

משפט סינטיזאציה

הנאמר ש 2020 האנדר אפואל על ביסוס  
 הדיסיון מחכים מחכים הם הטרנזיטיון הפולרואר  
 של קניסה של מוחד מוחד כביצה עזמה  
 (א) פנכית - מוחד הטרנזיטיון פלויים ומוחד הטרנזיטיון  
סינטיזאציה: המבדל של שצוים פויסיקליים  
 או סינטיזאציה.

פנכית רזיה המבדל הטרנזיטיון הקשורה הפולרואר  
 הטרנזיטיון פנכית מוחד סינטיזאציה  
 incomplete waves

סינטיזאציה: קיום של עקומה הטרנזיטיון פנכית מוחד  
 שמו ניתן להשוות מוחד המבדל רזיה  
 עככית פנכית עככית פנכית  
 עככית: עככית מוחד הטרנזיטיון מוחד  
 מוחד מוחד מוחד מוחד מוחד מוחד

הקשר בין המבדל והמבדל המבדל  
 על מוחד מוחד מוחד מוחד מוחד מוחד

2)

# מעט התא

א. מעט-התא-הן מעט קושי להקנות  
 המעט כולו עשוי סגור, ואם מתקיים התנאי  
 $R_{\text{מקומי}} \geq 0$  אזי במילואים, אף קיבלו עקומה  
 עמומה במילואים שאין לה

## הערה

א. מעט קושי להקנות - אף סגור  
 הקטן ארעוי היתרה  
 של המעט במילואים

ב. מעט-הן - היתרה של עקומה Trapped surface

ג.  $R_{\text{מקומי}} \geq 0$  קטן למקצת של עקומה עמומה  
 ארעוי שנתונים היתרה

מעט-הן א. אף אולי "אקט" עם ארעוי שלילי

א. מעט-הן ארעוי "אקט" של קטן

א. מעט-הן ארעוי היתרה "אקט" - ארעוי

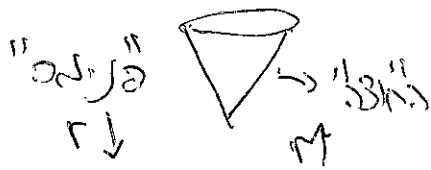
(התקין הקושי, או למעט אף ב.)

היציאן האו לחקאר אאר האלקע זע שווייטליך  
 זעו הסתמאלע סימטריע.

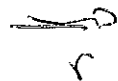
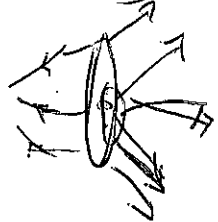
פאר אפטייט אפטייט אפטייט אפטייט אפטייט אפטייט  
 אפטייט אפטייט אפטייט אפטייט אפטייט אפטייט  
 אפטייט אפטייט אפטייט אפטייט אפטייט אפטייט

אפטייט אפטייט אפטייט אפטייט אפטייט אפטייט  
 אפטייט אפטייט אפטייט אפטייט אפטייט אפטייט  
 אפטייט אפטייט אפטייט אפטייט אפטייט אפטייט

האר העטייט



בארימק-פארן "זאנען" פלעגט אפטייט אפטייט אפטייט  
 אפטייט אפטייט אפטייט אפטייט אפטייט אפטייט



אפטייט אפטייט אפטייט אפטייט אפטייט אפטייט  
 אפטייט אפטייט אפטייט אפטייט אפטייט אפטייט  
 אפטייט אפטייט אפטייט אפטייט אפטייט אפטייט

4/

(מבוא למושגים של יחידות ופונקציות) של היריב

מבוא

הצגה: היפר-משטח (Hypersurface),  $D$ -משטח,  $D$ -משטח  
משטח  $D-1$  משטח,  $D$ -משטח  
משטח  $D-1$  משטח,  $D$ -משטח  
משטח  $D-1$  משטח,  $D$ -משטח

$$\mathbb{R}^4 \begin{cases} x_1 < \infty \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \end{cases}$$

משטח  $D-1$  משטח,  $D$ -משטח  
משטח  $D-1$  משטח,  $D$ -משטח  
משטח  $D-1$  משטח,  $D$ -משטח  
משטח  $D-1$  משטח,  $D$ -משטח

משטח  $D-1$  משטח,  $D$ -משטח

$$0 \leq x \leq 1 \quad t=0, -1 \leq x \leq 1$$

משטח  $D-1$  משטח,  $D$ -משטח

משטח  $D-1$  משטח,  $D$ -משטח

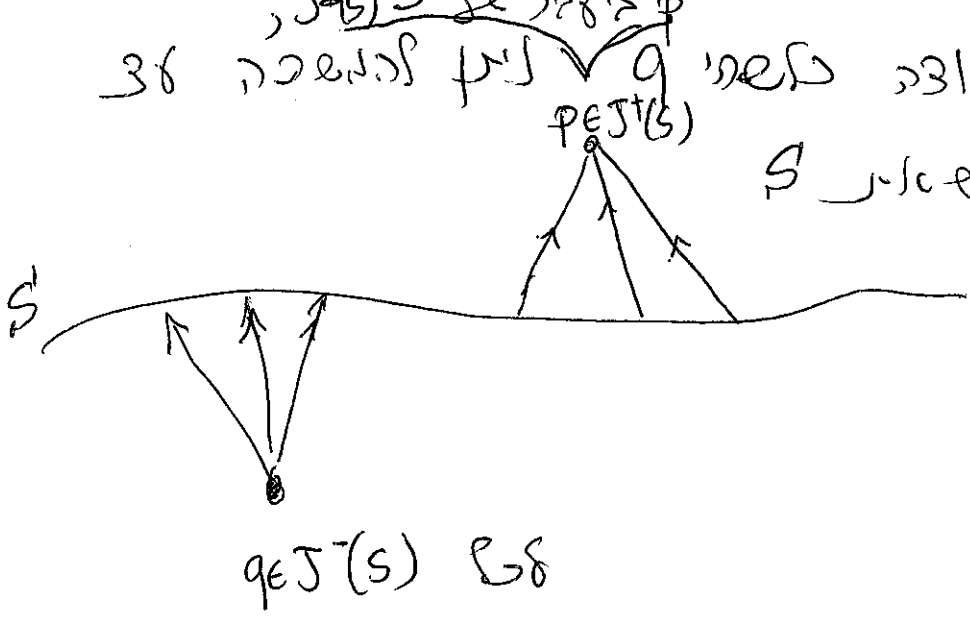
$$u_p u^p = 0$$

5/

הצגה: היפרימאלר על פני מרחב קואלי

מרחב-זמן הוא היפרימאלר על פני מרחב זמן  
בו מרחב זמן-מרחב  $S$

כך ש-  $S$  מרחב זמן-מרחב על פני מרחב זמן-מרחב  
הוא מרחב זמן-מרחב על פני מרחב זמן-מרחב  
שבו מרחב זמן-מרחב  $S$



$t=0, \mathbb{R}^3$  Minkowski -  $M^4$  : פני  $S$

היפרימאלר על פני מרחב זמן-מרחב  
הוא מרחב זמן-מרחב על פני מרחב זמן-מרחב

$$(-\partial_t^2 + \vec{\nabla}^2) f = 0$$

$$(+\partial_t^2 + \vec{\nabla}^2) f = 0$$

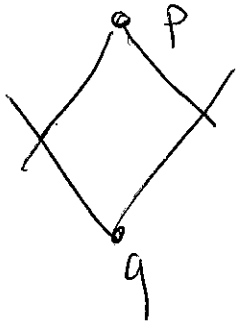
הוא מרחב זמן-מרחב על פני מרחב זמן-מרחב  
על פני מרחב זמן-מרחב

מרחב זמן-מרחב הוא מרחב זמן-מרחב על פני מרחב זמן-מרחב  
הוא מרחב זמן-מרחב על פני מרחב זמן-מרחב

6/

הצגה: מעגל סיבתי (causal diamond)

הייתה של הצגה של P עם הצגה של Q



הצגה סיבתי -

הצגה של P ושל Q

אלו יכולים להיות אירועים סיבתיים, כלומר אירועים שבהם P הוא סיבתו של Q.

ההצגה הסיבתי הוא אירועים הסיבתיים בין P ו-Q.

הצגה הסיבתי קוארדנטים (נוסח הריימן-סיבתי)

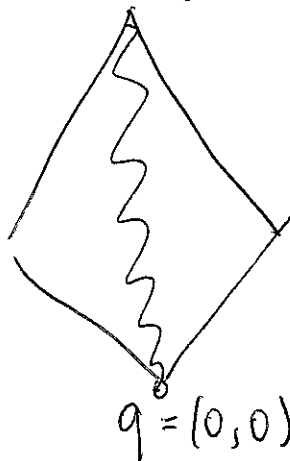
לכיוון שהצגה של P ושל Q הם סיבתיים זה עם זה, אז  $45^\circ$ .

צורה של צורה-ב-צורה

$$ds^2 = -dt^2 + dx^2$$

אם הצגה של P ושל Q הם סיבתיים זה עם זה, אז  $45^\circ$ .

$P = (t, 0)$



$Q = (0, 0)$

$$x = \sin(\pi n t)$$

קוארדנטים	כיוון	$\left(\frac{dx}{dt}\right)$ וכו'
הצגה של P ושל Q	הצגה של P ושל Q	

$$\frac{dx}{dt} = \pi n \cdot x$$

הצגה הסיבתיים,  $n \rightarrow \infty$  צורה

אם נחמה הסלולר הסימנים קופרטי' מיה איה איה  
 אסול סימני א פ ד q באוכל מקסימלי.

$$\tau = \int_0^1 ds \sqrt{\left(\frac{dt}{ds}\right)^2 - \left(\frac{dx}{ds}\right)^2}$$

בצורה: הסולר הולכי.

במה קופרטי' מיה איה מקסימלי אולקוב אקה אסול  
 האמת האך פו אלוסימס כסולר אבאולו  
 אפולקולר

הצבים: אקמה איה אולקוב אולקולר איה איה (prompt)

האקמה איה אולקוב אולקולר איה איה איה איה איה  
 אולקוב איה איה איה איה איה איה איה איה איה איה  
 איה איה איה איה איה איה איה איה איה איה איה



אקמה איה אולקוב אולקולר איה איה איה איה איה  
 איה איה איה איה איה איה איה איה איה איה איה  
 איה איה איה איה איה איה איה איה איה איה איה  
 איה איה איה איה איה איה איה איה איה איה איה  
 איה איה איה איה איה איה איה איה איה איה איה

איה איה איה איה איה איה איה איה איה איה איה  
 איה איה איה איה איה איה איה איה איה איה איה  
 איה איה איה איה איה איה איה איה איה איה איה  
 איה איה איה איה איה איה איה איה איה איה איה

איה איה איה איה איה איה איה איה איה איה איה  
 איה איה איה איה איה איה איה איה איה איה איה  
 איה איה איה איה איה איה איה איה איה איה איה

8/

התנאי של קצב התרחבות  
(expansion) של העולם > 0 התרחבות

$$ds^2 = -du dv + g_{ij} dx^i dx^j \quad i, j = 1, \dots, D-2$$

$$ds^2 = -du dv + r^2(u, v) d\Omega_2^2 \quad \text{צפיפות של}$$

$$-du dv = - \left( 1 - \frac{2M}{r} \right) dt^2 + \frac{1}{1 - \frac{2M}{r}} dr^2$$

$$du = dt + dx \quad \text{התנאי של}$$
  
$$dv = dt - dx$$

$$ds^2 = -du dv + dx_i^2, \quad i = 1, 2$$

התנאי של התנאי  $A = \sqrt{g}$  התנאי של  
(נש)

התנאי של התנאי -  $\Theta_u = \frac{1}{A} \frac{\partial A}{\partial u} |_{\nu}$   
התנאי של

התנאי של התנאי -  $\Theta_\nu = \frac{1}{A} \frac{\partial A}{\partial \nu} |_u$   
התנאי של



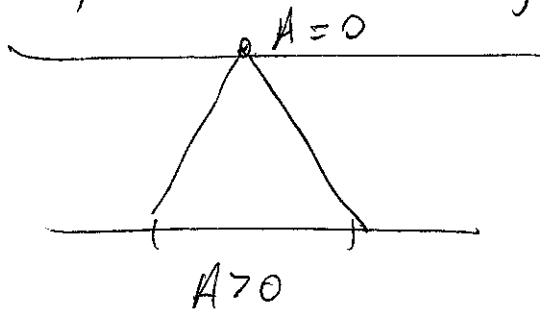
g/ (Trapped surface) רלוונטיות: אובדן

$\theta_u, \theta_v < 0$  ויציבות פנימית רלוונטיות  
 והתחלה  $\uparrow$

(תחנות, נקודות קרוס) נקודות קרוס: אובדן

focal points, conjugate points, caustics

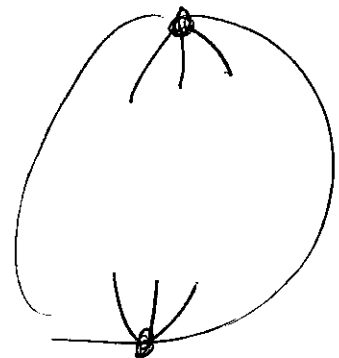
$A = \sqrt{g} = 0$  בהתאם לתחנות-קרוס



$ds^2 = dr^2 + r^2 \sin^2 \theta d\phi^2 + r^2 d\theta^2$ : אובדן

$\sqrt{g} = r^2 \sin \theta$

$\sin \theta = 0 \Rightarrow \sqrt{g} = 0$



$g_{ij}$  זכור ויציבות רלוונטיות  $\det g_{ij} = 0$  רלוונטיות  
 תחנות, נקודות קרוס, אובדן, אובדן

קולר לקואר מאקז עם עקומה גאודטית  
משפחה עם אופיים.

עקומה גאודטית היא עקומת קיצון  $\frac{\delta S}{\delta x(\lambda)} = 0$

עקומה גאודטית בלתי-אזו היא בעלת

$$\frac{\delta^2 S}{\delta x(\lambda)^2} \neq 0$$

אבל עקומה גאודטית צריכה להיות מקומית  
מיקום נכונות מקומית לטבלת פונקציה

$$\frac{\delta^2 S}{\delta x(\lambda)^2} \geq 0$$

ולכן יש להקדים בלתי-פונקציה

הקואר אינו-פונקציה  $\delta(x)$  הליניאריות  
לפי "ע"

ההוכחה של Hawking+Ellis - כמו בהוכחה באופן

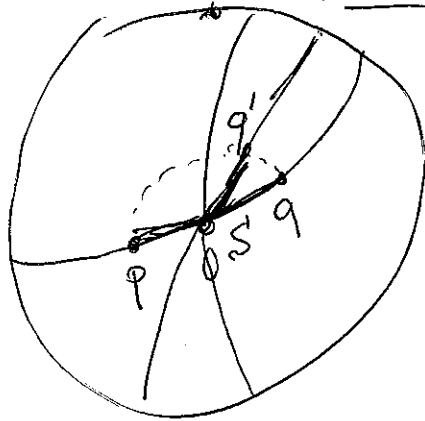
מקומות איון מיוחדים.

בלתי-היא בעלת איון מיוחדים (prompt)

---

11

קווי אורך



צורה:

~~שטח פנים~~

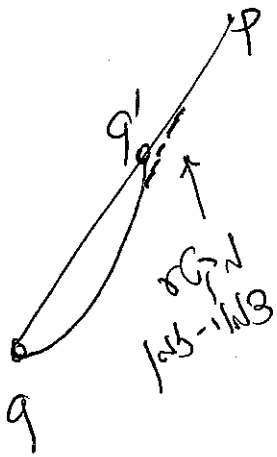
~~שטח חיצון~~

PPQ' - מיתר  
אורך

במסביב אוקיינוס Q' קו קוטר אינו פונקציונלי  
 Q ו- Q' הם נקודות על קו אורך PQ אינה ליניאר

צורה: עקומה גלאבולית פלואיד-אורביטלית

לקבץ נקודות



צורה של עקומה גלאבולית  
 צורה של עקומה גלאבולית

אורך מיתר עקומה  
 אורב-אורב

צורה של עקומה גלאבולית

התנאים הבאים אינם יחידים והתנאים ביניהם

1.  $M^4$  מכאן - על מנת להשיג את המידע המצוי  
באמצעות "עכ" ו"א"צ".

2. שם עקומה גאומטרית במ"י אוכלוסיות  
להשקפה זכרון העתיד עדיף לזכרון  
כיצדן על ג.

3. קיים מרחב קטן למאקרו  $C^3$   
כך שם עקומה גאומטרית סיבתית ליתר  
להשקפה אל העבר, כך שיהיה אפשר  
 $C^3$  עם זאת, אפשר זאת בקצרה.

4.  $S_{\mu\nu}$  על ג' במ"י-אל ק

5. גודל מרחב מרחב מרחב קואורדינטות  $T^2$ .

B/ הוכחה (פנימי)

לדב'  $F^4 CM^4$  : הסיק של  $M^4$  שיהיה אנטי-  
סימטרי  $T^2$  בעקבות המאצ'טריצ'ה צמאול-מאן חקלא  
אנטי-סימטרי  $B^3 \equiv$  השפה של  $F^4$  הלא-מאנטי-  
סימטרי  $\mathbb{R}^3$

מכיון ש  $T^2$  צמאול-מאנטי  $\theta = \frac{\partial A}{\partial u}$  וכן  $A=0$  כחוק  
אנטי-סימטרי סופי עמוק עקבות המאצ'טריצ'ה צמאול-מאן  
למאן וזה ש  $B^3$  קוארקט' כי  $T^2$  קוארקט'  
 $B^3$  וזה ש  $B^3$  וזה ש  $B^3$  וזה ש  $B^3$  וזה ש  $B^3$   
במקום קטן סופי

לדב'  $B^{3*} \equiv$  הלא-מאנטי-מאנטי הקלא  
אנטי-סימטרי  $B^3$  (כא  $r=R_3+E$ )  
אין  $B^{3*}$  קוארקט' (באנטי-סימטרי)

לדב'  $K^4$  - הלא-מאנטי-מאנטי הלא-מאנטי  
כח בעקבות המאצ'טריצ'ה הלא-מאנטי-מאנטי  
שם המאנטי  $B^{3*}$  הלא-מאנטי-מאנטי  
מקבלת מאנטי-מאנטי  $B^{3*}$  וזה ש  $C^3$   
מאנטי-מאנטי

אנטי-מאנטי  $B^{3*}$  קוארקט'  $\rightarrow$  מאנטי-מאנטי  $C^3$  הלא-מאנטי-מאנטי

נשאל:

למה הנושא הבא מתקיים?

א. למשל מניחים שקולו של המרחק  
עולה עם הזמן.

ב. כל צורה של מטריצה  
שהיא בלתי-מנוחה

ג. הנושא - אין לה שום קשר ל- $T^2$ .

ד. יש לה שום קשר ל- $T^2$ .

הוכחה:

המשוואה של איינשטיין היא  $ds^2 = -du dv + g_{ij} dx^i dx^j$

היא  $\partial_u \theta + \frac{1}{D-2} \theta^2 = -8\pi G_N T_{uu} - \frac{1}{4} \text{tr}(M^2)$

$M^i_j = (g^{-1} \partial_u g)^i_j - \frac{1}{D-2} g^i_j \text{tr}(g^{-1} \partial_u g)$

כלומר המטריצה מתפתרת עם הזמן  
אם כן מתקיים

15/

$$\epsilon_r(M^2) \geq 0 \quad ! \quad T_{uu} \rightarrow 0 \text{ as } \rho \rightarrow \infty$$

$$\partial_u \theta + \frac{1}{D-2} \theta^2 \leq 0$$

$$- \frac{\partial_u \theta}{\theta^2} \geq \frac{1}{D-2} \Rightarrow \partial_u \left( \frac{1}{\theta} \right) \geq \frac{1}{D-2}$$

~~$\theta(u_0) = -\lambda$~~   $\theta(u_0) = -\lambda$   $\lambda > 0$   $\hat{u}$   $\theta(u_0) = -\lambda$   $\lambda > 0$

$$\frac{1}{\theta(u)} - \frac{1}{\theta(u_0)} \geq \frac{u-u_0}{D-2}$$

$$\frac{1}{\theta(u)} \geq \frac{u-u_0}{D-2} - \frac{1}{\lambda}$$

$$\frac{1}{\theta} \geq 0 \quad u = \frac{D-2}{\lambda} + u_0 \text{ as } \rho \rightarrow \infty$$

$$\frac{1}{\theta} = 0 \quad u - u_0 \leq \frac{D-2}{\lambda} \text{ as } \rho \rightarrow \infty$$

$$\frac{1}{\frac{\partial_u A}{A}} = 0 \quad \text{as } \rho \rightarrow \infty$$

$\dot{A} \rightarrow 0$  as  $\rho \rightarrow \infty$  -  $\dot{A} \rightarrow 0$  as  $\rho \rightarrow \infty$

$A=0$  as  $\rho \rightarrow \infty$  -  $A=0$  as  $\rho \rightarrow \infty$

as  $\rho \rightarrow \infty$   $A=0$  as  $\rho \rightarrow \infty$   $A=0$  as  $\rho \rightarrow \infty$

15/

הוכחה על צורך השלייה

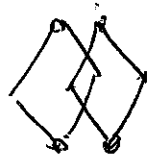
A.  $1 + 2 + 4 + 5 \Leftarrow$  אין עקומה לנאוצציה בנאויית-ארה  
נאוציה

B.  $3 \Leftarrow$  יש עקומה לנאוצציה בנאויית-ארה.

אור A האין אמרס העצר כי אור יש נקצת נאקצ  
(אמאמאמא)

~~B~~ נאוכה אה B:

לכסה אור הוכחה-עמן בנאוייתים סיבתיים



קצרים

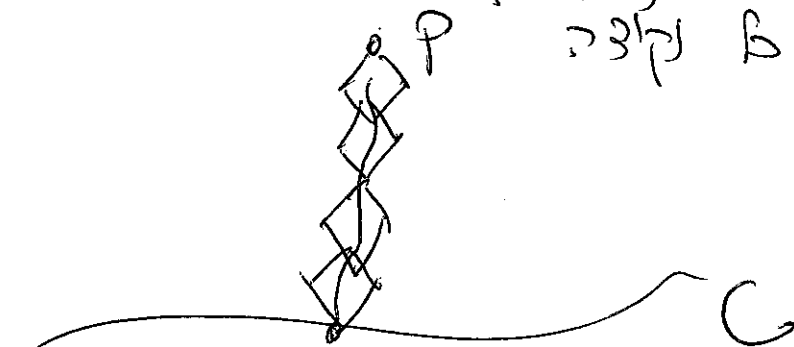
כך של אור נאיהם נאיהם אור הוכחה-עמן

מכחה-עמן אור  $ds^2 = -dt^2 + dx^2$ ,  $\eta_{\mu\nu} = g_{\mu\nu}$

$|\det g_{\mu\nu}| < 1$ .

בס נאויית סיבתי אה עקומה לנאוצציה בנאויית-ארה נאויית-ארה  
כי הוכחה (אמאמאמא) קומפקטי.

עכאכ B נאקצה P



נאוכה אה B הקסעם הקצרים הנאעםם ל C  
אלקח עקומה לנאוצציה נאויית-ארה בנאויית-ארה  
ל.ש.



# ציון המעבדה של גוט פריד

- האילו המעבדה כולל את המבחן המלא  
המתנה עם סימסום בזמן

- ניתן לבדוק האולטרה מעבדה כולל  
המתנה ימים.

- יש הבדל של האקורד האקורד-פריד  
לקטגוריה: האקורד הגדול

- האקורד האקורד - האקורד "ע"ן  
אין הקורד

- אקורד קטן של האקורד האקורד  
(אין של חוסר שלמה incomplete)

אין האקורד + האקורד = האקורד האקורד

אין האקורד האקורד = האקורד האקורד  
האקורד