה, מעניינת ובעל פוטנציאל?

**דוגמא: מהי השפעת קרני המשם על קרני התיש?
למי איכפת? לכארה, לאף אחד!**

**דוגמא: מהו מועד החיכון בין הנעל לקליפת בינה ובינה לבין הרצפה?
למי איכפת? לשלושה יפנים שקיבלו השנה את פרס האיג-נובל.**

**דוגמא: האם העולם נברא בזמן מסוים, או שמא גם הזמן בין הברואים?
למי איכפת? לכל אחד! לפילוסוף, למדען, ולכל סקרן...
עוד לפני החקירה/תשובה, השאלה מלמדת על השואל עצמו...**

לרבב"ם היה איכפת, לפני 850 שנה...

"מורה נבוכים", תורה מטה-פיזיקלית להוכחת יהודיות הבריאה.

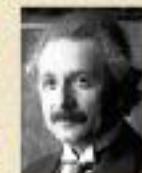


גם לאריסטו היה איכפת, לפני 2400 שנה...
הרמב"ם אימץ אלמנטים של תורה אריסטו.



דוגמא: מה הייתה רואה לו 'רכבת' על קרן אור? מי יכול היה לשאול שאלת יلدותית שכזו? יש לה בכלל תשובה?

MASTER SHENK, ASK ALBERT EINSTEIN - A PRIVATE PERSPECTIVE



דוגמא: האם כל הכוחות בטבע הם פנים שונות של כח מאוחד? זהו חלומו הרטוב של איינשטיין.

פתרון תיאורטי אלגנטרי קיים. אבל האם הוא נכון?



וכאן המקום להזכיר לכל העומדים בתור לאקדמיה השבדית כי ל'עரנו' כל תיאוריה בפיזיקה דורשת אישוש נסיוני...

דרך ארבע, מתי מגיעה התשובה לשאלת מדעית? חצי תשובה מגיעה מהר. לתשובה שלמה אין לוח זמני. לKH LEIPOLDMAN 10 שנים התבוננות לפתור את השערת פואנקה.

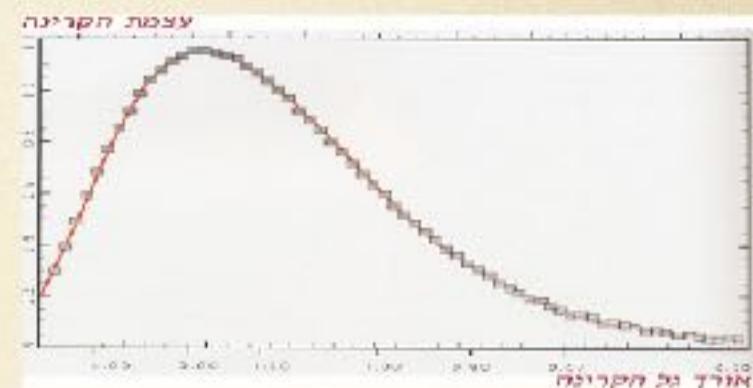
שאלה
היפותזה
מחקר
תוצאה
פרסום
אפקט

לקינוח, שאלה טריה ישן מהרפת:

קרינת הרקע של היקום (1967).

על זה כבר קיבלו נובל... 1978

קרינת גוף שחור בטמפרטורה 2.7° קלווין

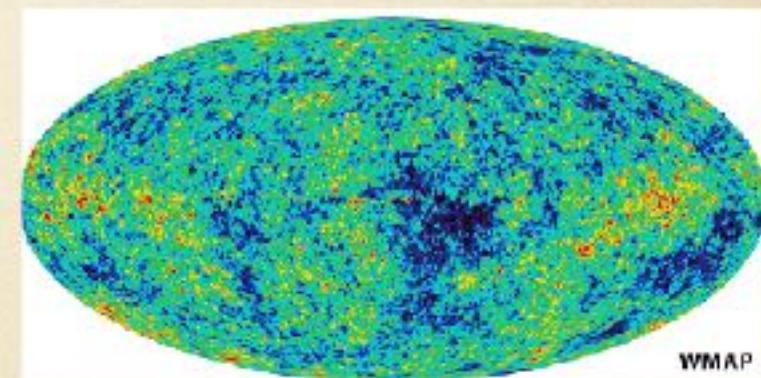


אנאייזוטרופיה בקרינת הרקע (2002).

גם על זה כבר קיבלו נובל... 2006

תמונה היקום הצעריר בן 380,000 שנה

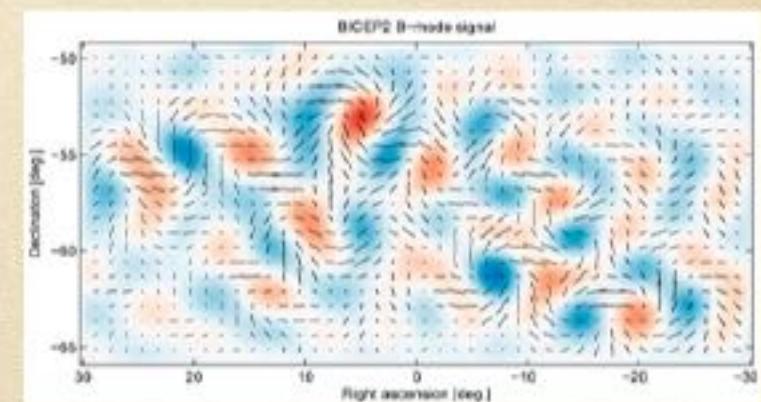
בינתיים מדדו גם את הקיטוב הא"ם

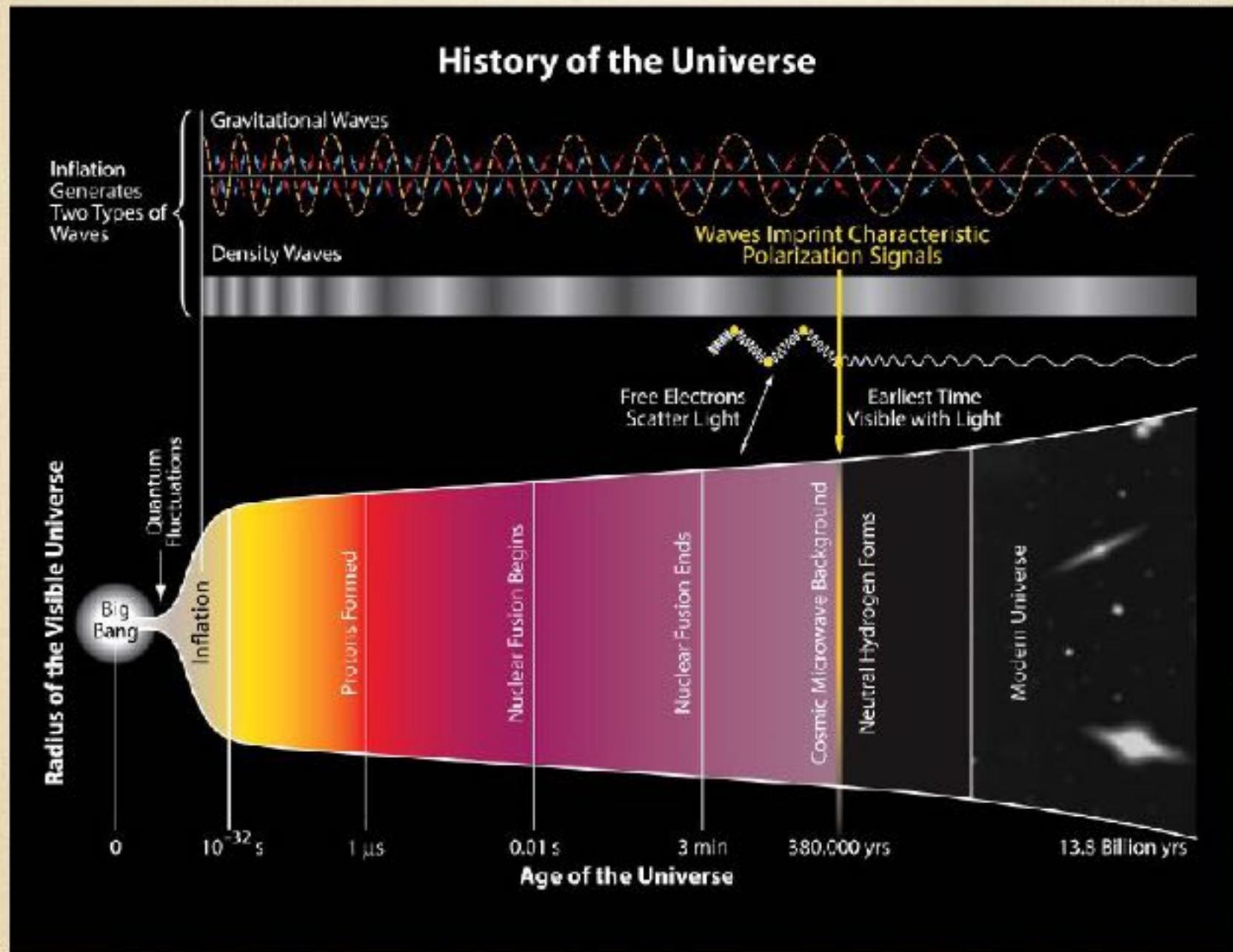


מה מתואר בתרשימים (2014)?

אין ספק שגם על זה יקבלו נובל...
...טפטים דקורטיביים? גלי גרויתציה?

עדות נסינונית למפץ הגדול?





מי בכלל זקוק להיפותזה (השערת חקר)?

השערת חקר (מנומתק)

התשובה המשוערת לשאלת החקירה, אשר מתארת את הקשר שצפויים למצוא בין הגורמים הנחקרים, או את ההבדלים בין קבוצות הנבדקים. ההשערה, בנויגוד לניחוש, נבנית על בסיס הידע המדעי של החוקר. החוקר מוחכן לבדוק האם השערת החקירה נכון או לא (מאשש או מפריך את ההשערה).

ניסוח ההיפותזה לא בהכרח מנוסח בתחילת תהליכי המחקר

ישנם מחקרים נעדרי היפותזה רלוונטיים, שם בבחינות:

יריה באפליה...

בא נתחיל ונראה לנו זה יתפתח....

זה כל מה שאני יודע או מסוגל לעשות....

חיפש Antworten und fand eine Melodie (וגם היפך)...

בל נטעה, גם גישות כאילו הביאו לפרסי נובל.

גילוי קרינת הרקע ביקום - וילסון ופנדיאס (נובל 1978)



מהי ההיפותזה המקובלת? ומה הניחוש שלכם?

הבה נתיחס לבעיה מדעית אמיתית מן הדרגה הראשונה

$$R_{\mu\nu} - \frac{1}{2}g_{\mu\nu}R = \frac{8\pi G}{c^4}T_{\mu\nu}$$

כה אמר איינשטיין:

חומר + אנרגיה = גיאומטריה

אבל מה עושים כאשר בסקלות קוסmolוגיות?

הגיאומטריה אינה توאמת את מקורות החומר והאנרגיה הנצפים!

היפותזה 1: משוואות איינשטיין תקפות ומנבאות חומר אף.

האתגר: מצא את החומר האף!

היפותזה 2: אין חומר אף, משוואות איינשטיין הן קירוב בלבד.

האתגר: מצא תיאורית גרויטצייה חילופית.

אם חווינו בעבר דילמה דומה?

יתכן מכך..., סטיות ממשוואות ניוטון בשחר היחסות הפרטית.

שאלות
היפותזה
מחקר
תוצאה
פרסום
אפקט

מהם החוקים לפיהם מתנהל מחקר מדעי?

בפועל, אין חוקים... תפוס כפי יכולתך...

**זה לא בדיק מעניין מה חקרת, למה חקרת, אין חקרת,
כמו בפוליטיקה, הクリיטריון היחיד הוא: Can you deliver?**

**אם מקוריות היא יתרון? - בוודאי!
כל פריצות הדרכן נעשו ע"י מדענים ששחו נגד הזרם.
הבעיה היא שהמשפט הפוך לא בהכרח תקף.**

**אם מקוריות היא יתרון? - לא תמיד, לעיתים היא חסרון...
יכול להעיד על כן כל מי שאי פעם ניסה להגיש בקשה לקבלת
מלגה עבור הצעת מחקר מקורית באממת.**



שאלה
היפותזה
מחקר
תוצאה
פרסום
אפקט

מטרות וסורי מחקר

תיאורטי / ניסיוני
אנליזה / סינטזה

up \Rightarrow *down / down* \Rightarrow *up*



**דוגמא: המודל הסטנדרטי
אינטרקציה אלקטרו/גרעינית
מש הרכבת פאז'**

u	c	t	o	H
d	s	b	v	
e	p	t	z	
D _u	D _c	D _b	D _v	
D _u	D _c	D _b	D _v	



**דוגמא: יחסות פרטית
ויחסות כללית (גרוייטציה)**

דרוש בכלל מרע עם תוצאות נסיווניות?

תורת המיתרים כדוגמא:

מועדמת 6 - TOE

מתמטיקה אלגנטית פורצת דרן

כבר לא כל כך עיירה, בת 30 ...

גרה דור שלם של פיסיקאים לבועה.

הנסיוונאים לא יודעים מה לחפש.

התיאורטיקאים אימפוטנטים להצעה.

נסיוונות הגישור יצרו גולם חדש.

התורה אינה ניתנת לסתירה/אימות

משיכים או מותרים?

Theory of everything vs. Not even wrong

שאלה
היפותזה
מחקר
תוצאה
פרסום
אפקט

**אם קיים אבטיפוס של מדען פורץ דרך?
נתיחס, כדוגמא, לשלושת שותפי פרס נובל 1979
עבור איחוד האינטרקציות החלשה והאלקטרו/מגנטית.**

Shelly Glashow
**מקורי וספקולטיבי. ברקע של תוצרת ממוצעת מסתוראים יהלומיים.
הראשון שהבין את מבנה הסימטריה הרלוונטית $(1)(U(2)xSU(2))$.**

Steve Weinberg
**בולדוזר. לא משאיר כלום לאף אחד מרצע כניסה לתהום.
הראשון שהבין את משמעות השבירה הספונטנית של הסימטריה.
המאמר בן ארבעה עמודים, שלישי ממנה שרוי.**

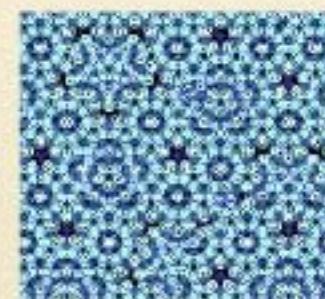
Abdus Salam
**ידע רחוב, תרומות ספורדיות. ראה עצמו כמשיכו של הרמב"ם.
אמר שהוא חלק בכנוס. לא פרסם רשמי.
از מה המכנה המשותף? - אין!**

שאלות
היפותזה
מחקר
תוצאה
פרסום
אפקט

**אם קיים מתכוון לפתיחת דרך במחקר?
לא מצאתי עד היום, ממשין לחפש...**

אם צריכים מזל במחקר? בבחינת "חיפש אתוונת ומצא מלוכה"...

'סימטריה' מחומשת
שכטמן



קרני א
רטן



אנטנה לקליטת גלי מיקרו מן הירונוספירה
וילסון ופנדיאס



מה תפקידו של המזל בסיפור זה?
לא היה להם שמען של מושג מה הם גילו...

שאלה
היפותזה
מחקר
תוצאה
פרסום
אפקט

**שאלנו שאלה, ניסחנו היפותזה, התחלנו מחקר,
עברנו עליות וירידות, אין נדע שמצאנו תשובה?
ואולי צריך ל'שאל מחדש' כדי ליצור התאמה?**

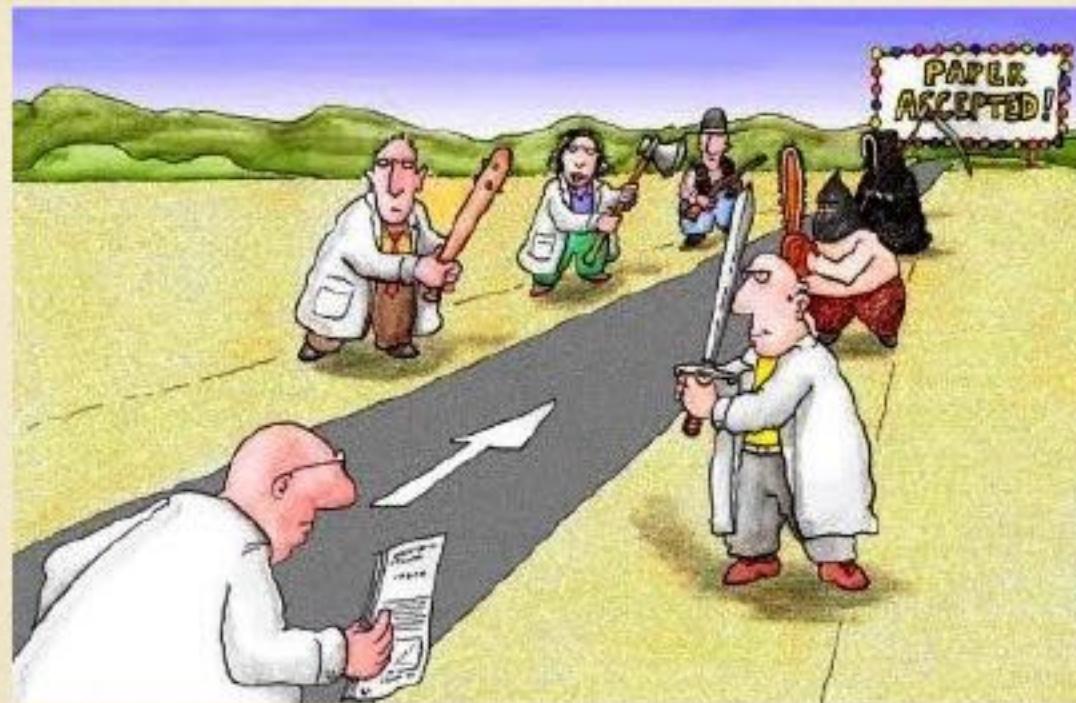
**תשובה נכון? חלקית? מספקת? מעניינת? ברת פרסום?
אין מרשם מספק/אובייקטיבי לענות על כן.
גם תשבות שגויות כבר הובילו לפריצת דרך...
ההיסטוריה גדושה בדוגמאות:**

**תורת האטר, הקבוע הקוסmolוגי (איינשטיין), טמפרטורת אפס
של חורים שחורים (הוקינג),...**

בקשה עצמית? בקרת הקהילה המדעית? בקרת הציבור הרחב?

מבחן הטווח קצר? הטווח הארוך?

Via Dolorosa נתיב היסורים של פרסום מדעי



**'ניצט' את דקרט: אני מפרסם, משמע אני קיים...
בתכלס: לא פרסמת, לא עשית...**

אבל האם בכלל קיים שיפוט מדעי אובייקטיבי? אנו匿名?
השופטים יושבים באולימפוס? - לא. השופטים הם בני תמותה.
השופטים הם אני ואתה!

שאלה
היפותזה
מחקר
תוצאה
פרסום
אפקט

השופט כמתחרה "It is ugly, it is wrong, and I did it first..."
חזי הocus הריקה או חזי הocus המלאה? בית הלל או בית שמאלי?
השופט כדון קישוט (מגן המדע) או כסנשו פנסה (בור ועם הארץ)?
טיפ: לא מזיך לרומים, לקלם ולשבח מאמרים של שופט פוטנציאלי...

מתי לפרסם את הממחקר?

עבר: **לקח לניטון כ-50 שנה עד לפרסום ה"פרינציפיה"**...

Hypotheses non fingo = I do not fabricate hypotheses

הווה: תמתין עד מחר, תפספס את הנובל, וכבר היי דברים מעולמים...
(לחלופין, לא תחרוס את הקריירה). הפתרון הנוכחי [arXiv](#).

עתיד: **שלטן ההיפותזה ורعيונות הבוסר.**

הבעיה (כבר כיום) היא כיצד לאתר את היחלומיים ברפש?

איפה לפרסם? אינפלציה של כתבי-עת המתחרים על שירותך כמו בשוק...

Name	Type	2014	2013	Total Papers	Total Impact (Scopus)	Total Cites	Total Cites/ Doc.	Q1 Docs	Q1 Cites	Q1 Cites/ Doc.	Country
1. Advances in Modern Physics	J	14,220	2,7	46	10,023	7,148	101	42,21	254,24	100	
2. Advances in Physics	J	10,249	38	5	51	5,859	395	35	19,91	311,45	100
3. Nature Reviews	J	8,988	249	231	7,092	18,744	355	17,54	33,25	100	
4. Annual Review of Materials Research and Applications	J	8,249	434	91	46	5,720	4,735	46	14,69	304,34	100
5. Nature Nanotechnology	J	7,618	146	243	689	6,118	13,131	333	13,28	31,48	100
6. Nature Physics	J	4,080	434	524	733	2,630	9,588	670	19,97	41,14	100
7. Nature Physics	J	4,103	128	244	70	3,109	1,939	308	11,30	31,73	100
8. Annual Review of Condensed Matter Physics	J	3,170	18	10	34	1,970	916	38	13,65	146,21	100
9. Nature Physics	J	3,446	114	48	1%	1,125	2,126	112	11,40	29,67	100
10. Progress in Polymer Science	J	3,078	145	71	157	1,754	4,321	150	17,51	207,46	100
11. Nature Letters	J	9,483	230	1,000	1,396	36,394	11,522	1,681	15,21	36,03	100
12. Accounting and Finance Review	J	9,359	38	10	31	3,814	3,956	35	11,44	33,45	100
13. Advances in Space Research	J	5,887	85	78	21	2,978	4,099	35	11,18	211,39	100
14. Annual Review of Fluid Mechanics	J	5,034	115	36	71	2,440	4,126	76	18,45	49,64	100
15. Advances in Optics and Photonics	J	7,796	21	77	71	3,682	375	26	11,92	31,71	100
16. Reports on Progress in Physics	J	7,199	128	35	189	12,026	5,897	168	12,85	31,74	100
17. Annual Review of Materials Research	J	7,089	65	9	54	2,585	573	66	6,39	31,39	100
18. AASHE Journal	J	7,091	114	1,246	1,289	27,087	14,189	1,239	11,95	44,34	100
19. International Journal of Sustainable Energy	J	6,697	179	179	482	1,261	4,162	422	18,82	46,32	100
20. Annual Review of Earth and Planetary Sciences	J	5,711	98	25	31	4,045	767	46	19,80	32,46	100
21. IJERI: Science and Application	J	5,358	12	38	21	1,125	222	21	13,54	23,4	100
22. Physical Review	J	5,357	19	41	198	1,913	3,891	167	8,23	46,12	100
23. Physics of the Earth Universe	J	5,039	4	28	11	1,478	127	11	9,71	84,3	100
24. Reports on Progress in Physics: Physical Society China Edition	J	3,146	1	8	4	3	17	1	17,00	4,0	100
25. Advances in Science and Engineering in Ukraine	J	3,054	69	11	46	3,762	755	46	12,37	34,32	100
26. Future Communications	J	3,008	36	1,256	1,294	6,077	13,952	1,023	19,08	40,73	100
27. Laser and Photonics Reviews	J	2,929	46	10	129	2,723	4,124	128	9,36	76,2	100
28. Advanced Functional Materials	J	2,828	116	473	1,244	30,762	17,910	1,286	18,15	53,2	100
29. RSC Adv. Physics	J	2,800	16	49	51	2,140	365	36	9,37	41,6	100
30. Materials Today	J	2,610	91	95	549	3,404	6,139	156	11,02	61,11	100

⋮
~2000

מה הクリיטריונים של כתבי העת המוביילים?
פעם הייתה תורה שבعل"פ = מוניטין, יוקרה.
היום יש לא פחות קритריונים מכתבי-עת...

Impact factor, H-factor,...
זהוילר רוב סטטיסטיקה של כמות ציטוטים.
האם יש לך משמעות בטוחה קצר?

מה בוחנת ועדת מינויים אוניברסיטאיות?
ספרת מלאי או אימפקט מדעי?
יחסים ציבור/פוליטיקה או מנהיגות מדעית?
אין סופרים רעינוות? 'שיטה' ליפקין...

שאלות
היפותזה
מחקר
תוצאה
פרסום
אפקט

**אם כל מאמר של איינשטיין היה מתתקבל היום לפרסום?
שאלת קצת היפוטטית, אבל בהחלט לא כל כך נאיימת...**

**במצעד הנימוקים לדחיה ניתן היה למצוא נימוקים מצוינים:
- יותר מדי ספקולטיבי.**

- לא מתייחס לתורת המיתרים (הובעה התיאורטיבית הנוכחית).
- מכוון לקהל יעד מדעי מדי מצומצם.
- עומד בסתייה למאמריו המפורסם של פרופ' א.
- חסраה במאמר הצעה קונקרטית לאיישוש נסיוני.

וакן, בשלב מסוים, איינשטיין הפסיק לפרסם ב- *Physical Review* בעקבות ויכוח על גלי גרויטציה.

**אם מדען מפורסם = מדען מפורסם? - לא בהכרח!
אם השמות הוקינג ובקנשטיין אומרים לכם משהו?
מайפה הם מוכרים לכם? מה תרם כל אחד מהם?**

**האפקט המדעי יכול לפעמים להבחן בטוחה הקצר,
אם במקרה הכללי המבחן הוא רק לאורך זמן.**

לא כל רעיון מוביל לפריצת דרין, רובם הולכים ישירות לפתח.

**רוב המאמרים נבעלים ברקע, ושוקעים לתהום הנשיה.
אבל כמו שאמר ניוטון:
"ראיתי קצת יותר רחוק כי עמדתי על כתפייהם של ענקים".**

