

Savoir sans Frontières
ידע בלי גבולות

הכל יחסי

ז'אן פייר פטי
Jean-Pierre Petit



תרגום מצרפתית: חזיאל במברגר
<http://www.savoir-sans-frontieres.com>

Savoir Sans Frontieres

לדעת בלי גבולות

villa Jean-Christophe : כתובת
206 Chemin de la Montagnere
84120, France

נשיא: Jean-Pierres Petit

www.savoir-sans-frontieres.com



Jean-Pierre Petit, מנכ"ל לשעבר ב-cnrs, הוא אסטרו-פיסיקאי, המציא הקומיקס מדעי. ב-2005 החליט להציג את המצאותיו תחום הציבורי. היום ניתן להוריד אותם בחינם מהאתר שלו. הוא גם הקים את האגודה "לדעת בלי גבולות" (Savoir Sans Frontieres) שנתג לעצמה כמשימה לפזר את הידע גם מדעי וגם טכני בכל העולם. האגודה שקיימת בזכות תרומות תומכת כספית במתרגמים בסכום של 150 יורו, ולוקחת על עצמה תשלומי דמי העברה בנקאית. מתרגמים חדשים מצטרפים לאגודה מדי יום (שפות 18, 2005). כל קובץ pdf ניתן לשיכפול חלקי או בשלמותו. מורים ומרצים יכולים להשתמש בהם אלא אם כן לא למטרות רווחיות. ניתן למצוא את הקומיקס בכל מיני ספריות (בת ספר, קופלטות בהדפסות, ברשת אינטרנט).

האגודה מחפשת בלי הפסקה מתרגמים חדשים עם יכולת של שפת האם וגם יכולת טכנית על מנת לעבוד באופן מושלם על התרגומים.

הנדבות (שיקים ל-Savoir Sans Frontieres) יתקבלו בברכה
עיקר התקציב 2006 מיועד לתרגומים.




וזה אפילו

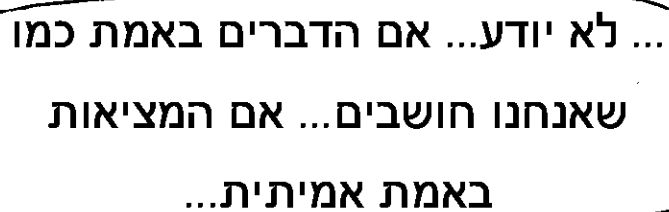
נכון!!!




מה, יקירי?




סופי, לפעמים אני
שואל את עצמי...



... לא יודע... אם הדברים באמת כמו
שאנחנו חושבים... אם המציאות
באמת אמיתית...



האם אין דברים
מאחורי
הדברים...



זהירות! יקום אחד עלול
להסתיר יקום אחר!



אני מציעה שפשוט תיווכך
בעצמך...





אני שומעת מישהו
מנגן בכינור

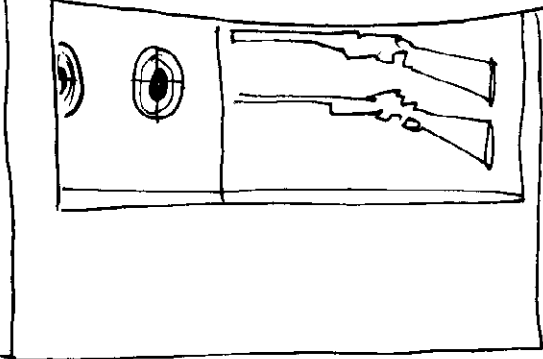
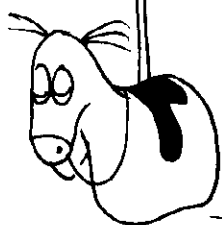
יאללה, בוא, אנחנו
הולכים ללמוד
משהו היום



הגענו למרתפי הפיסיקה

קוסמיק פארק

אדון אלברט - מייסד



המוסיקה באה
מהכיוון הזה





זאת דרך
מקורית לנגן
בכינור



וואו!!! איזה פחד!!!
אף פעם לא ראיתי
קרוסלה כל-כך מהירה!

דקה אחת,
בבקשה



אין בעיה

אדון אלברט, השעון שלך מדד
דקה אבל עברו רק 59 שניות!

זהו!

לא ולא! דקה בדיוק!

זה שעון של חברת
"בול-זמן", הדיוק
הינו מוחלט!

גם לי יש שעון של
"בול-זמן". מוזר...
שעון חדש... אולי טעות
בייצור?

לא נורא... יש
עליו אחריות...

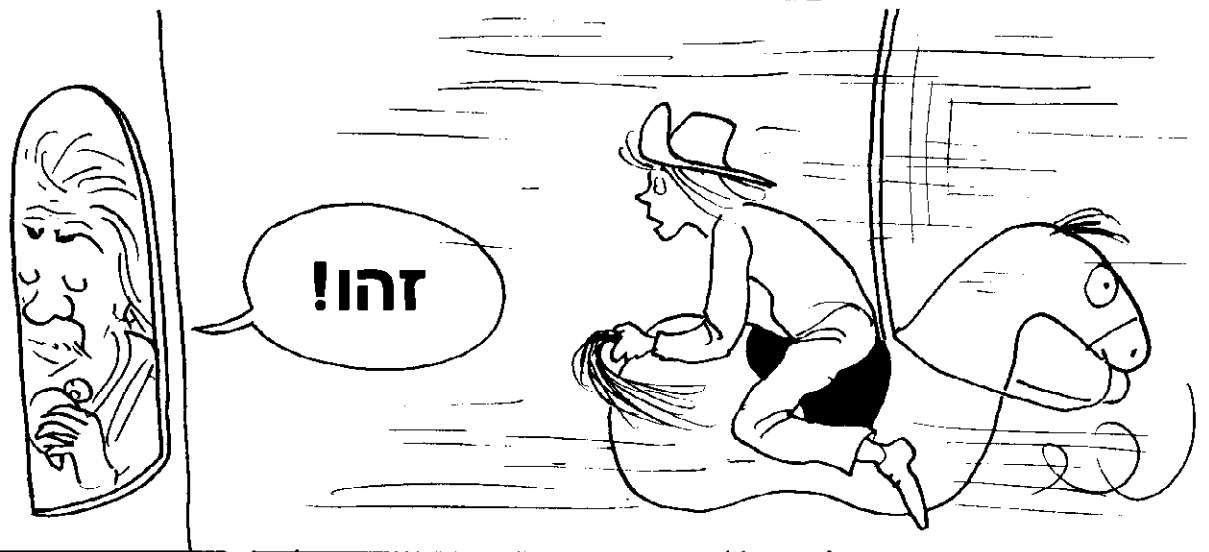
אז זה בוודאי
באשמת הקרוסלה

השעון שלך בסדר גמור,
אבשלום. שעוני "בול-
זמן" לעולם לא טועים



תגיד, אדון אלברט, יש אפשרות לשובב את הקרוסלה לכיוון השני?

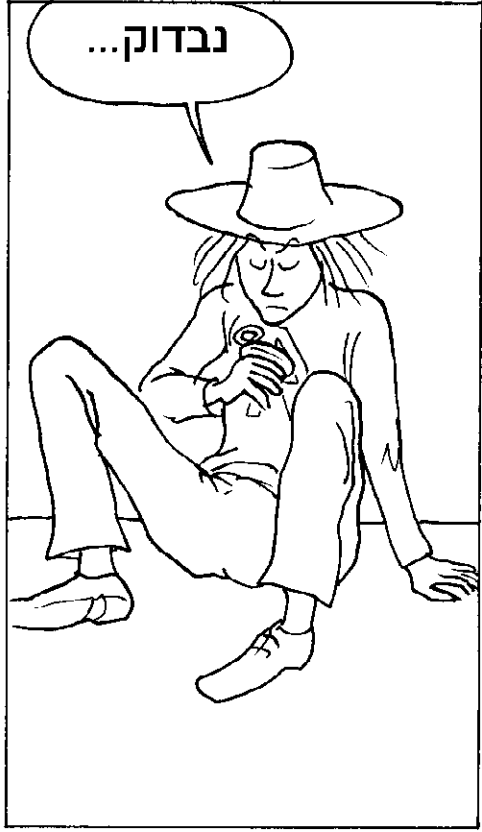
בוודאי. המחיר נשאר זהה - עוד שקל בבקשה...



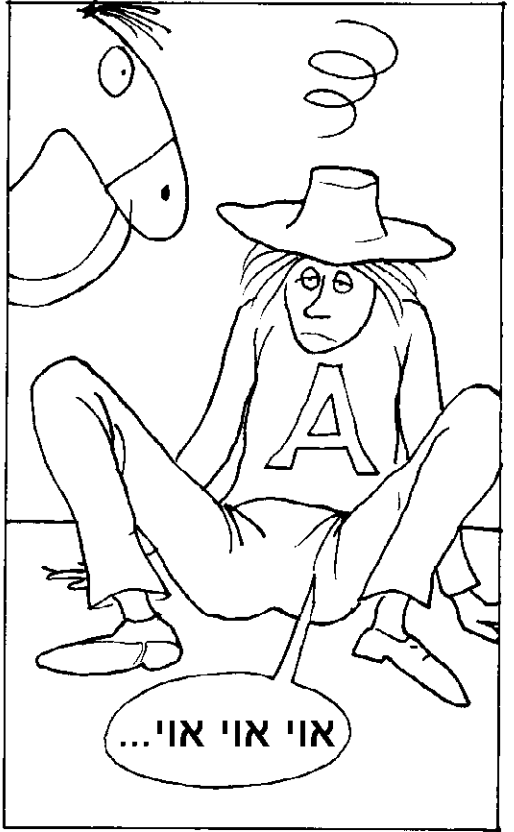
זהו!



הי!?!



נבדוק...



אוי אוי אוי...



באותו זמן...

השגעונות של אדון אלברט.
רדו לעומק הדברים - רק
שקל לדקה

אתה בא? נלך לעשות סיבוב
בצוללת

בואו

אלברט, מה זה
המכשיר הזה?

זהו שערן הידראולי. במיכל יש נוזל, מעל
הנוזל ישנו גז שנתון בלחץ. הגז דוחף
את הנוזל אל מחוץ לצוללת, דרך מד-
הזרם.

גז נתון בלחץ

נוזל

מד-זרם

שחרור הנוזל דרך

דופן הצוללת

אדון אלברט, למה הסקאלה במד הזרם

מודדת השניות?

זה הזמן שעובר. זהו
העקרון הישן של שעון
המים המצרי.

מהירות הזרימה תלויה בהפרש
שבין הלחץ שבתוך המיכל ללחץ
שמחוץ לצוללת

הצוללת שלי מצוידת בסנפירים שגורמים
לה לצלול עמוק יותר ככל שהיא מהירה יותר

לכן, בשביל למדוד את המהירות,
מספיק שיהיה מד לחץ שמודד את
לחץ- המים בחוץ

וואו! הצוללת שלך
מאד מהירה!

זהו זה! סוף
סוף הבנתי!

טוב, הדקה שלכם
כמעט הסתיימה. הגיע
הזמן לעלות

חבר'ה, תראו! לא יאומן!
הגענו לעמוד 25!



בזמן שמקס ולאון מסיקים את המסקנות מהסיור התת- מימי שלהם, אנחנו
נחזור לאבשלום:

זה מוזר, כשחושבים על זה. בחלל, בכל
כיוון שנהיה, נוכל תמיד לחזור אחורה
על- ידי בחירה בכיוון ההפוך

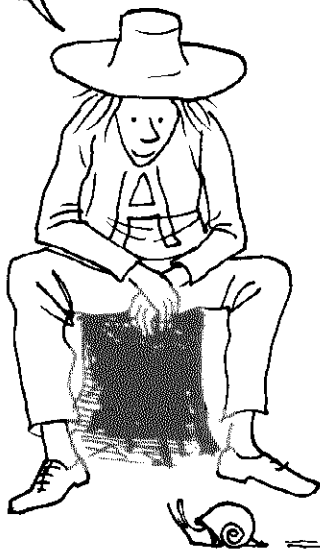


אני יכול לרוץ הרבה יותר מהר משבי
השבלול ולעקוף אותו

הוא זז
לשווא...



או לעצור בצד ולתת לו
לעקוף אותי



אבל כשמדובר
בזמן, הכל שונה
לחלוטין



מי שחונה-לא יוכל לצאת
יותר

מסתבר שאסור
לחנות פה

בהווה

אדון שבי?
יש לי דואר רשום בשבילך

מר או גברת?

שלחו לך לוח
שנה

גם וגם. מה
שתרצה...

אתה רואה, אבשלום, יום עובר
בכל פעם שתולשים דף

מה פתאום, שבי! אנחנו לא יכולים
לגרום לזמן לחלוף. אצטרך להמתין
עד מחר בשביל לתלוש את הדף הזה

אה...

חלל זמן

סופי,
מה זה זמן?

זמן הוא מימד, כמו כל
מימד אחר.
עלה על הנדנדה
ואסביר לך

הם תמיד מחפשים
לעצמם דברים קשים!

תראי, לדוגמא, למה הזמן הולך אל העתיד
ולא אל העבר?



למה?

חכה, אני
מצלמת אותך

תעביר לי את
המספריים



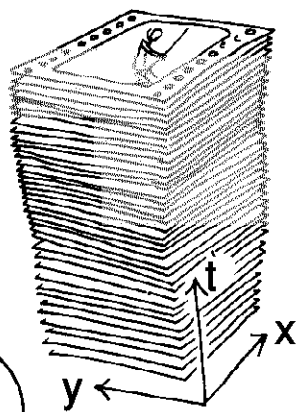
העיניים שלה כל-
כך יפות...

כל תמונה מתוך הסרט הזה אמורה
להנציה רגע בהווה. כל שנייה בסרט
מיוצגת על-ידי 24 תמונות. מדובר, אם
כן, בהמשכיות לא רציפה של אירועים

אתה מקבל
חלל זמן

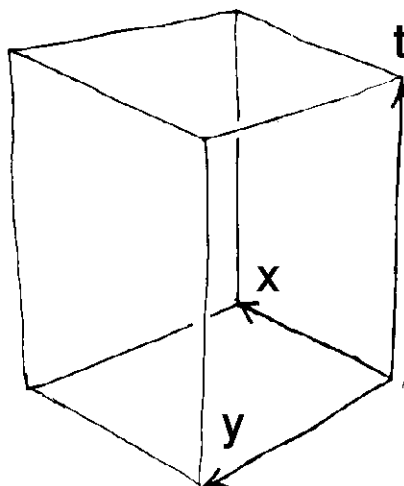
עכשיו תראה: תעשה
ערימה מרצף התמו-
נות הזה

חלל זמן?



אם הייתי לוקחת מספר אינסופי
של תמונות, הייתי מקבלת חלל
זמן רציף בשלושה מימדים

שניים של חלל
ואחד של זמן



נזכיר כאן, שמספר המימדים של חלל הוא פשוט
מאד מספר הנתונים שאנו צריכים על מנת להגדיר
מיקום של כל נקודה בתוך אותו חלל



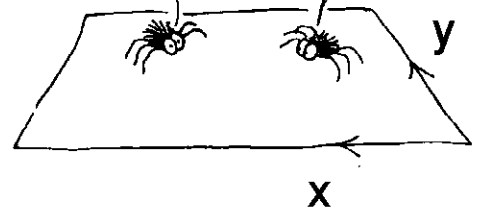
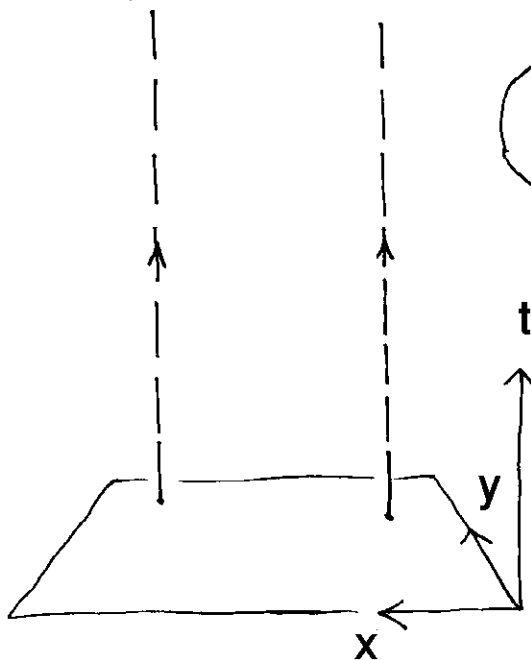
אנחנו חיים בחלל- זמן בעל ארבעה מימדים. אנחנו
זקוקים לארבעה נתונים בשביל לתאם פגישה עם
מישהו בנקודה כלשהי בחלל- זמן הזה

שבי קבע אתי פגישה בשדרה הרביעית
מספר 3, קומה שנייה. הטמבל הזה
שכך לקבוע שעה!
יש לי רק שלושה נתונים!

אבל אנחנו נחזור, באילוץ אפשרויות הציור, לחלל זמן בעל
שלושה מימדים: שניים של חלל ואחד של זמן:

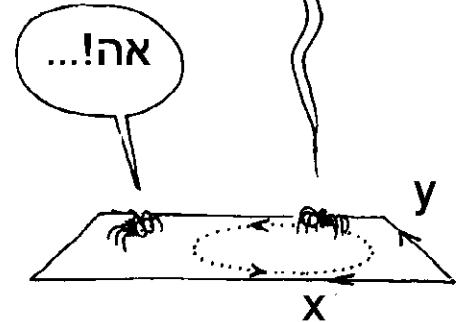
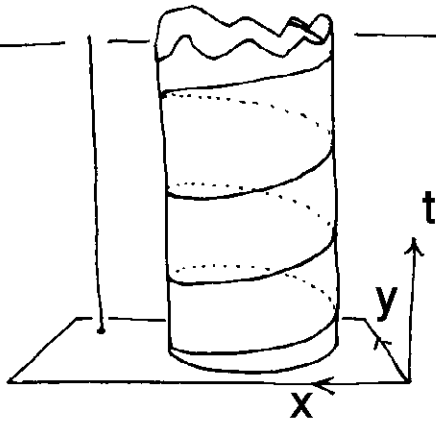
האם ידעת, ידידי היקר, שאנחנו נעים
בתוך הזמן?

אבל... אנחנו הרי
לא זזים כלל!!!

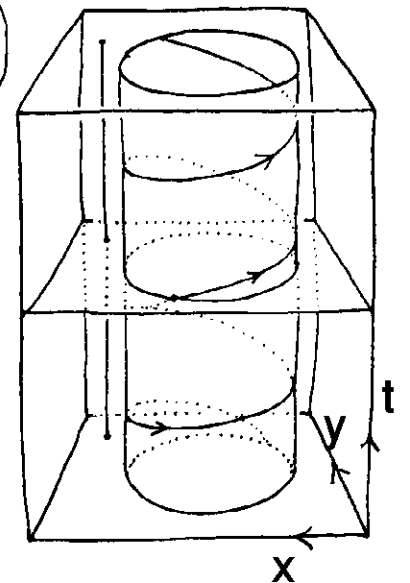
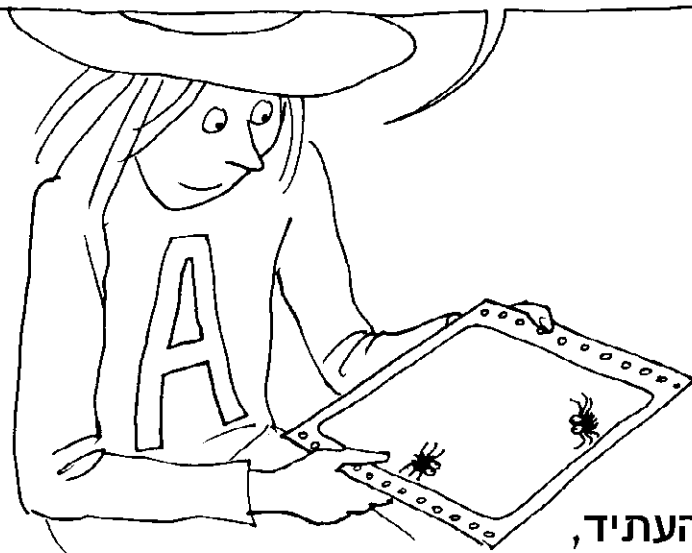


התנועה של העכבישים באותו החלל- זמן מיוצגת בציור שמשמאל

אם לדוגמא אני אסתובב במעגל, המסלול שלי באותו חלל זמן בעל שלושה מימדים יראה כמו קפיץ:

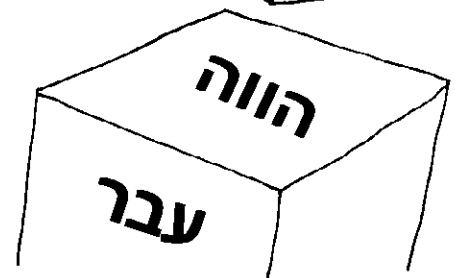
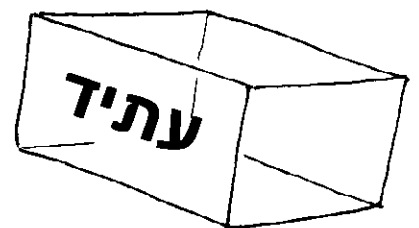


אז בעצם, ההווה המוחלט הוא פשוט חתך דק באמצע החלל-זמן!



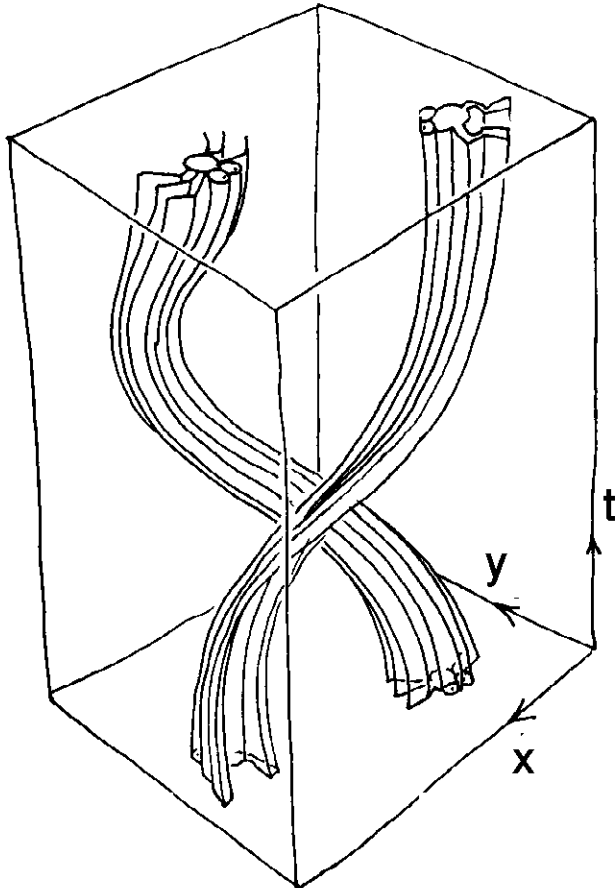
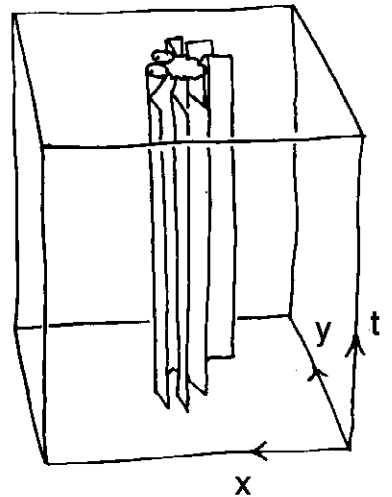
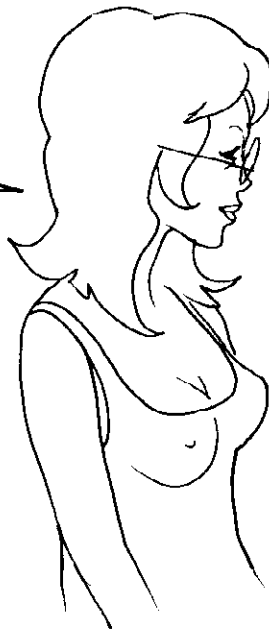
מה שמעל לאותו חתך הוא העתיד,

מה שמתחתיו הוא העבר



אריסטו היה הראשון שהבין שלהווה יש עובי אפסי

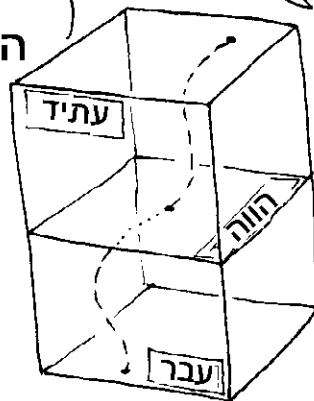
כך נצטרך לייצג את
העכביש בחלל זמן בעל
שלושה מימדים



ההישרדות של העכביש תלויה בכך
שבחלל- זמן שלו, מסלולו לא
יפגש עם זה של הצפרדע



אז למה אנחנו לא רואים את
התנועות האלה של החלל- זמן?

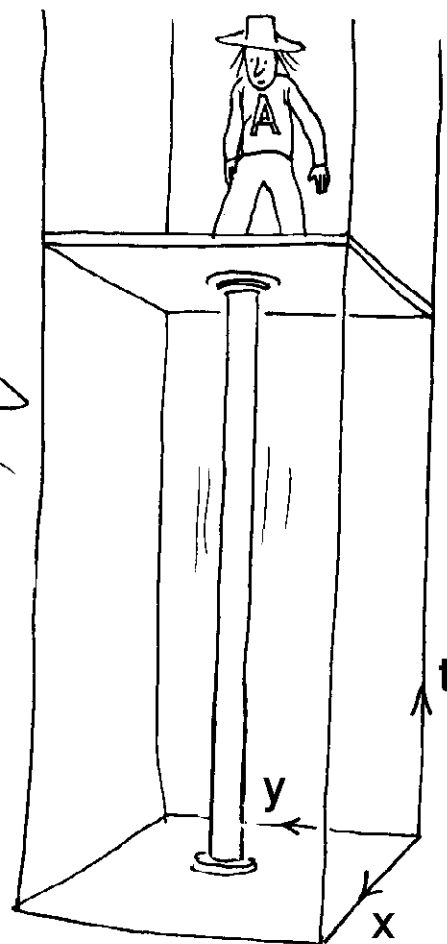


זוהי פגישה לא כל- כן
נעימה בחלל זמן...

מהסיבה הפשוטה שאנחנו רואים רק
את ההווה!

בתוך מעלית הזמן אנחנו כל הזמן בתנועה. אי לנו

כל אפשרות לעצור או לרדת כלפי מטה



ראשון שני שלישי רביעי חמישי שישי שבת

מעלית ללא

...דלת...

...ללא כפתורים...

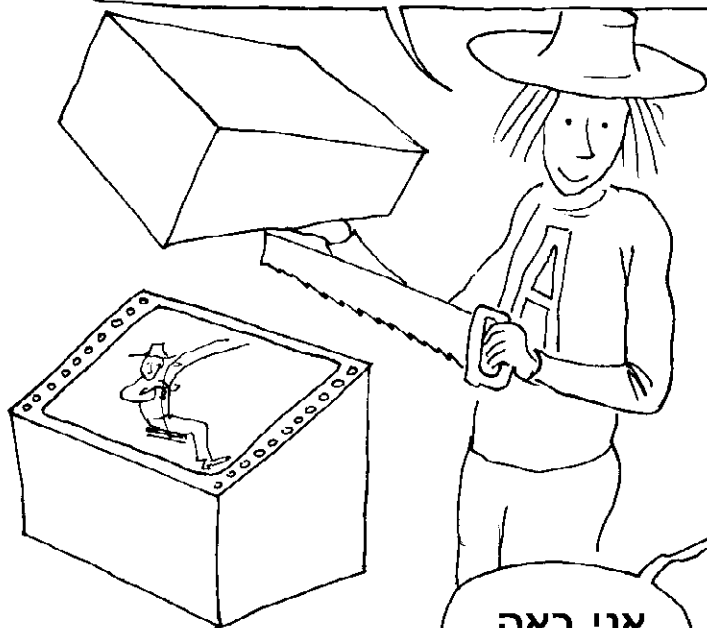
...איזה באסה...

איזה מזל שסופי

כאן!

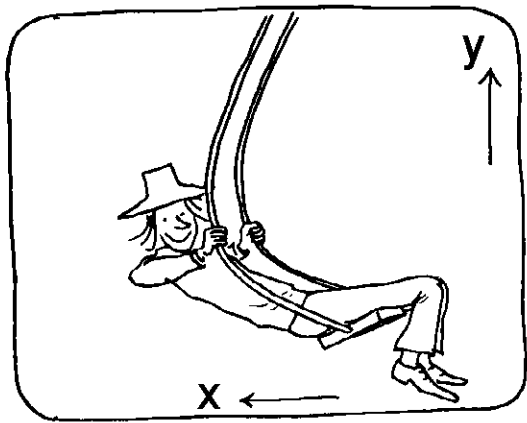
סופי, תראי, עשיתי חתך אפקי באמצע

החלל-זמן!



אני באה...





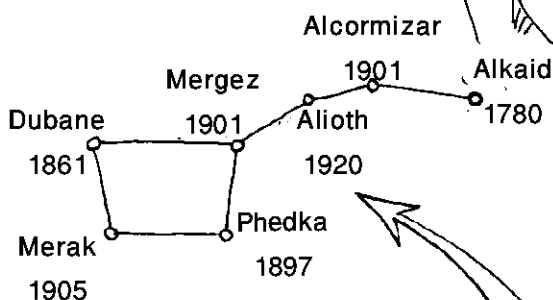
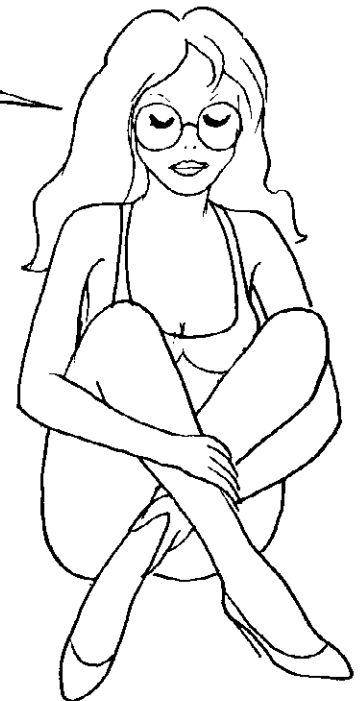
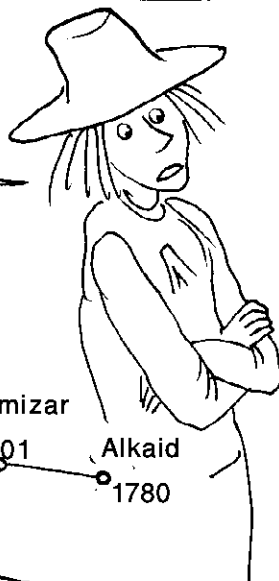
בדיוק כך עושים
סרטים מצוירים




קונוס אור

למעשה, אנחנו תמיד רואים את
המציאות בצורה מעוותת

למה את
מתכוונת?




לאור לוקח זמן פרק מסוים להגיע אלינו מהחפצים. כאן
בציור ניתן לראות את השנה בה התחיל האור לנוע
לכיוונינו מכל אחד מהכוכבים שבעגלה הגדולה



אם כן, הכוכבים השכנים לנו יכלו
להיעלם כבר מזמן, מבלי שנהיה
מודעים לכך?

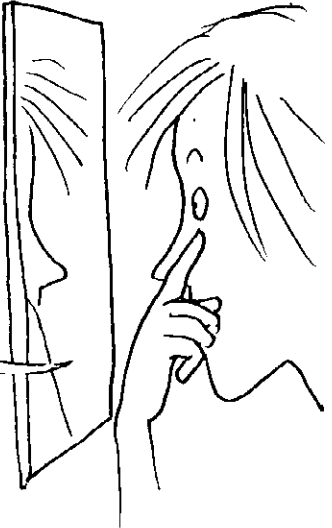
אנחנו לא מעודכנים!

אנחנו מקבלים בעדשת הטלסקופ
את התמונה של כוכב אנדרומד כפי
שהוא היה לפני 2 מיליון שנה!




אז הרגליים שלי
יותר זקנות
מהאף שלי??!

אנחנו רואים את
השמש כפי שהיא
הייתה לפני 8 דקות!



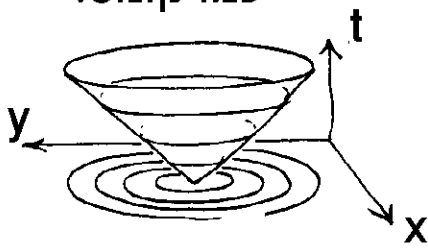
אם כן, אין דבר מסובך
יותר מאשר לתפוש
את ההווה!



נכון מאד! אנחנו בעצם רואים רק את
העבר. תפישה כזאת נקראת "ההווה
היחסי". קודם לכן דיברנו על ההווה
המוחלט. ההווה הוא דבר מאד אישי
שאין באפשרותינו לחלוק

בחלל- זמן, הגלים נראים

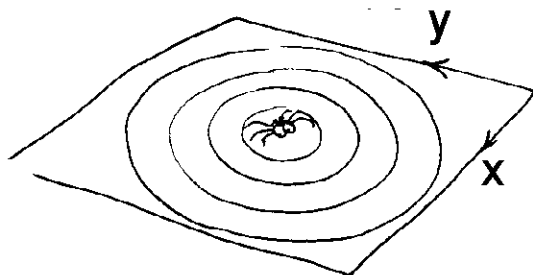
כמו קונוס:



הגלים מתפשטים על פני המים

במהירות קבועה. כאן מיוצג עכביש

שנפל למים ויוצר גלים



בדיוק אותו דבר נכון לגבי האור, שמתפשט

במהירות קבועה של 300,000 ק"מ לשניה

אם כך, גלי האור שנקלטים

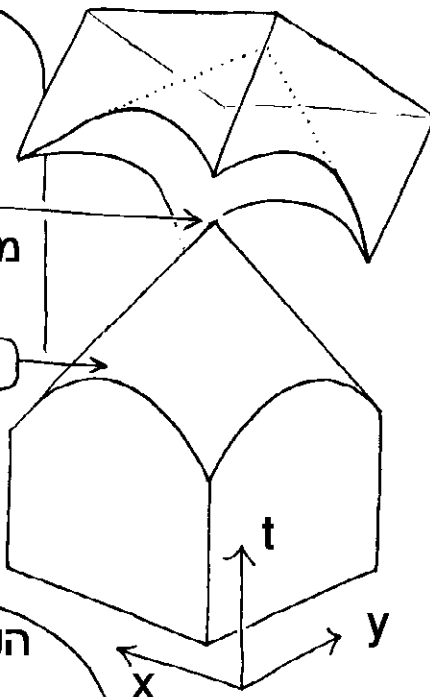
בכל רגע על- ידי

צופה

מגיעים מנקודות שממוקמות

על קונוס בחלל זמן:

קונוס- האור



הקונוס הזה מייצג את ההווה היחסי של אותו צופה

אז... השמים הם קונוס?

כן, אבשלום. זהו חתך בצורת קונוס בעל שלושה מימדים בתוך החלל זמן שלנו בעל ארבעת המימדים

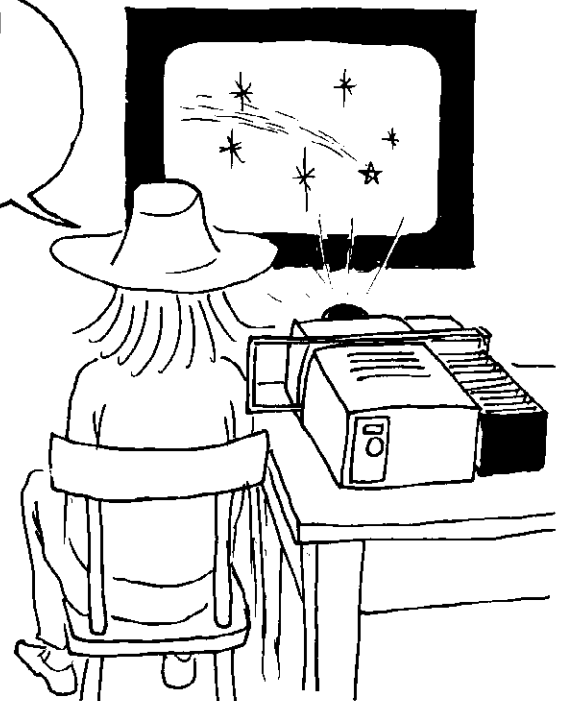
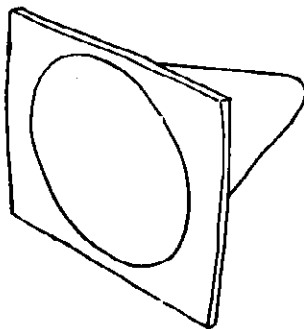
רעיון שהשכל האנושי מתקשה
להבין. אנחנו קולטים וחושבים
בשלושה מימדים ולא בארבעה,
לכן נחזור בזריזות לחלל זמן
בעל שלושה מימדים

קונוס בשלושה
מימדים?...?

מוזר...

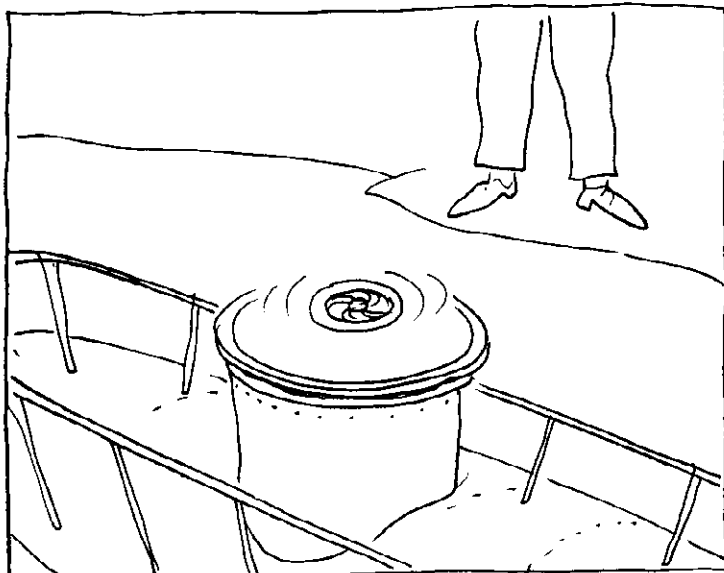


נחמד לצפות בחלל זמן. אבל, בשביל לעשות
את זה היטב, נצטרך להשתמש בשקופיות
בצורת קונוס



רגע, אבל איפה מקס וליאון? לא
ראינו אותם כבר 15 עמודים!







זהו זה. דקה בדיוק!

מה!?!

אותו סיפור כמו בקרוסלה, מקודם...

הזמן, אבשלום, אינו דבר מוחלט

עוד פעם!?!

היא צודקת, אבשלום. ככל שנהיה מהירים יותר - כך נזדקן לאט יותר

תמיד אומרים שללכת זה קצת כמו למות. אם כך, ההיפך הוא הנכון!



רגע, המכונה של אדון אלברט בתוך
הצוללת מראה באמת את הזמן שעובר
בתוך הצוללת?



בהחלט! כמו שהסברתי לכם,
המיכל הזה נתון בלחץ קבוע p_r ,
הוא משחרר נוזל אל מחוץ לצוללת
שם הלחץ הוא p_e . הזרם, אם כך,
תלוי בהפרש הלחצים $(p_r - p_e)$



ככל שהצוללת מהירה יותר כך היא
צוללת עמוק יותר וכך הלחץ בחוץ
גבוה יותר ולכן המכונה משחררת
פחות. אם כך, ככל שנתקדם מהר
יותר, הזמן יחלוף לאט יותר



רגע! מה זה השטויות האלה?
איך הזמן עובר כשאנחנו חסרי תנועה?

חסרי תנועה ביחס
למה?

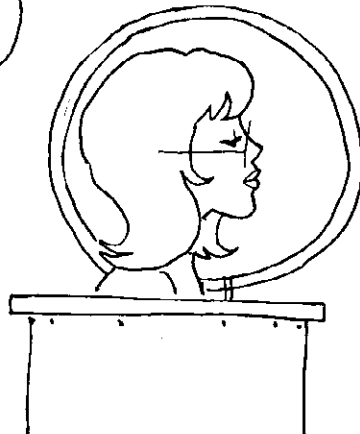
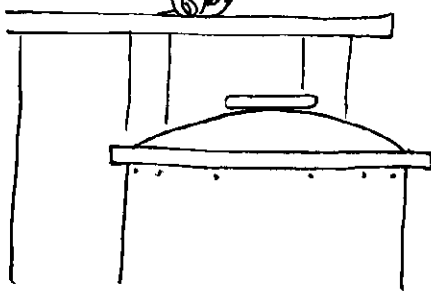
זוהי הזרימה שמזרים שעון-מים "אובייקטיבי",
כזה הממוקם בבטן צוללת שנשארת במקומה,
חסרת תנועה, בגובה פני המים

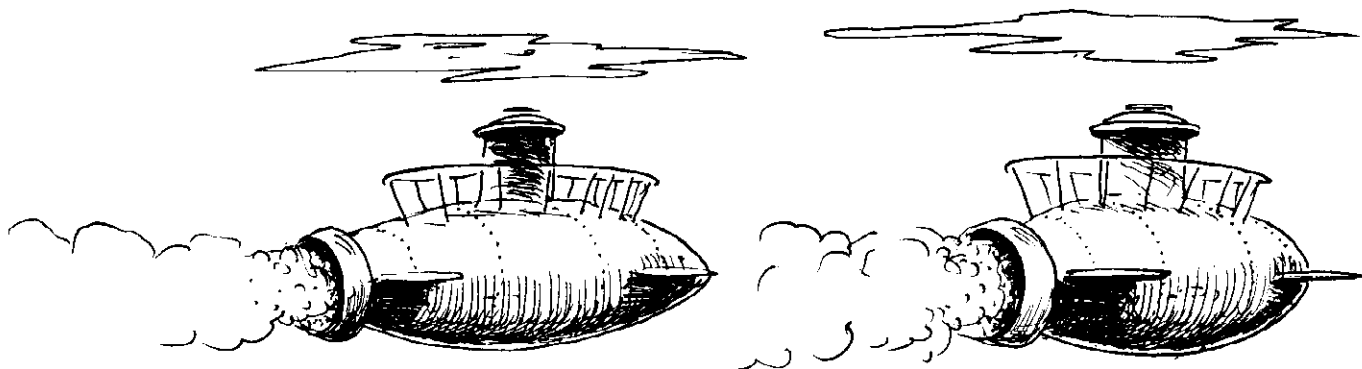
אני רוצה להבין את כל זה לעומק!

מה זה להיות "חסר
תנועה"?

סופי, הכנסי לצוללת מספר 2, אני אכנס לצוללת מספר 1.
צוללת מספר 3 תישאר כאן ושתינו נצלול באותה מהירות v

מה אתי?





הם צוללים בצמד: אותה מהירות V, אותו כיוון
ואותו עומק



כשמישהו מבצע ניסוי זה נובע מכך
שהוא לא ממש בטוח בעצמו...

תגיד, אלברט, מהי תנועה?

בלוב בלוב

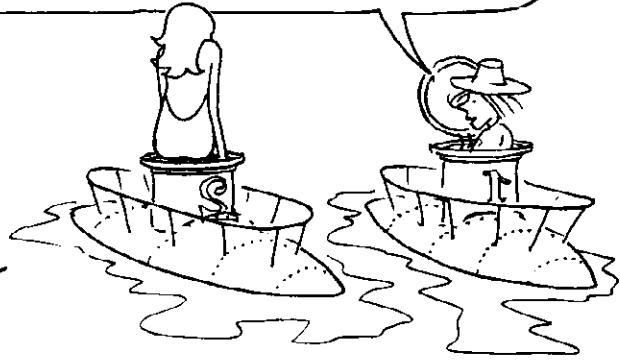


שאלה טובה, שבי. מה שאנחנו יכולים
להגדיר היא "מהירות יחסית" של חפצים-
האחד ביחס לשני. הקביעה שחפץ מסוים:
אתה, אני או הצוללת, חסרי תנועה היא
שרירותית לחלוטין. כל תנועה היא
יחסית. כך לדוגמא, ברגע זה, סופי ואבש-
לום שנמצאים בתנועה ביחס אלינו, הנם
חסרי תנועה האחד ביחס לשני



חזרנו לנקודת ההתחלה ושעוני המים שלנו הזרימו בדיוק את אותה כמות מים כך שהם מראים את אותו זמן t'

שני חפצים חסרי תנועה האחד
ביחס לשני הם חפצים
מתואמים או מסונכרנים



לא כך הדבר עבור שעון המים
האובייקטיבי, זה שבצוללת
מספר 3, זו שנשארה חסרת
תנועה בגובה פני המים. הוא
מראה פרק זמן ארוך יותר - t



מעניין...

רגע, אדון אלברט, יש בעיה
בסיפור שלך!

מה, בן?

מבחוץ, יכולת למדוד את המרחק
שעברנו - d, ואת זמן הצלילה - t,
בעזרת שעון המים שבצוללת הש-
לישית. זה נותן לנו את המהירות:

$$v=d/t$$

אלה מדידות שנעשו על-ידי
צופה חסר תנועה



בתוך הצוללות 1 ו-2, הזמן עובר יותר לאט. אם היינו מודדים את המהירות, היינו מקבלים מהירות $v'=d/t'$ שהיא יותר גבוהה מ $v=d/t$

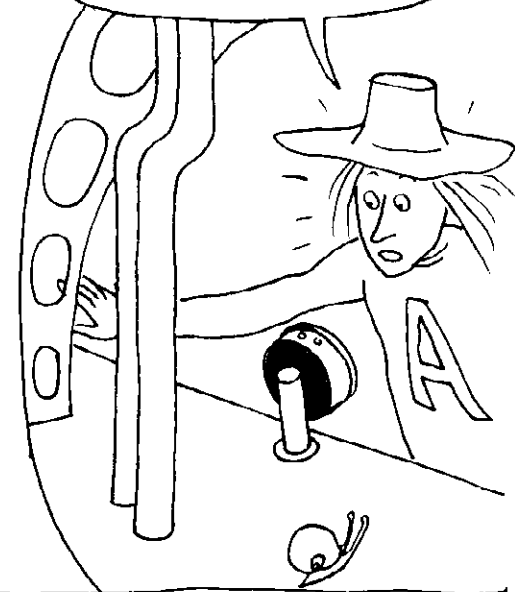


תיעזר בפנדר* שבצוללת שלך. הוא יראה לך בדיוק מהו המרחק d' שעברת

זה כבר הופך להיות סיפור של משוגעים!



לא יאומן!
 $d' < d$



* פנדר הוא כלי ניווט מימי המודד את המרחק שעבר כלי השיט או הצלילה

התכונות המרחקים

וואו! זאת אומרת
שהחלל התכווץ קצת
כמו אקורדיאון!?!

$d/t = d'/t'$ כך שאני מקבל
את אותה מהירות v !



איזה פחד...



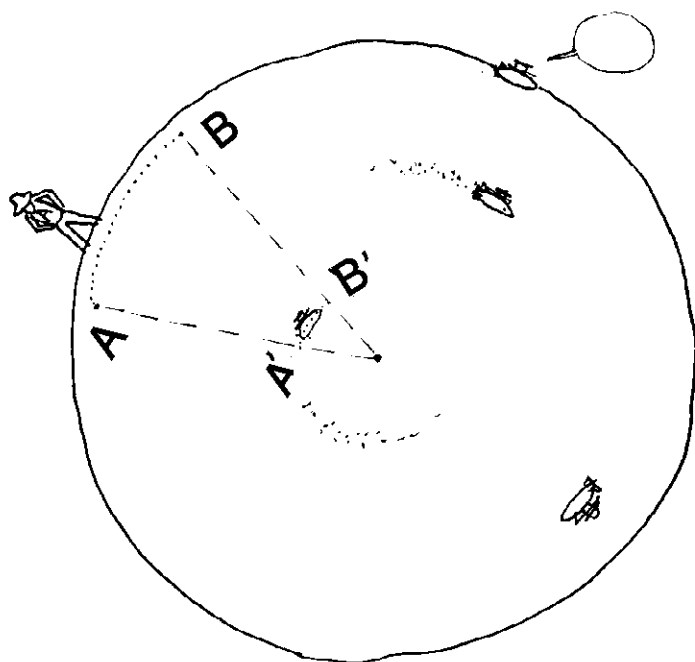
זמנים ומרחקים הינם רק
למראית עין. כפי שאין זמן
מוחלט כך אין גם חלל
מוחלט

הבה נחזור לפארק הקוסמי שלנו ולאוקיינוס
שלו- שעון העצר, שהם כמובן רק **דגמים**
שאמורים לגרום לנו להבין את המבנה
המוזר הזה של החלל- זמן





על מנת שנוכל להבין את הרעיון
הזה של כיווץ המרחקים או
"הכיווץ של לורנץ", הפארק
הקוסמי שלנו צריך להיות סוג של
כדור נוזלי



הצוללת של אבשלום שצללה במהירות V , שטה מתחת למים ועוברת את
הקשת $A'B' = D'$ בזמן נקי שנמדד בתוך הצוללת השווה ל- t'
עבור צופה שנמצא מחוץ למים, אותו מרחק נראה כמו הקשת $AB = D$ והזמן
שנמדד הינו- t . לכן, מקבלים: $d/t = d'/t' = V$

זה משעשע! על-פי המודל הזה, התנועה היא זוויתית
והמרחק הוא רק עניין של תפישה



אבל למה אנחנו מסתבכים כל-כך? זמן
שמתקצר, מרחקים שמתכווצים!



הכל בגלל מהירות האור.
אתה תבין את זה עוד
מעט



אז אני מניח שאתה הולך
לשפוך על כל זה קצת... אור?

טוב. כל זה טוב ויפה. טיפות מים, צוללות, כיווצים...
פיסית, מה המשמעות של כל זה?



תעלה לקרוסלה, מדען-
הרפתקן שכמוך!

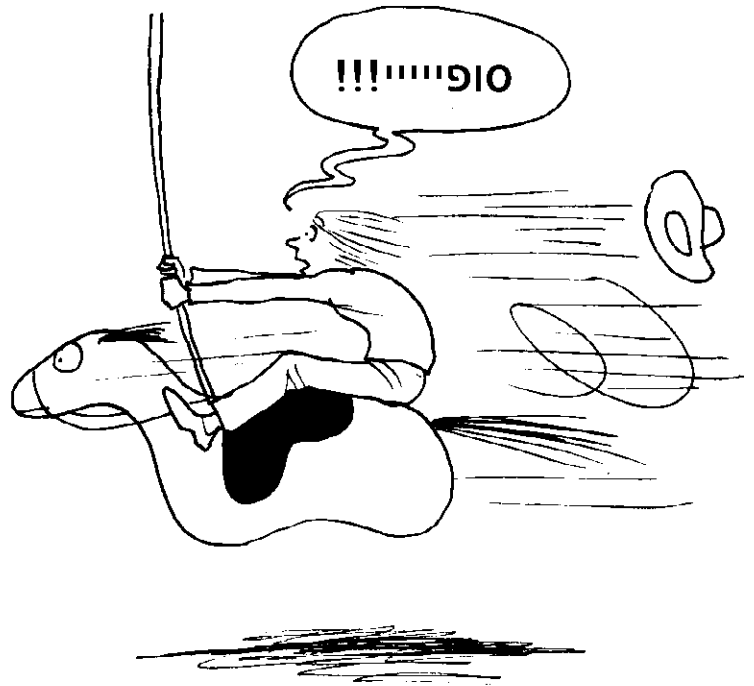
אני מוכן...

?



חכה חכה, עוד לא
ראית כלום...





איזה מזל יש לנו, התופעות האלה מופיעות רק כשהמהירות שלנו מתקרבת למהירות האור שהיא 300,000 ק"מ לשניה

יקירי, חזור לעצמך!
זה נגמר...

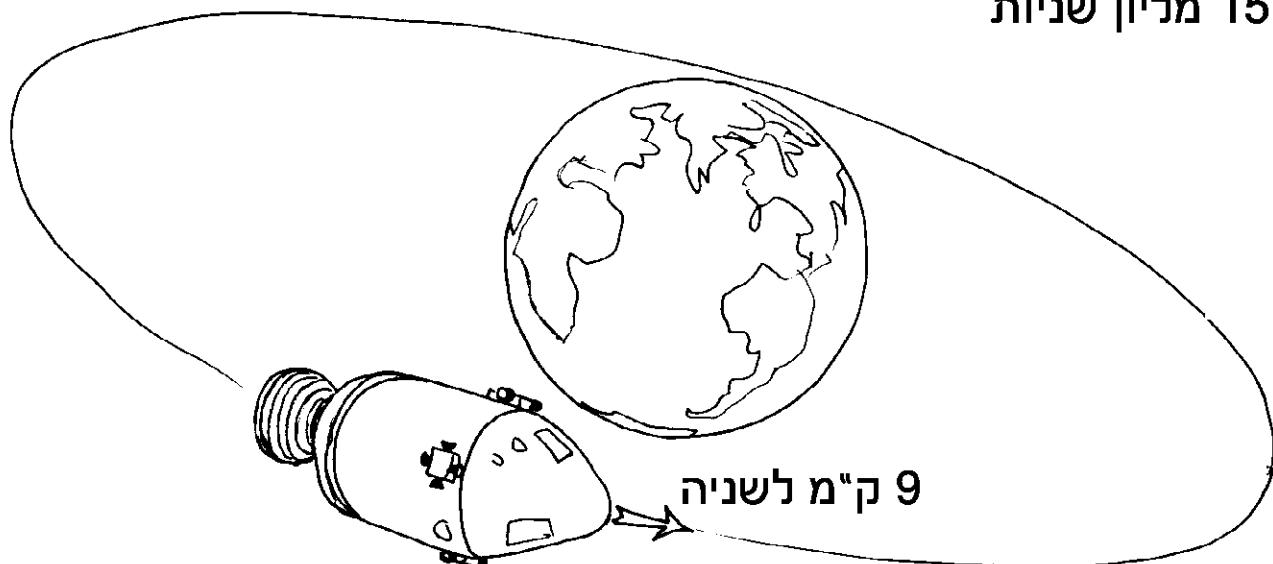
פיסיקה...
כמה נורא...



אילו מהירות האור הייתה הרבה יותר נמוכה, רק כמה מטרים לשניה לדוגמא, החיים שלנו לא היו אפשריים, חה חה חה...

כאשר אסטרונוטים נשארים שישה חודשים בחלל, זאת אומרת יותר מ-

15 מליון שניות



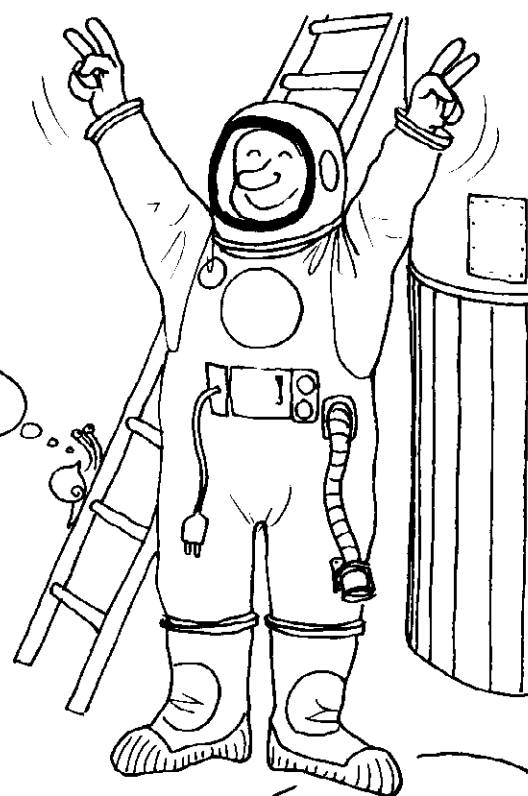
ההזדקנות שלהם הואטה ב- 1.4 מאיות השניה

כאשר הם חוזרים, אי אפשר לראות את זה עליהם...

הרפתקאות...

וואו...

עולם היחסות נראה לנו מאד רחוק מהחיים היומיומיים



בינתיים, זה מעניין בעיקר מדענים בתחום הפיסיקה של האנרגיות הגבוהות*



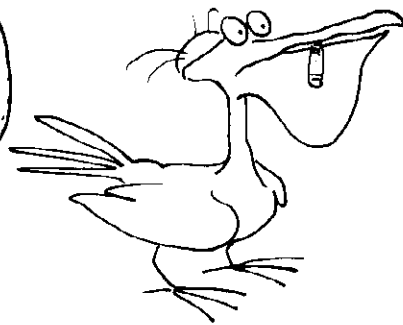
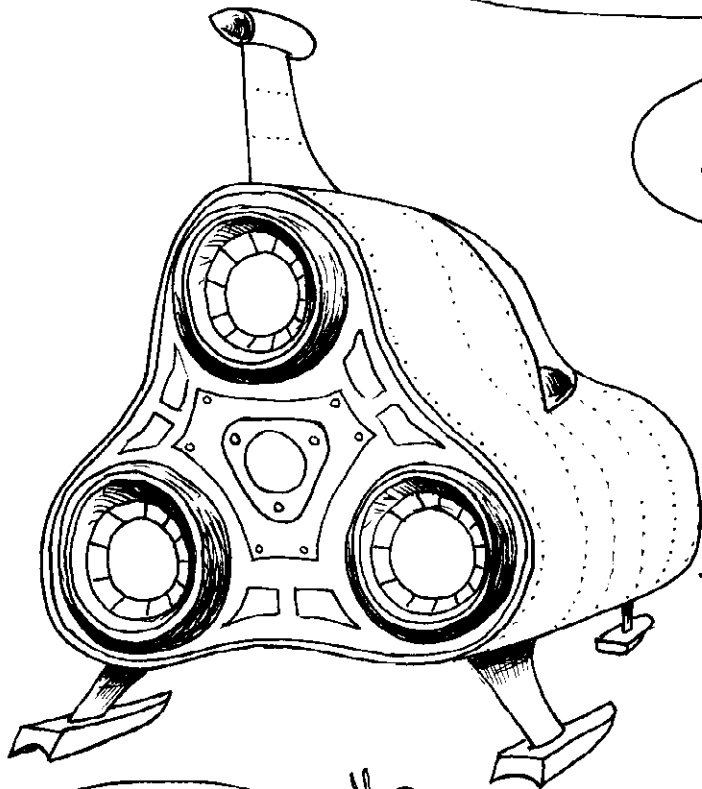
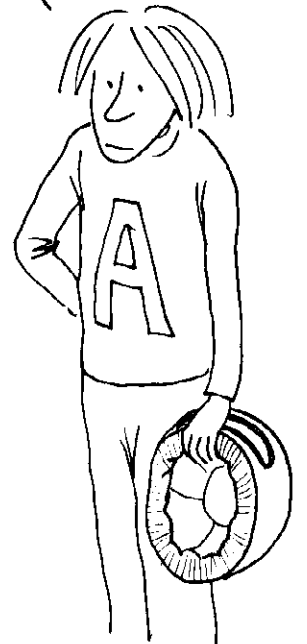
או אנשים שעושים ניסויים גרעיניים...



*נקראת גם פלוטופיסיקה כי זאת פיסיקה מאד יקרה...

כשאני מגיע למהירויות גבוהות מאד, היקום
באמת מתכווץ?

שטויות!...

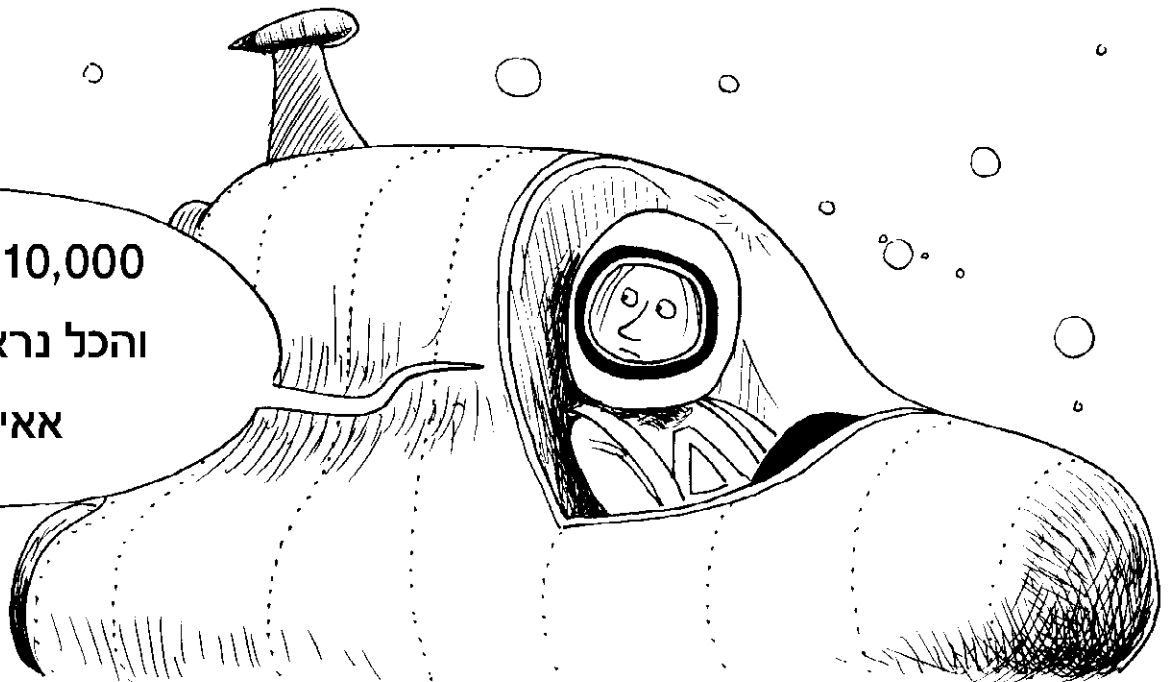


יאהו!!!

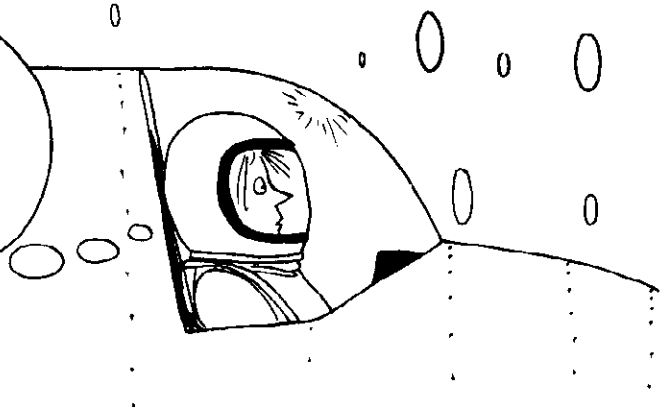
זה בטח צורך
המון דלק...



10,000 ק"מ לשניה
והכל נראה רגיל. אני
אאיץ עוד...

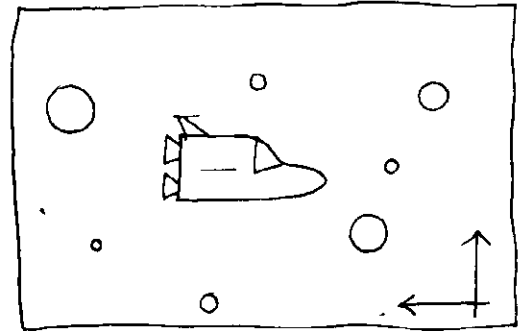
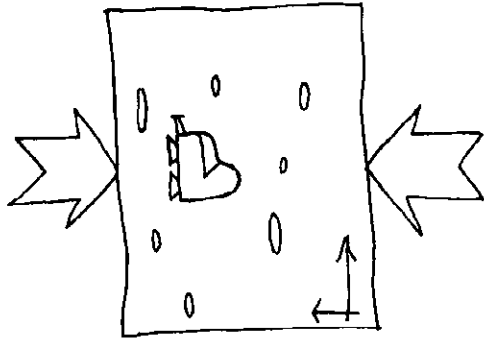


260,000 ק"מ לשניה. לא יאומן,
 הכוכבים נהפכים לאליפסות
 בעלות גובה כפול מרוחב

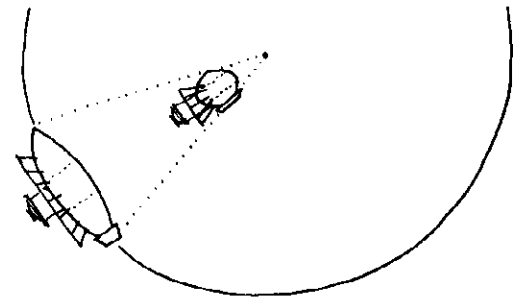


לתשומת לבכם,

אבשלום לא יכול באמת להבחין בהתכווצות של לורנץ מהסיבה הפשוטה שבתנאים אלה הכל מתכווץ: היקום, אבשלום והחללית!




בדיוק כמו שאנשי הצוות בצוללת מהפארק הקוסמי לא יכולים להבחין בהתכווצות



אם כן, אם אני מאיץ, אני, שבי, יכול לכווץ את כל היקום בכיוון התנועה שלי!

איזה עוצמה!





מה פתאום! שבלול לא יכול לכווץ את היקום!

טוב...

לא מדובר בכיווץ היקום או בעצירת הזמן.
זמן ומרחק הם רק למראית עין. הכל
אשליה ושום דבר אינו מוחלט. זהו עולם
היחסות

אז איך בעצם נראה היקום?



זה תלוי במהירות של הצופה

מהירות ביחס למה?

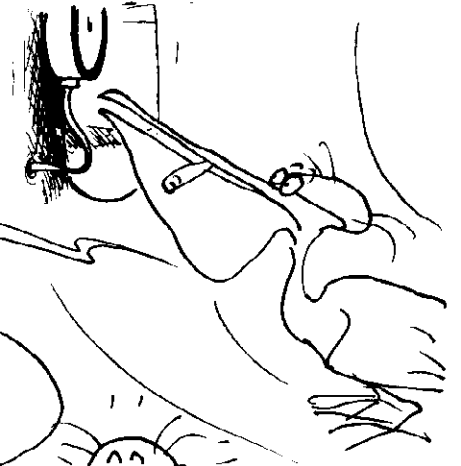
מה שהכי חשוב שתבין הוא שכאשר שני
אנשים נעים באותה מהירות V ובאותו כיוון,
הם רואים וחווים את היקום באותו אופן

נחזור לדגם הפארק הקוסמי. אתה הולך לראות שעבור ייצורים אחרים,
היקום יכול לקבל צורה שונה

כשהזמן פוסק מלכת

או, מצבי הרוח
של הפוטון

האם תיתכן מהירות שתוביל את הצוללת
לעומק שבו הלחץ בחוץ יהיה זהה לזה שבתוך
המיכל?



מבחינה הגיונית, הזמן
אמור לעצור!?!?

אם כן, מה קורה
אז?

קשה לי
להאמין...



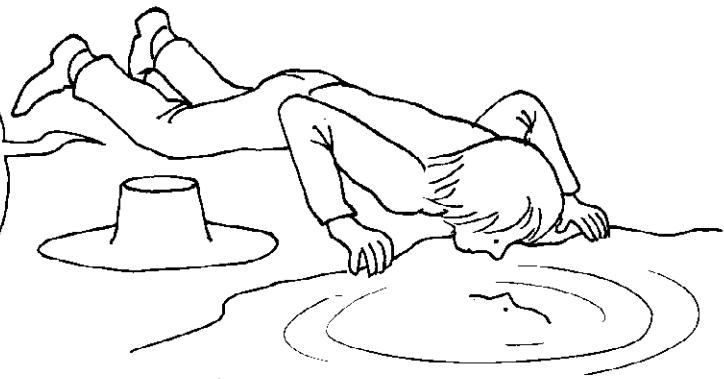
בפארק הקוסמי של אדון אלברט, זה יכול
לקרות רק כאשר נגיע למרכז הכדור

נוכל להגיע לעומק כזה רק במהירות
של 300,000 ק"מ לשניה

וזהו עומק העניין!
לא נוכל לרדת עמוק יותר



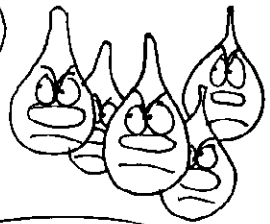
מי חי שם במעמקי ה"סטופר",
במרכז העניינים, איפה שמתרחש
אותו קיפאון של הזמן?



הפוטונים

שהם הרכיבים
הקטנים מהם
מורכב האור

זמן הוא לא עניינינו!



זה לא חיים, זה!

הם נולדים ומיד הם
מתים!



רגע, הפוטונים האלה, אני
יכול למדוד את המהירות
שלהם! הם נעים במרחק D
בזמן T כך שהמהירות שלהם
היא: $D/T=300,000$ ק"מ לשניה



אבל, אבשלום, אתה כבר
יודע שזמן הוא דבר יחסי

זוהי הדרך שלך לראות את הזמן. במערכת שלהם, הלידה והמוות הם שני מאורעות קרובים מאד האחד לשני

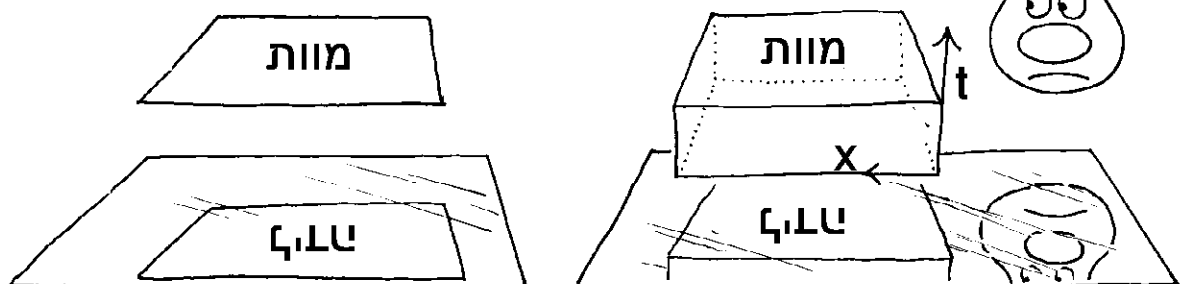


את רוצה להגיד לי שבשביל הפוטון, לזמן אין כל משמעות?



הזמן הנקי של הפוטון מסתכם בהווה אינפיניטיסימאלי (קטן ביותר), ש"תקוע" בין הלידה למוות. קח חלל זמן בשלושה מימדים (X, Y, T) , אם תמערך אותו בכיוון ציר הזמן תקבל משטח דקיק דו צדדי. ההפרש בין שני הצדדים הוא זמן החיים של הפוטון

אומלל...



אתה רואה, אבשלום, הכל יחסי. אנחנו רואים ייצורים רצים כך
שנראה לנו שהם חיים אבל בעצם הם לא חיים

הייתי שמח אם היו מסבירים
לי למה הזמן עובר מהעבר אל
העתיד ולא להיפך



תגידו לי, השתגעתם
שתיכם?

האם זה כל-כך חשוב?
ברכבת הזמן, אנחנו תמיד
יושבים עם כיוון התנועה



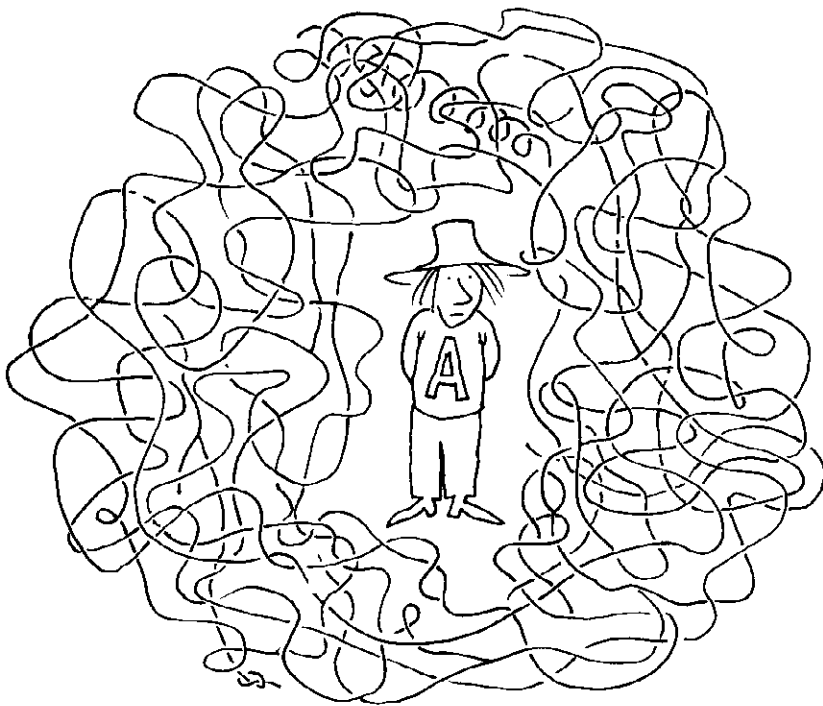
אני דוקא חשבתי שאם נהפוך
פתאום את כיוון הזמן, אף
אחד לא יישים לב...



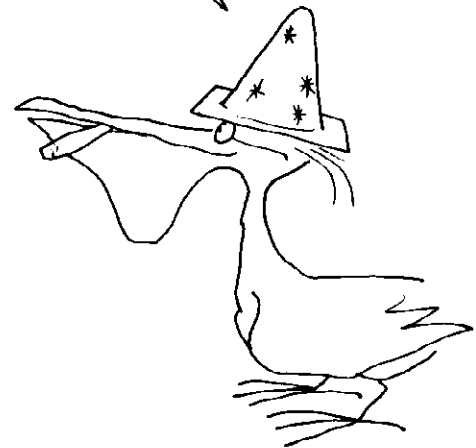
מאד בא לי, ולו לרגע קט, להיות פוטון בשביל
לנסות ולהבין איך הם רואים ותופשים את
הייקום



כפי שכבר הסברנו, אי אפשר לצייר חלל- זמן בעל
ארבעה מימדים. אפשר לתאר, בחלל- זמן של
שלושה מימדים, את המסלול של כל העצמים שביי-
קום, כל החלקיקים, כפי שיכול היה לראות אותם
במשך חייו, צופה שרירותי חסר תנועה



זה נראה לי כמו תמונת
סטיל, בשלושה מימדים



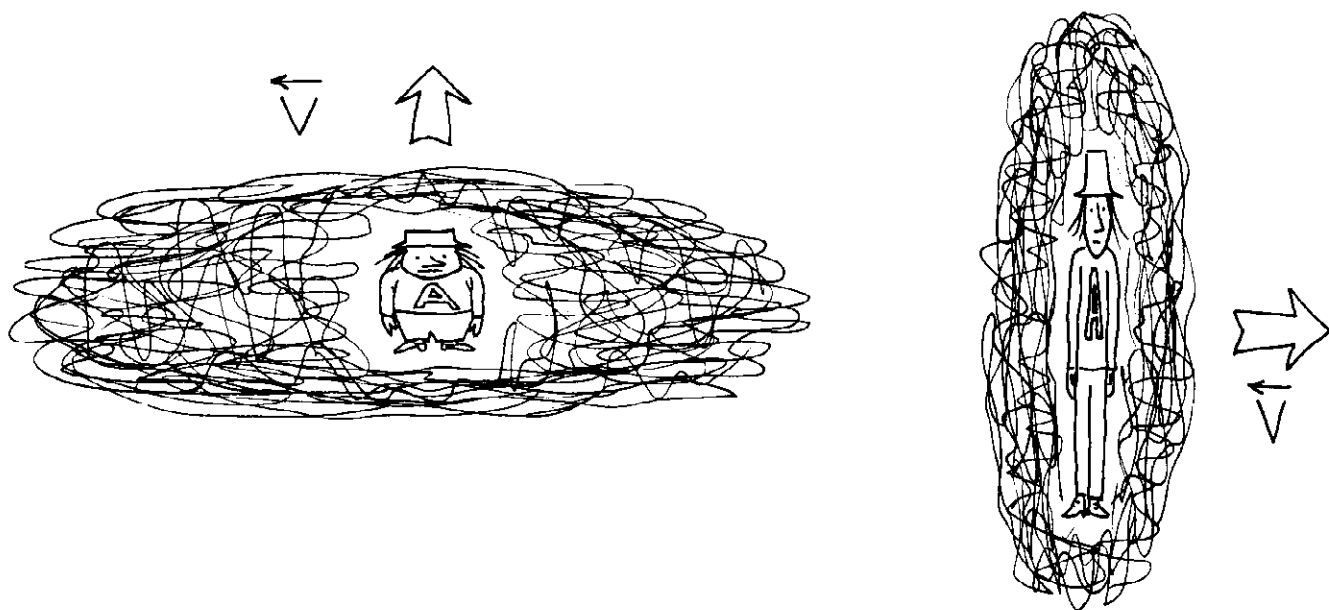
זה נראה כמו ערימה של ספגטי...



נקבל משהו שנראה כמו חוט של ברזל מלופף
או כמו איזה ספוג

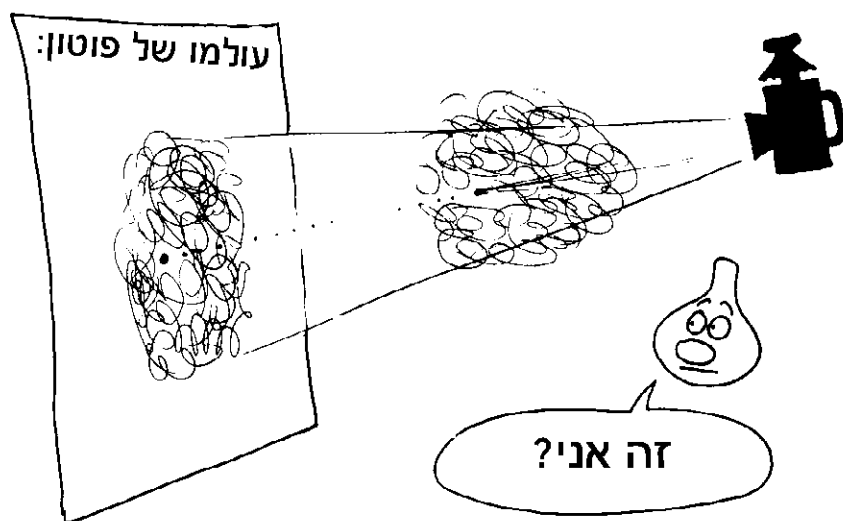


מבחינת אורכים, העולם הזה אלסטי: אם צופה אחר נע במהירות V לכיוון מסוים, הכל ייקרה כאילו היקום מתכווץ (וכך גם הצופה) באותו כיוון

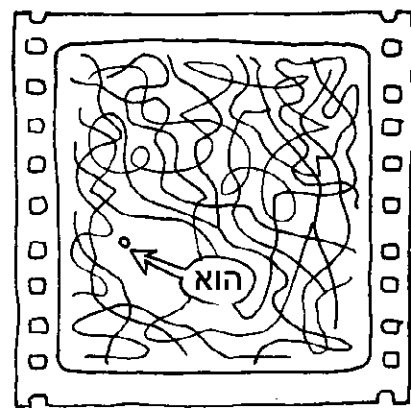
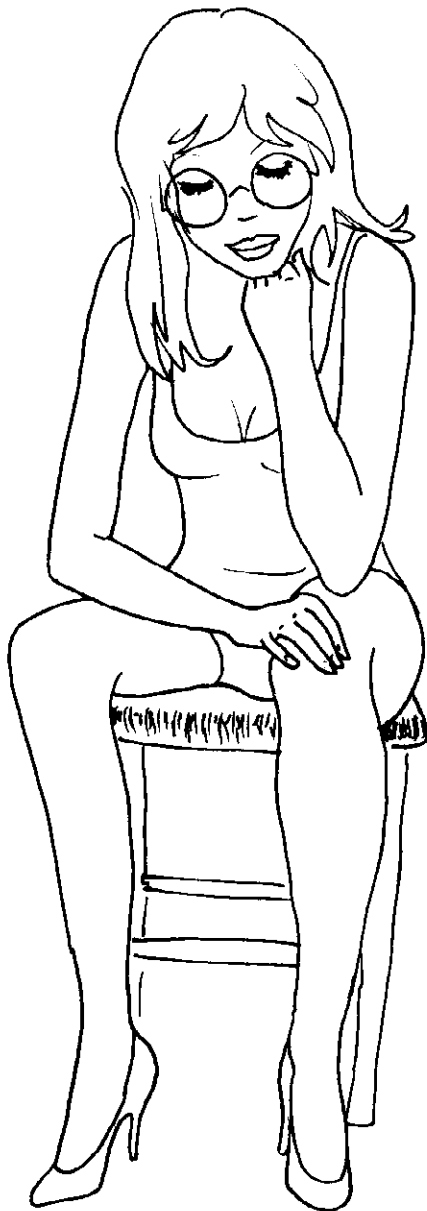


הפוטון לוקח את תופעת הכיווץ הזאת לקצה. ראינו שהזמן הנקי שלו אפסי לגמרי. אם הוא יכול היה לראות את היקום, הוא היה רואה יקום מכווץ לגמרי - משוטח ממש, בכיוון התנועה שלו. כך עולמו של הפוטון הוא דו מימדי בלבד. גם הוא עצמו יהיה באותו עולם רק גרגר שטוח

זה בערך מה שנקבל כשנקרין על מסך את תמונת הספוג (הצופה הנייח) כאשר המנורה תכוון לכיוון תנועת הפוטון



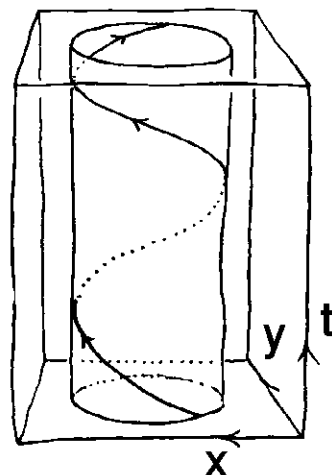
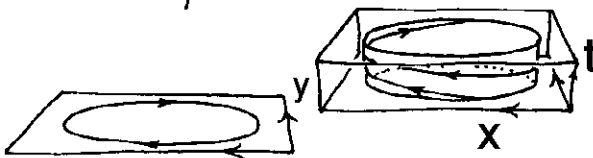
בשביל להבין את עולמו של
 הפוטון, נצלם אותו בסרט
 ע"י כיוון המצלמה לכיוון
 תנועתו וכשנסיים - נשים את
 כל התמונות אחת על השניה
 שתהינה חופפות לגמרי



בלעדי!!!
 עולמו של פוטון

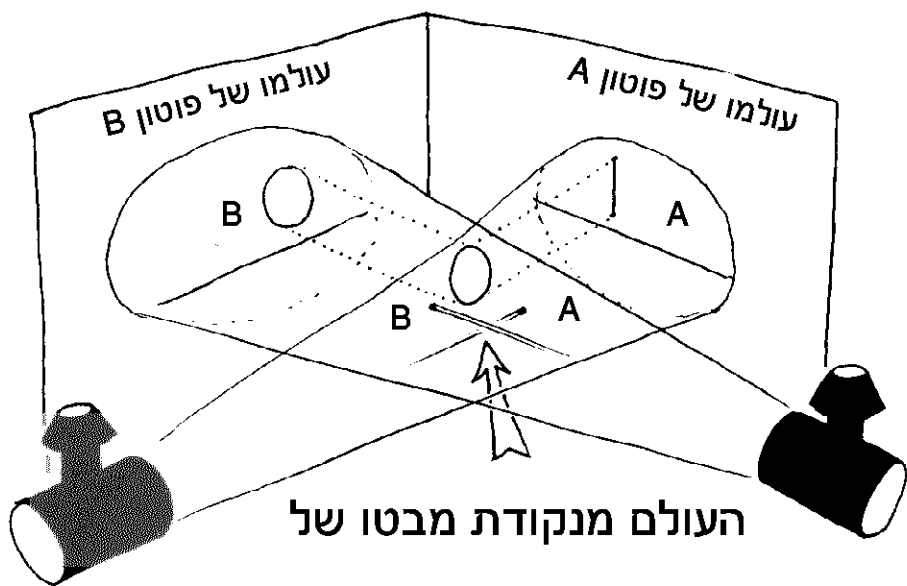
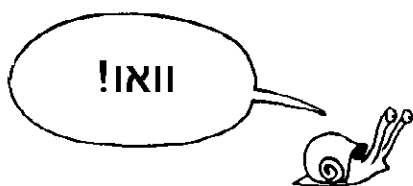


בדיוק כך



כש"מועכים" את ציר הזמן, מסלול העכביש חוזר
 להיות מעגלי!

שני פוטונים בעלי כיווני
 תנועה שונים יראו את
 העולם בצורה שונה



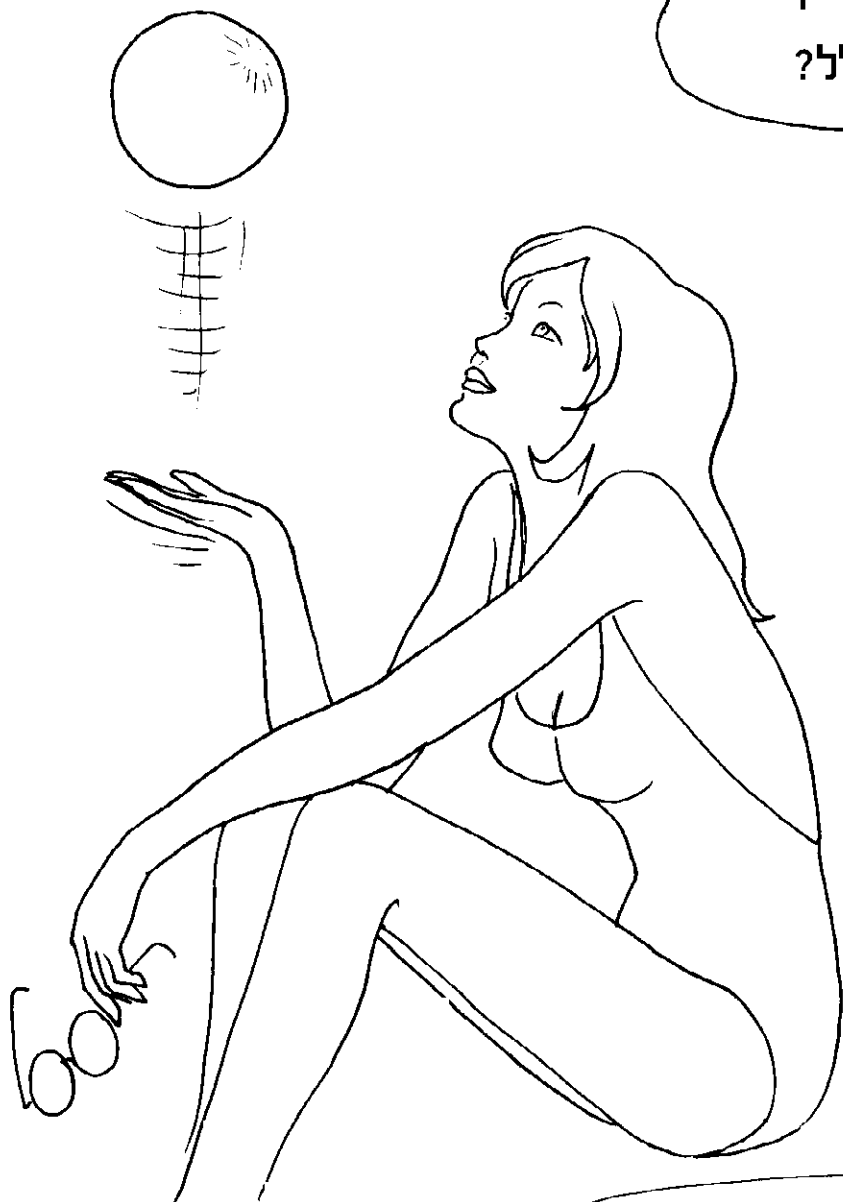
העולם מנקודת מבטו של

צופה נייח

מהו היקום
בכלל?



זה הכל וזה גם כלום.
יש אינסוף דרכים
לראות אותו, לחוות
אותו



כל ה- X-ים, Y-ים, Z-ים!
זה ממש שטויות!

עצבני,
הבחור!

אתה יודע, בחיי היומיום
זה יכול לעזור!



מהירות האור בלתי משתנית

המסה משתנית





הפוטונים!
אני רואה אותם

איזה עומק כאן!

מד העומק שלי מראה
 V_1 מהירות

הפוטון הזה עובר מרחק D_1 בזמן T_1

אם אחלק D_1 ב- T_1 אקבל
מהירות של 300,000 ק"מ
לשניה

תן גז, אדון אלברט!
תן גז!





הנה, עכשיו אנחנו במהירות V_2 שהיא גבוהה יותר מ V_1 אמדוד שוב

הפוטון הזה עובר מרחק D_2 בזמן T_2

המהירות שלו: $D_2/T_2 = 300,000$

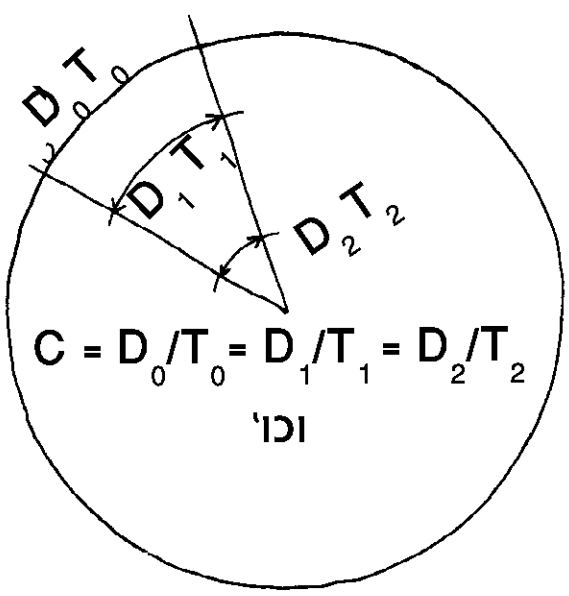
אותה מהירות כמו קודם...




כל הצופים, תהא מהירותם אשר תהא, מודדים את אותה מהירות (המסומנת ב- C) עבור הפוטונים - חלקיקי האור. לפוטונים יש, אם כן, סטטוס מאד מיוחד בפארק הקוסמי. הכל קורה כאילו הם היו מגדלורים, כאשר קרן- האור מסתובבת במהירות זוויתית קבועה וכך הם מקרינים את תמונתם על כל צופי הסטופר. בעזרת המשחק הכפול של השתנות המרחקים והזמן הנקי, הצופים תמיד

יקבלו: $C = D/T = 300,000$

הקביעות המוחלטת הזאת של מהירות האור, מהירות הפוטונים, התגלתה לראשונה בניסוי שבוצע בשנת 1881 ע"י הפיסיקאים מיכלסון ומורלי. 34 שנים אחר- כך, ב-1915, איינשטיין גנז את המודל הקלאסי של חלל- זמן, מכיוון שהוא לא היה מסוגל להסביר את חוסר השינוי במהירות האור. הוא המציא חלל- זמן חדש, זה שהפארק הקוסמי מנסה לדמות, חלל- הזמן של היחסות.

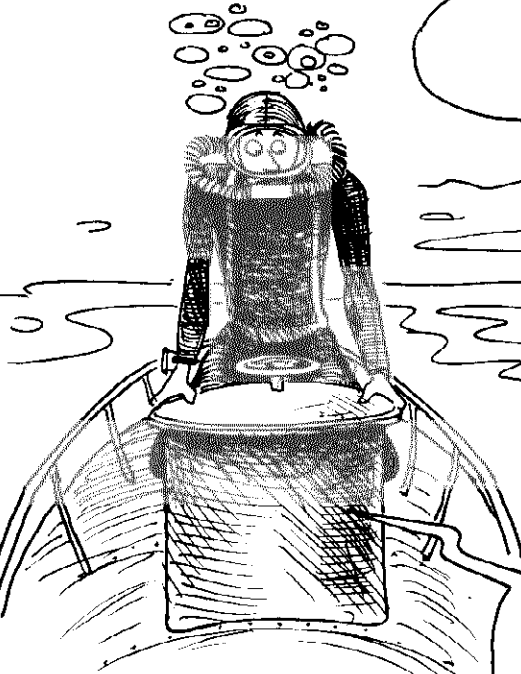




אנחנו עוד מעט בקצב שלהם!
תן גז, אדון אלברט!

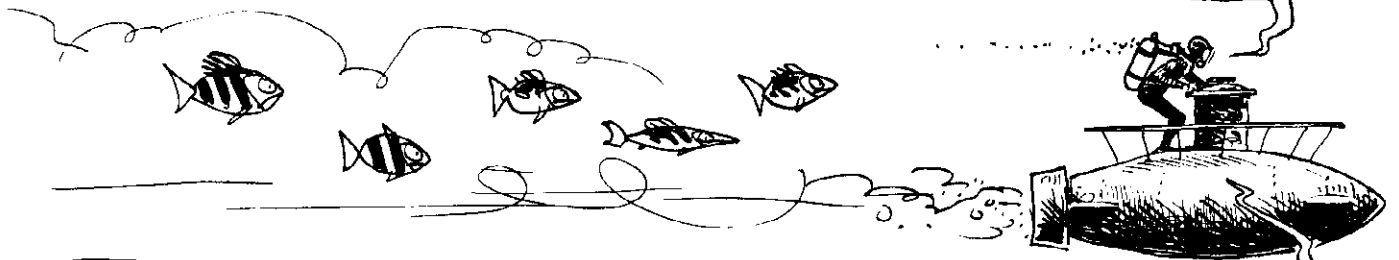
אי אפשר יותר!

למה?



הצוללת דוחפת את עצמה בעזרת המנוע. האגם (סטופר) אינו מתנגד בשום צורה להתקדמותינו, אני צריך בסך-הכל לגבור על כח האינרציה. כאשר אני מגיע V כלשהי ואני מכבה את המנוע, הצוללת תמשיך לנוע במעגל שהיקפו מתאים לאותו עומק

נו, אז מה הבעיה? תדליק את המנוע, תן עוד גז וכך נוכל להתקרב יותר למהירת של הפוטונים האלה!



לצערי, ככל שנצלול עמוק יותר, כך הסטופר נעשה דחוס יותר. כך שככל שנרד יותר עמוק, הוא "ישתלט" יותר על שכבת החצץ שלנו ובכך מכביד אותנו מאד. המסה שלנו עולה.

לתשומת לבכם,

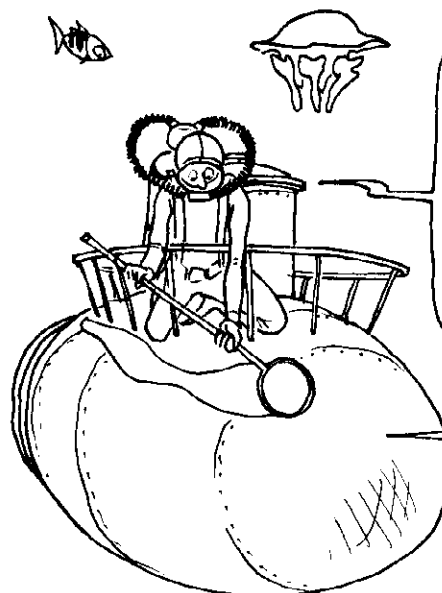
אנו רוצים לסתור רעיון מוכר ולא נכון: כולם אומרים שההליכה מרזה. ההיפך הוא הנכון! עצם העובדה שאנו עוזבים את תנוחת המנוחה (במסה M_1), גורמת למסה שלנו לעלות. ברגע שנעצור שוב, כמובן שנחזור למסה המקורית...



ההנהלה

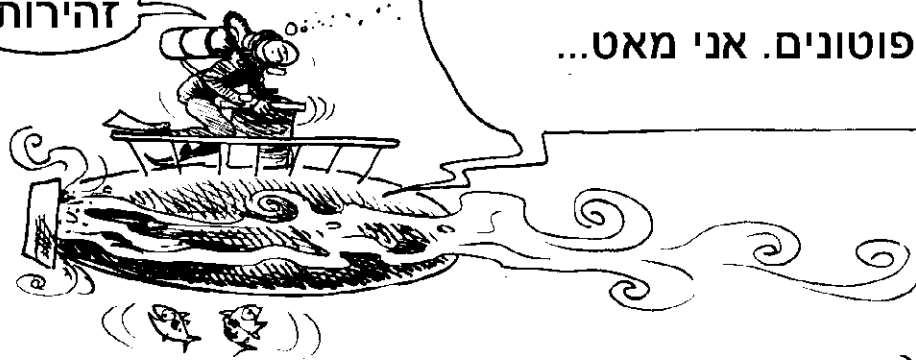
אבל... זה לא ייתכן! אנחנו כל-כך קרובים... המהירות שלנו עכשיו היא $0.995C$ ואני מרגיש כאילו עוד רגע נוכל לתפוס אותם!

עבור המהירות $V=0.99999C$ המסה תהיה גבוהה פי 224, וכך הלאה...



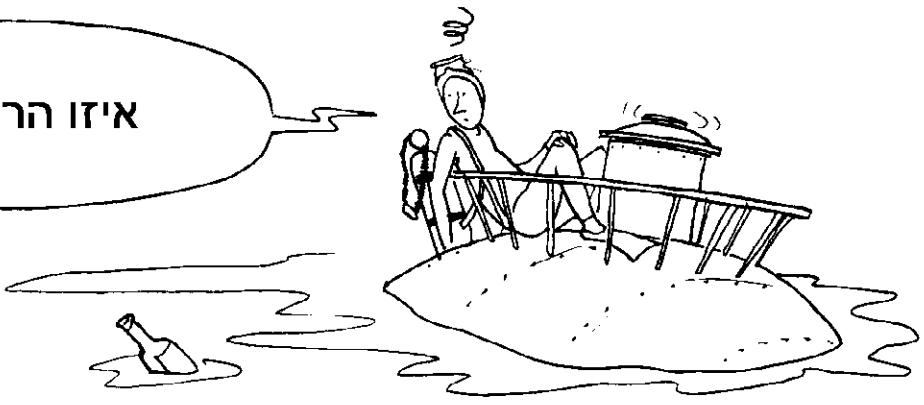
המסה שלנו כבר פי 10 גבוהה, אנחנו כמעט ולא מאיצים!

זהירות!

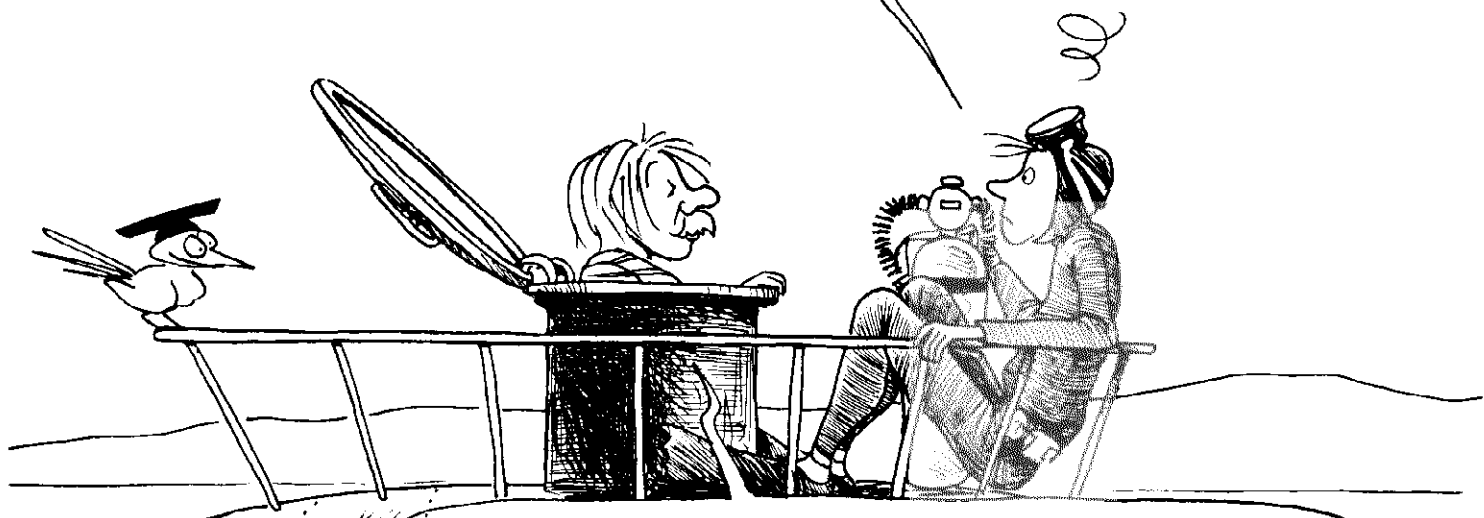


אין טעם להתעקש. נצטרך לצרוך אינסוף אנרגיה
בנסיון לתפוס את הפוטונים. אני מאט...

איזו הרפתקה!!!



אז אם אני מבין נכון, ככל שנעמים יותר אנרגיה על גוף
מסוים, המסה שלו תעלה?



נכון מאד! מכיוון שאנרגיה ומסה זה היינו הר:
 $E=M$

בעצם... לא בדיוק... יש עוד משתנה...
שהוא מהירות האור בריבוע. כך שנצטרך
לכתוב $E=MC^2$ המממ... זה רק ענין של
יחידות. אם יחידת המרחק שלנו הייתה
300,000,000 מטרים, היינו יכולים לכתוב

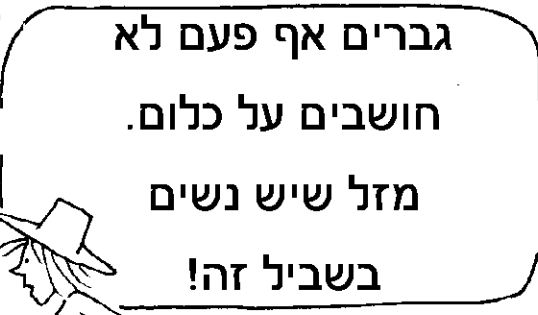
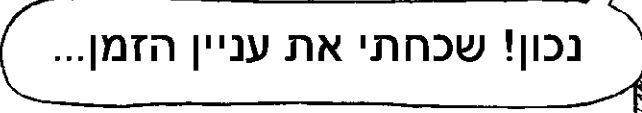
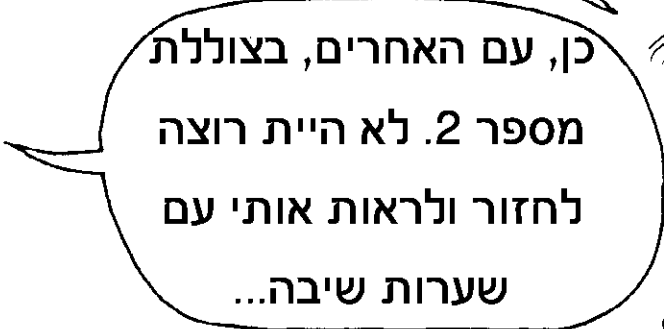
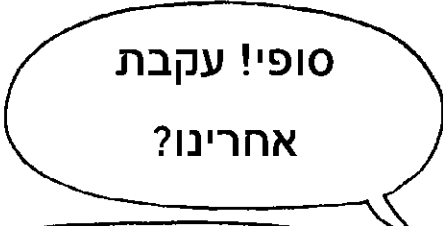
$$E=M$$

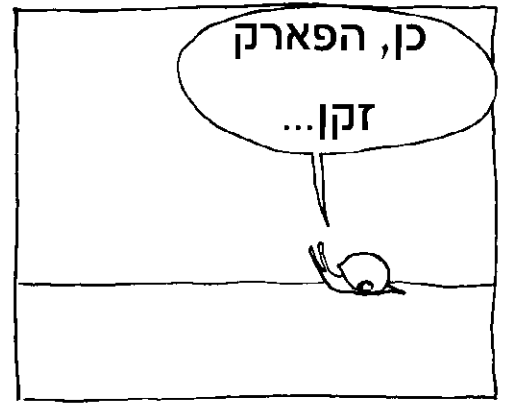
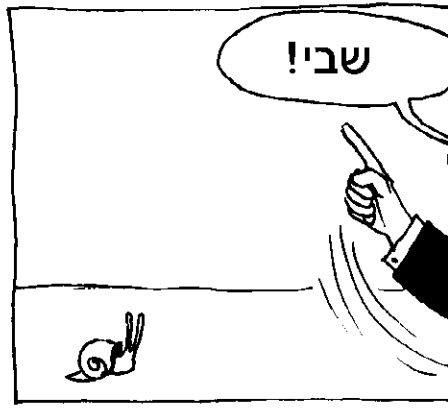
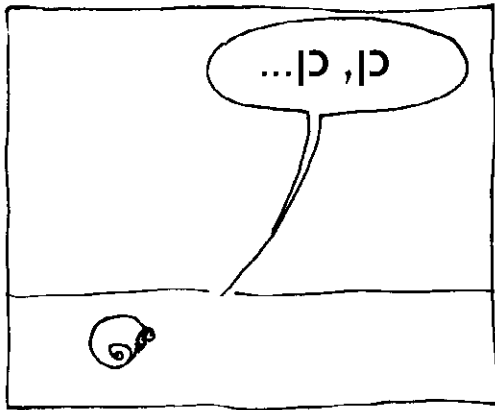
רגע, מאיפה בא הערך הזה של
300,000,000 מטרים לשניה?

במקומך הייתי שואל הפוך:
מאיפה בא מטר אחד לשניה?

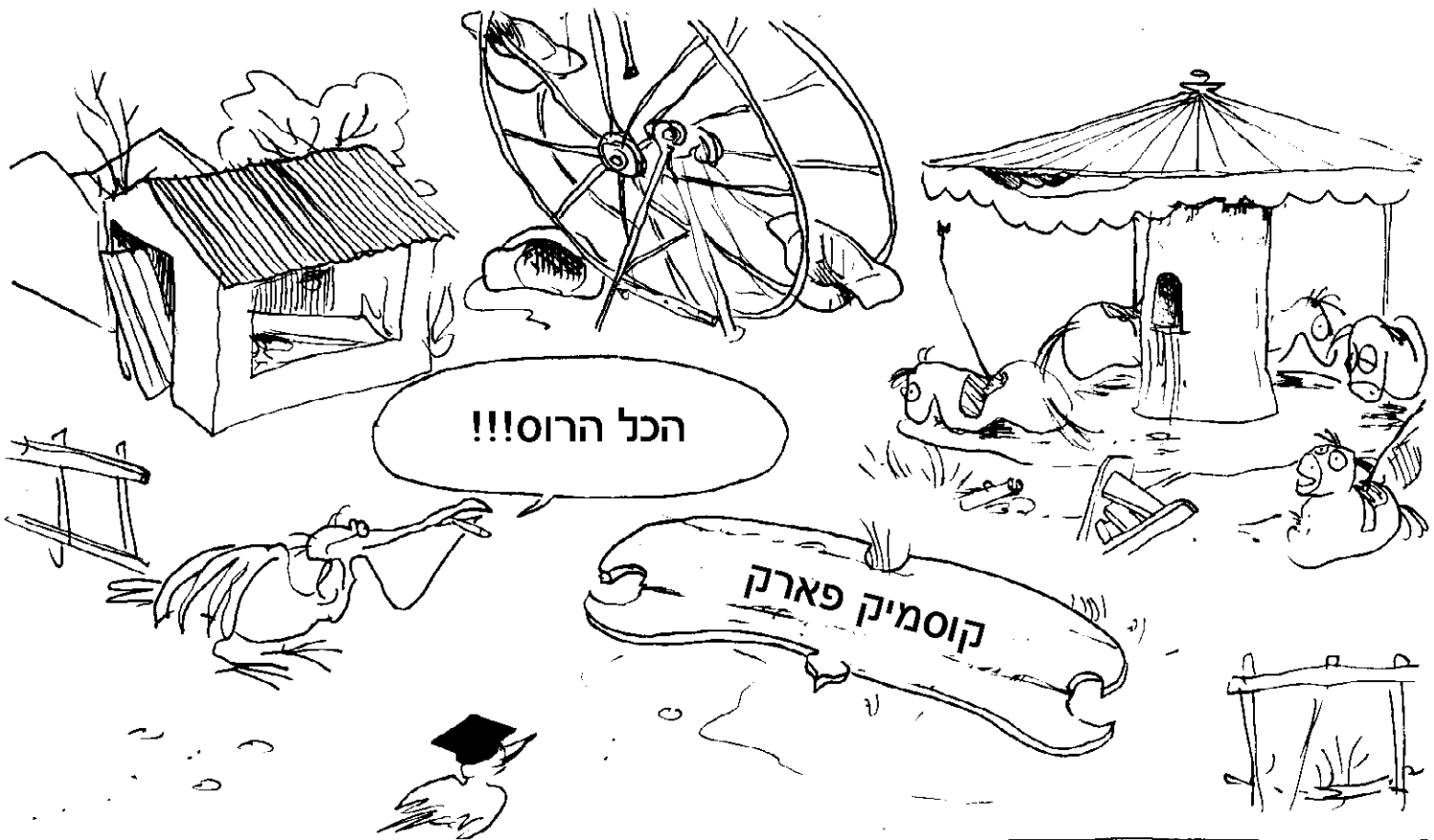
זוהי יחידת המהירות המושלמת, הקוסמית,
האוניברסלית! מטר אחד לשניה הוא בסך-
הכל חלוקה עלובה שלו...

אמממ... מה?



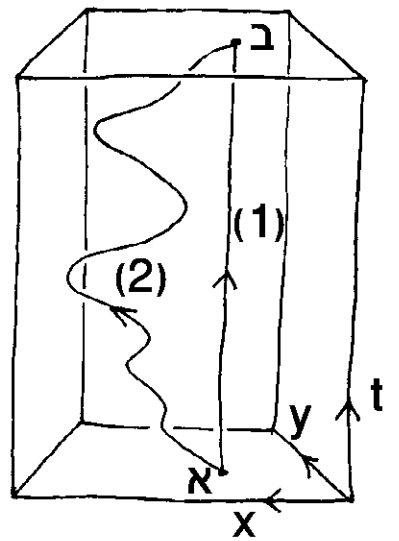


המחקר המדעי תמיד נסדק, קורס ואז נולד מחדש מההריסות

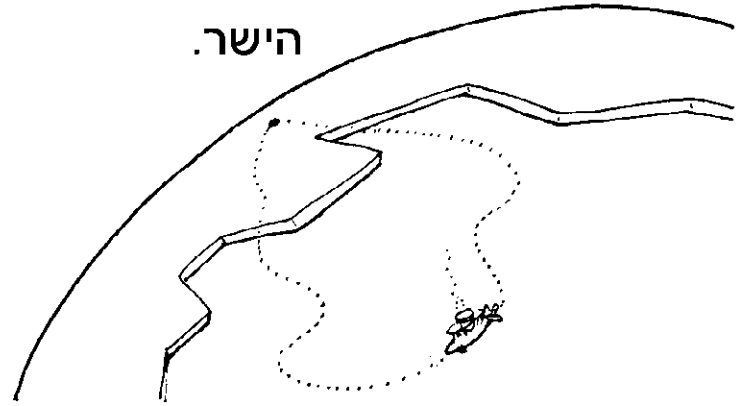




לדוגמא, הקו הישר המחבר בין נקודה א' לנקודה ב' הוא זה שאנו עוברים כשאנו נשארים במקום. המרחק המפותל (2) מכניס לתמונה את המהירות. אנו יודעים שבתנאים אלו הזמן הנקי של הנוסע (בניגוד לזה של חסר התנועה) עובר לאט יותר.



המרחק האמיתי בחלל זמן שלנו הוא הזמן הנקי שעובר. מנקודת מבט כזאת, המרחק המפותל הינו "קצר יותר" מזה הישר.



מדהים כמה צריך לעבור
בשביל להשאר באותו
מקום!



הנסיעה המטורפת

סופי, מה זה
הכוכבים?

אלו שמשות, כמו
השמש שלנו

כן, אבשלום

אז אם העולם שלנו סובב סביב
השמש, את חושבת שלשמשות
האחרות יש גם כוכבים שמסתו-
בבים סביבם, כמו הכוכב שלנו?



לאור לוקח ארבע שנים להגיע
אלינו מהשכן הקרוב ביותר שהוא
כוכב אלפא

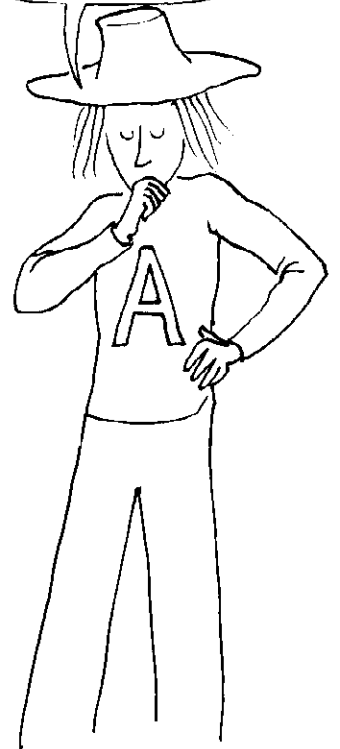


והכוכב הקרוב ביותר
אלינו נמצא איפה?



לעומת זאת, כוכב פלוטו, שנמצא
במערכת השמש שלנו, רחוק מאיתנו
ב-5 מיליארד קילומטר, זאת- אומרת
קצת פחות מחמש שעות שמש

זאת אומרת...
ארבעים אלף מיליארד
ק"מ!



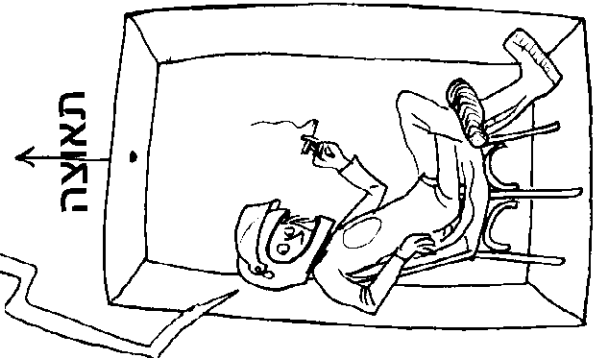
זה כמעט פי עשרת אלפים יותר רחוק.
כמה שהיקום גדול!



מר אלברט הסביר לי שצריך כמויות מטורפות של אנרגיה בשביל להגיע למהירות האור. אפילו בשביל לעבור את ה 100,000 ק"מ לשניה

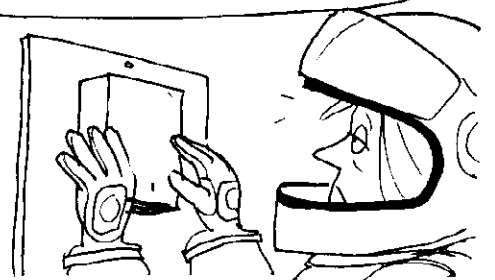
נניח שיש לי מנוע שמאפשר לי תאוצה קבועה בגודל g , זאת אומרת שהמהירות שלי תגדל בכל שניה בעשרה מטרים לשניה

כח המשיכה שישרור בחללית יתאים למשקל שלי על כדור הארץ כך שאוכל לסבול את זה כמה זמן שארצה

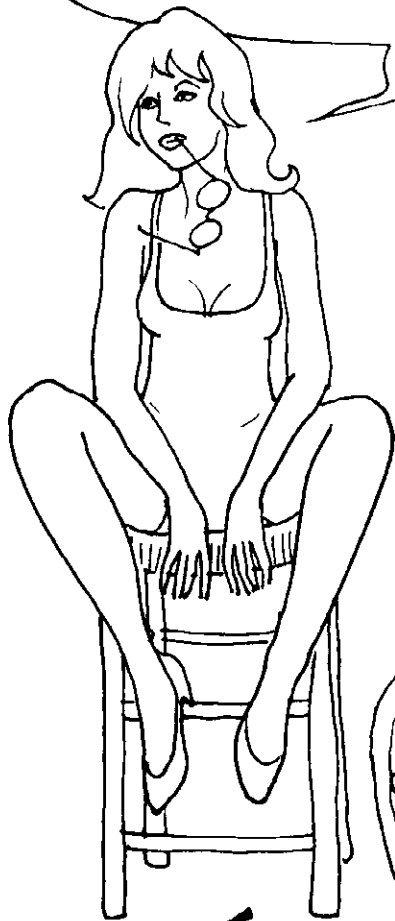


בקצב כזה, אזדקק לארבעה חדשים בשביל להגיע למהירות שיוט של 10,000 ק"מ לשניה. בזמן הזה אעבור מאית מהדרך

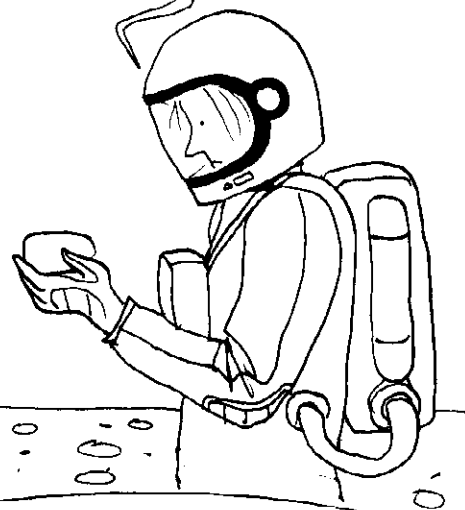
יישארו לי אז עוד 12 שנים של מסע, בנוסף לארבעה חדשים בשביל להאט



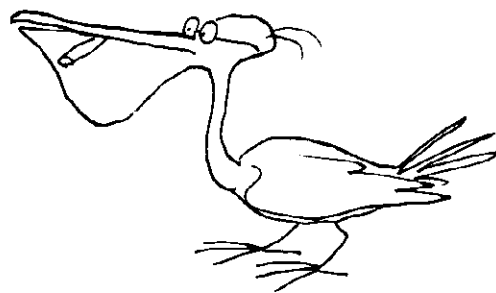
מעטים הסיכויים לכך שאנחנו היחידים
שחיים ביקום. בכל מקרה, אם קיימים
כוכבים מיושבים הם עלולים להיות הרבה
יותר מרוחקים מארבע שנות אור!



ואתו זמן אם ארצה
לחזור ולספר מה
ראיתי שם



בקיצור, אם ניסע בתנאי
הפארק הקוסמי, נצטרך
להקדיש לזה את כל החיים!



הילד הזה אף פעם
לא יפסיק?



אז... מה לעשות?

האם מסע כזה
אפשרי בכלל?



לנסוע במהירות גבוהה ממהירות האור זה לא אפשרי, זה כמו
לרצות לרדת עמוק יותר ממרכז הפארק הקוסמי!



הפארק הקוסמי
אולי אינו הדגם
המושלם



אבל כל זה לא אומר לי איך להגיע
לכוכבים רחוקים בזמן סביר...





סוף