

تأليف جون بيار بوتري  
ترجمة: نسيمه زوبيري

الرجل الذي يرسم أسرع من ظلّه

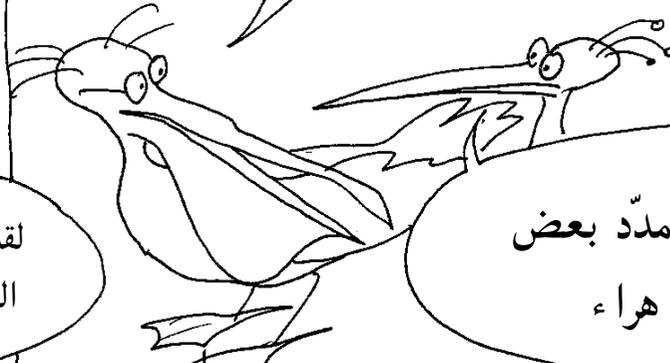


يظهر عليك الاضطراب يا صاح  
ما بك؟



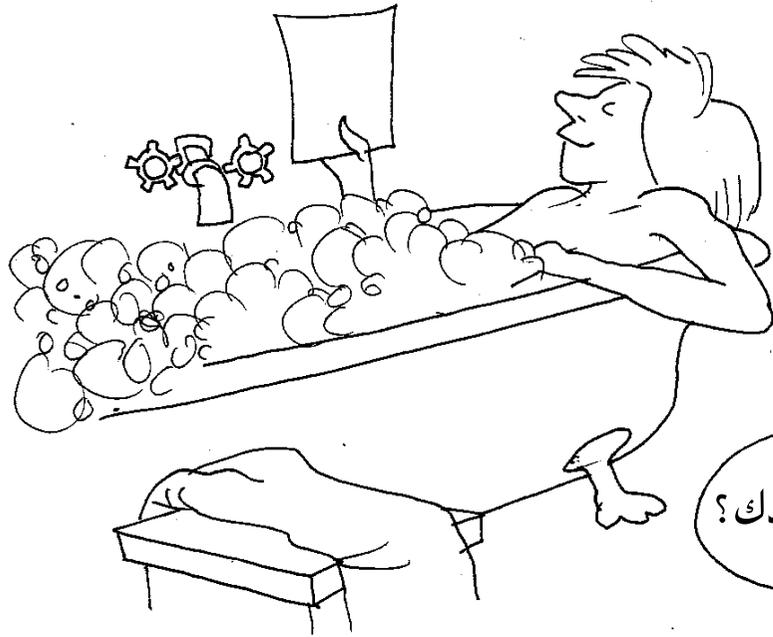
لقد أتيت للتو من مؤتمر للفيزياء  
الفلكية، لا تسألني من فضلك

النقاش الأول كان حول تمدد الكون، كانوا يريدون معرفة مكان حدوث تلك  
الظاهرة و هل تتمدد الأرض؟ لا! سوف نعرف ذلك! ماذا عن النظام  
الشمسي؟ ايضا لا! هل المجرات في تمدد؟ أبداً



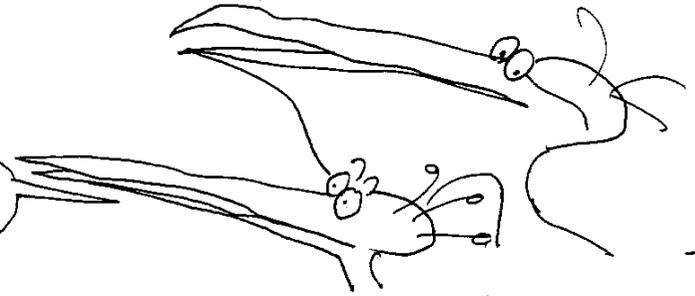
أعتقد أن الكون يتمدد بعض  
الشيء!؟ هذا هراء

بيار



تؤكد الملاحظات أن بنية الكون تعترتها فجوات كل سنة

تعترتها فجوات؟ ما قصدك؟



بعد اكتشاف امكانية تجمع المجرات في  
شكل عناقيد مثل العذراء أو كوما  
التي تشبه ألف مجرة أعتقد أن الكون  
قد يتخذ بنية تراتبية

الأمر المرح في العلوم هو ظهور كلمات تتضخم ثم تنفجر  
كالفقاعات, مرّ علينا وقت لم يكن لعلماء الفيزياء الفضائية  
سوى كلمة العنقود العملاق و فجأة تبخّرت الكلمة

تماماً

ربّما لأنّهم لم يعثروا عليهم قط

بينما وجد رواد الفضاء مكاناً تتجمّع فيه المجرات في شكل صفيحة  
و سموه السّور العظيم

و أخذنا في البحث عن  
عناقيد عملاقة

و ما وجدنا؟

ما يعني احتواء الصفيحة على الكثير من المجرات  
التي يحيط بها الفراغ

مع مرور الزمن ازدادت الملاحظات دقة و نعلم اليوم  
أنّ المجرّات و المادة توجد حول فقاعات فارغة قطرها  
يساوي مئة مليون سنة ضوئية

بالتالي حلّ مشكلكم,  
يحصل التمدد داخل  
الفقاعات

اه, بالتالي عناقيد المجرّات, تكتلّت المادة  
هاته قد تكون في نقاط التّواصل لثلاث  
طبقات من هذه الفقاعات, و لكن كيف  
تتكوّن هاته البنية؟

للأسف يا عزيزي ليس لدينا أدنى فكرة

أعتقد بوجود شكل ما لذلك ففي أيّامنا  
هاته نعمل أشياء جيّدة بالحاسوب

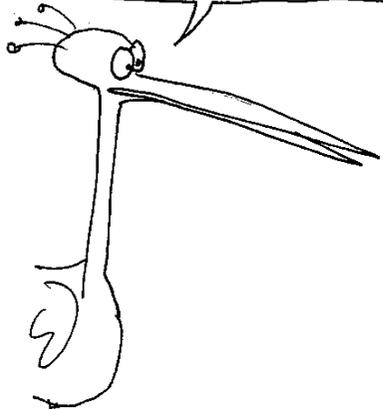
البعض يعمل محاكاة  
بالمادّة السوداء الباردة و  
لكنّها غير مقنّعة

لا أرى شيئاً

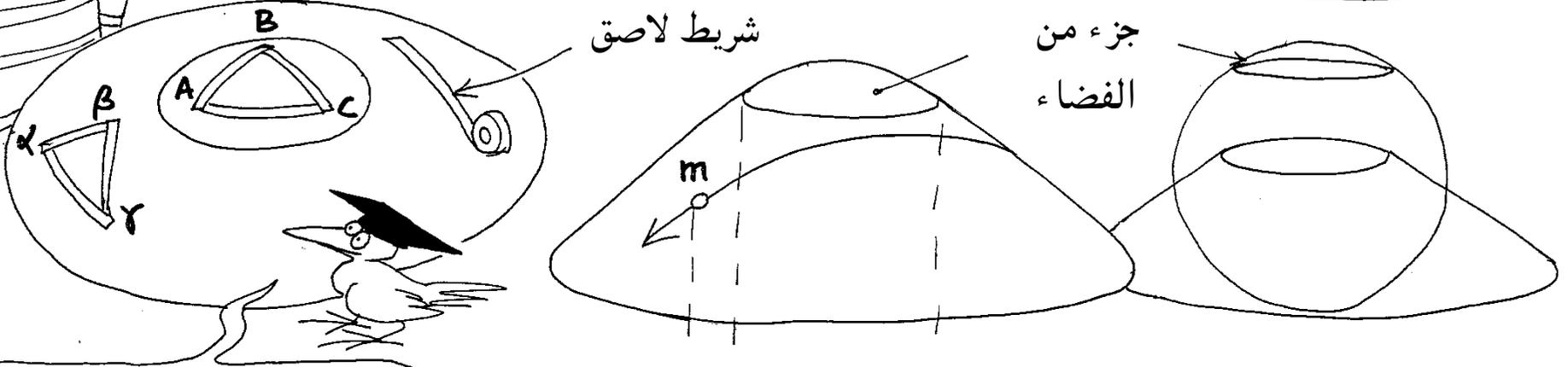
أكيد, انها مادة سوداء

سيد ألبرت, أخبرنا عن رأيك فمند  
عشرين سنة لم نسمعك على هذه  
الصفّحات

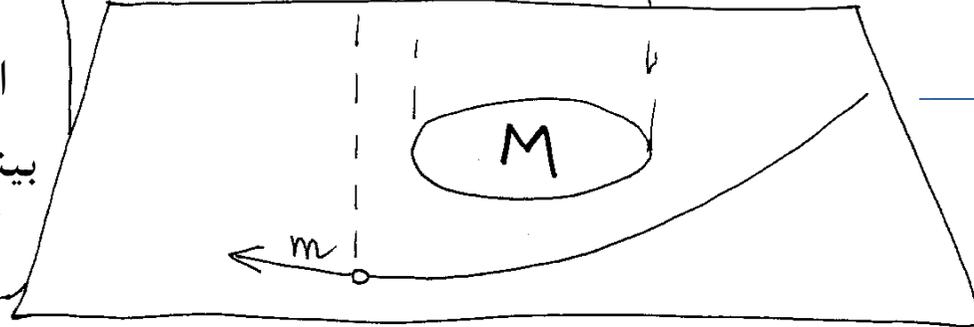
مازلت على فكرتي الأولى: تعويض القوّة بالهندسة



خذ شيئاً بكتلة  $M$ . نجمة, كوكب, أي شيء. بالتالي الكتلة  $m$  تجول في المحيط, يتأثر مسارها بالقوة الجاذبة التي تطبقها الكتلة  $M$  عليها. يمكننا التعويض على بُعدين بمخروط خشن و بشريط لاصق نثبت على المساحة جيوديسية ان عكسناها على المخطط تعطي نفس المسار و بذلك فإن الكتلة جزء من الفضاء (صفيحة كروية) تمتلك بعضاً من التقوس



تذكير\*: مجموع زوايا المثلث  
المرسومة على الجزء الخشن  $A+B+C > \pi$   
بينما تلك المرسومة على الجذع فهي  
ألفا + بيتا + غاما =  $\pi$



لأنّ الكتلة تساوي التقوس فاننا نتفق انه ان كان  
الكون فجوي فهو ممهد بمناطق بفضاء الابعاد  
الثلاثة التي تمثل تقوساً و هي مفصولة بمناطق غير  
مقوسّة

تمام, لكن يصبح من الصّعب وصل أجزاء  
الفضاء الثلاثيّة الأبعاد المقوسّة بأجزاء الفضاء  
الثلاثيّة الأبعاد الاقليدية

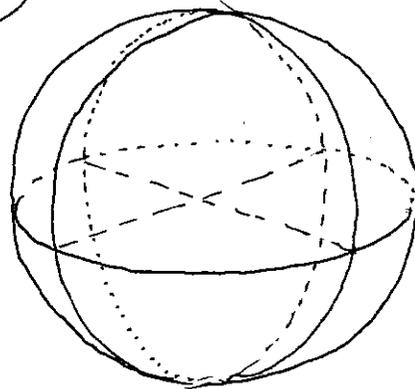
مسطحة اقليديّة, صحيح؟

أجل, لكن ما  
قصداك؟

انما يمكننا فعله على صورتك  
السابقة ذات البعدين

أنظر, اخذ كرة بينغ بونغ

أقسمها الى ثمانية



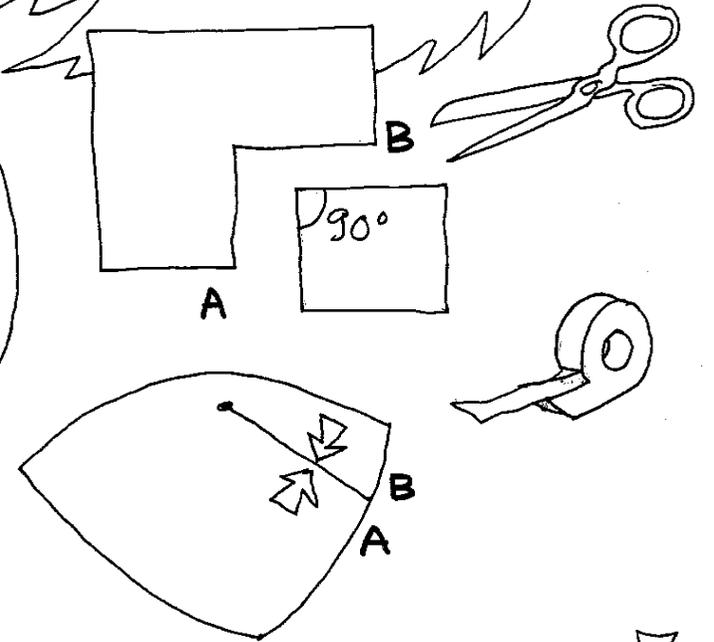
لماذا ثمانية؟

لأنّ للمكعب ثمانية قمم

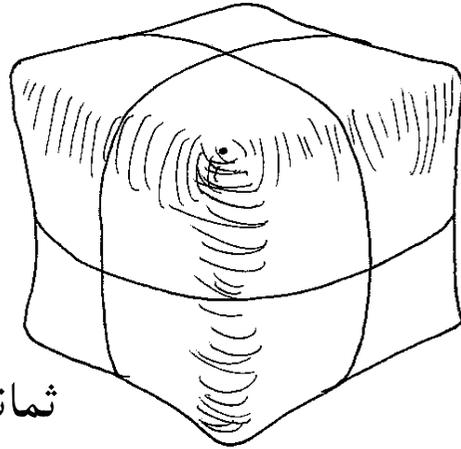
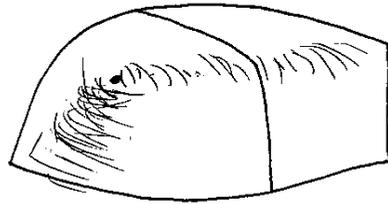
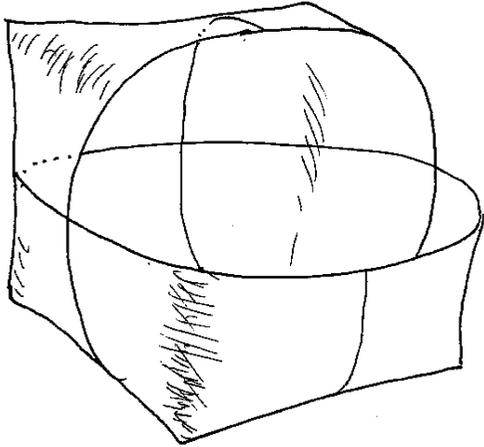
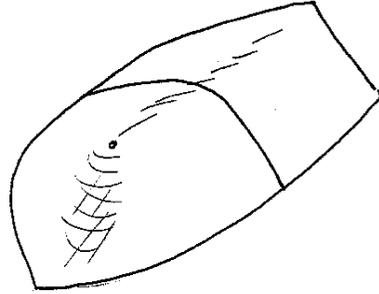
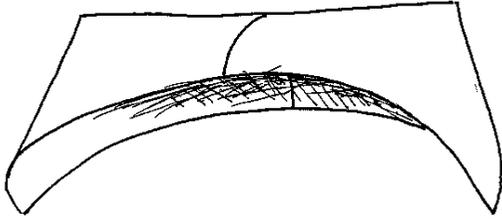
فهمت

بدأت أفهم ما يجول في  
بالك

انّها مسائل تقوّس كلّي سبق وأن فصلناها في كتاب سابق، تلك المتعلقة  
بالفضاء هي  $4p$  و بالتالي ففي ثمن الفضاء تقوّساً موزعاً يساوي  
 $4p/8 = p/2 = 90^\circ$  و نفس الشيء يخص المقطع المبني بقطع  
 $p/2 = 90^\circ$  بذا نحصل على نقطة تقوّس مركزية



مقطعين



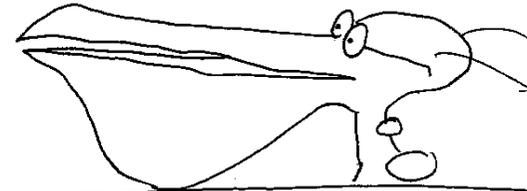
ستة

ثمانية



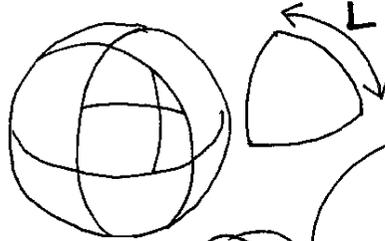
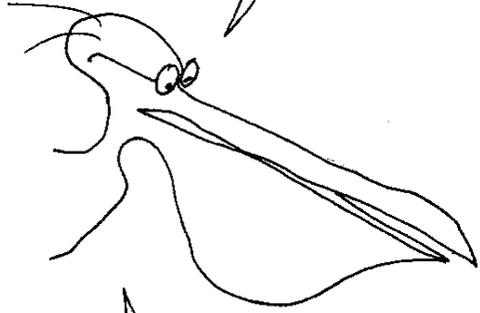
يمكن لأنسالم بذا وصل ثمانية نقاط  
مخروطية تحوي تقوسات مركزة تساوي

$$\pi/2$$

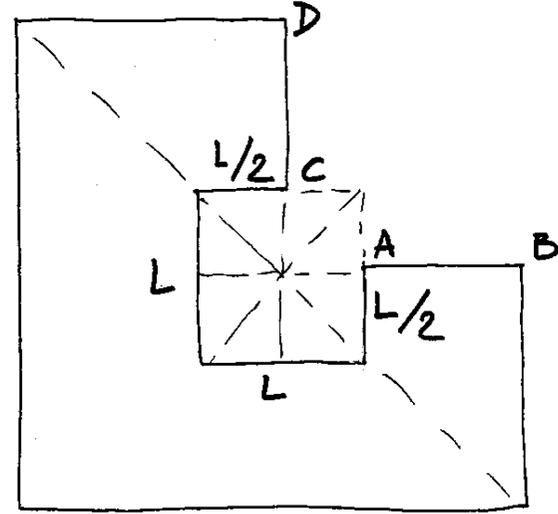


و أين هي الأضلاع؟

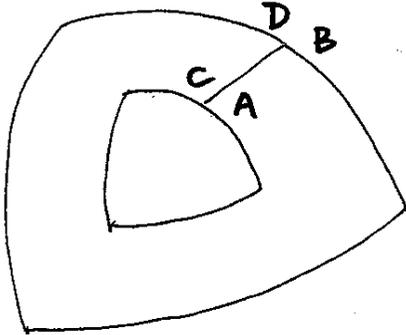
جميل, و ما سنفعل بثمن كرة  
البنغ بونغ



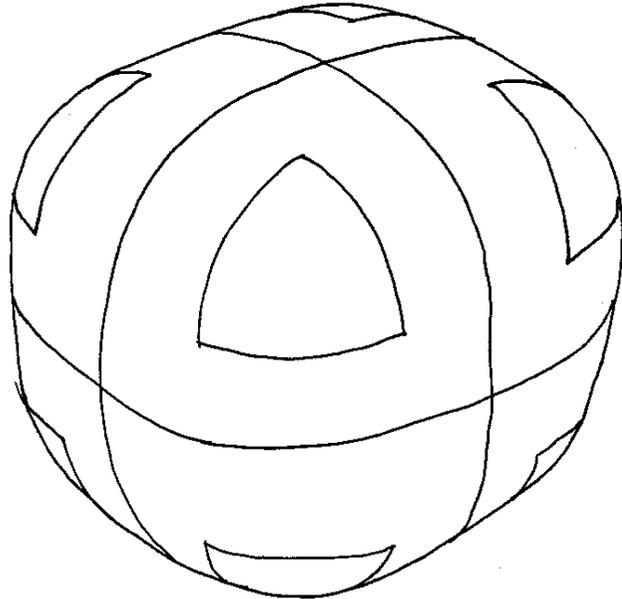
ربما قد فات عليّ  
بعض الأمر و لكنني  
فهمت, ستري



يجب اعدادا ثمانية عناصر كالتالي



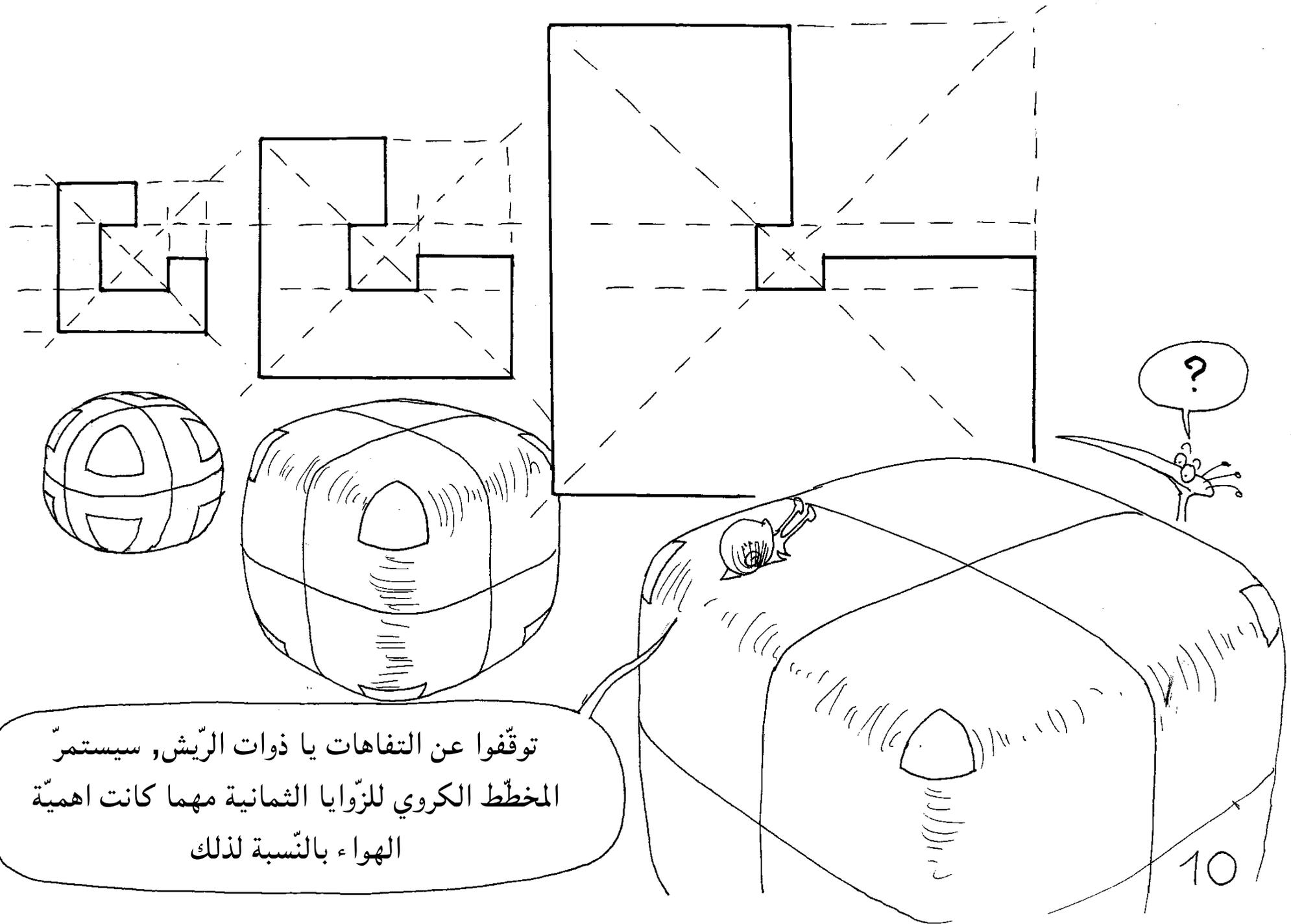
لم يبقى سوى وضع الزوايا الكروية



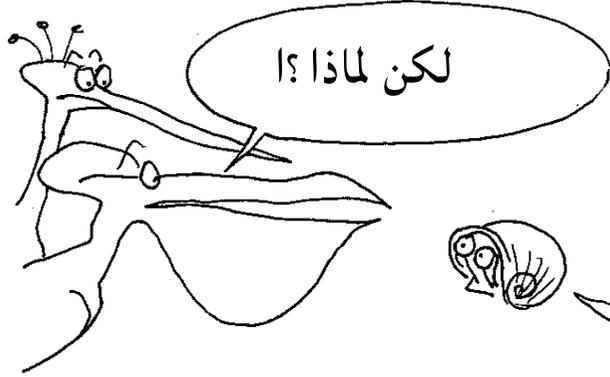
و بذا ترتبط هذه  
الأخيرة



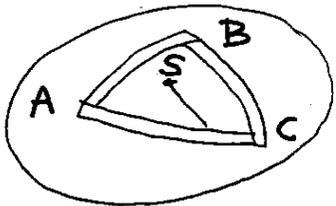
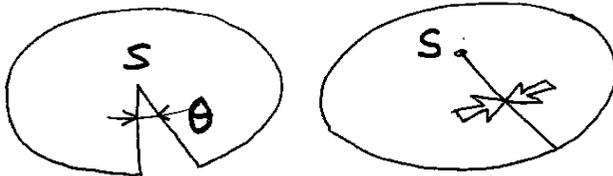
انها ضربة حظ



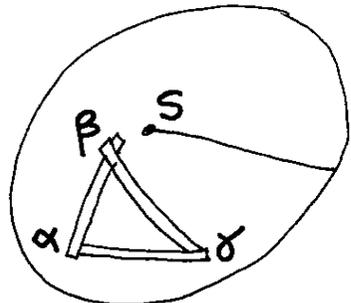
توقفوا عن التفاهات يا ذوات الريش، سيستمّر  
المخطّط الكروي للزوايا الثمانية مهما كانت اهمية  
الهواء بالنسبة لذلك



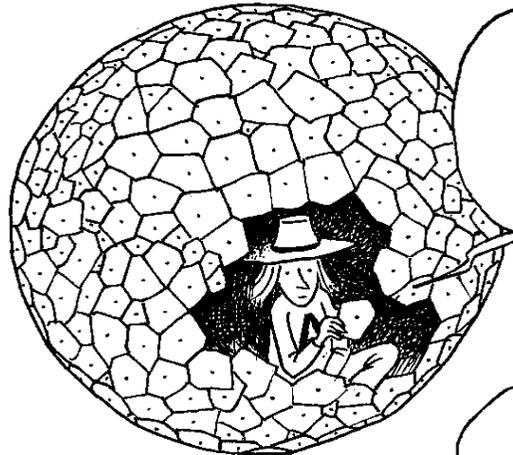
اقرأ الكتب التي ظهرت فيها لمدة ثلاثين سنة! (الثقب الأسود, صفحة 8 و ما بعدها) اصنع زاوية كروية  $\theta$  ان رسمت مثلثا من ثلاث جيوديسيات ستحصل على شكلين, اما أن يحتوي المثلث على قمة المخروط  $s$  و بذا مجموعة الزوايا ستساوي  $\pi + \theta$  أو أنه لا يحتويها و بذا فالمجموعة الاقليدية ستساوي  $\pi$ . ان ألصقت معاً زاويتين كرويتين تمثلان معا قطع  $\theta_1$  و قطع  $\theta_2$  فمجموعة زوايا المثلث ذو القمتين  $s_1$  و  $s_2$  تساوي المجموعة الاقليدية  $\pi$  المضافة ل  $\theta_1$  و  $\theta_2$



$$\hat{A} + \hat{B} + \hat{C} = \pi + \theta$$



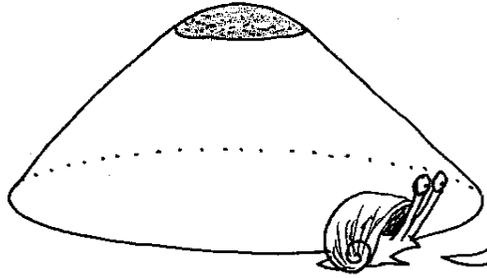
$$\hat{\alpha} + \hat{\beta} + \hat{\gamma} = \pi$$



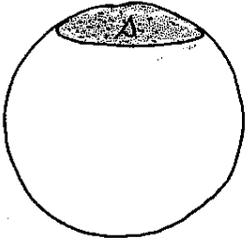
بتجميع عدد  $N$  على أكبر قدر ممكن من المخروطات الصغيرة ذات الزوايا  $\theta$  يتضح لي أنه عندما يكون  $N \times \theta = 720^\circ$  أحصل على طبقة

هلاً خرجت من هناك يا عزيزي؟

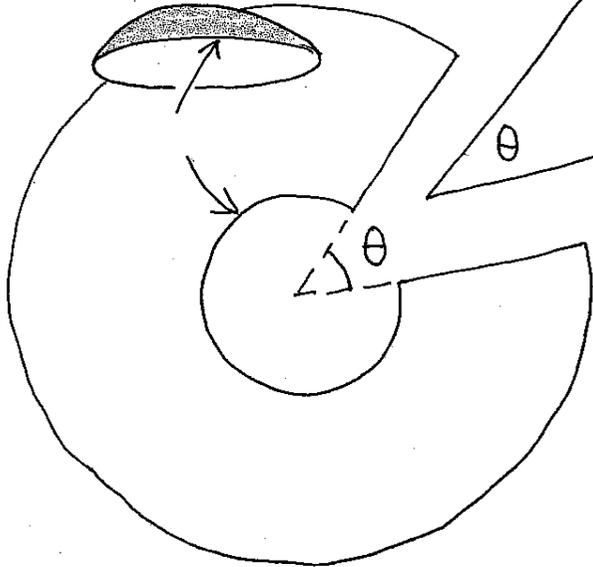
هيا



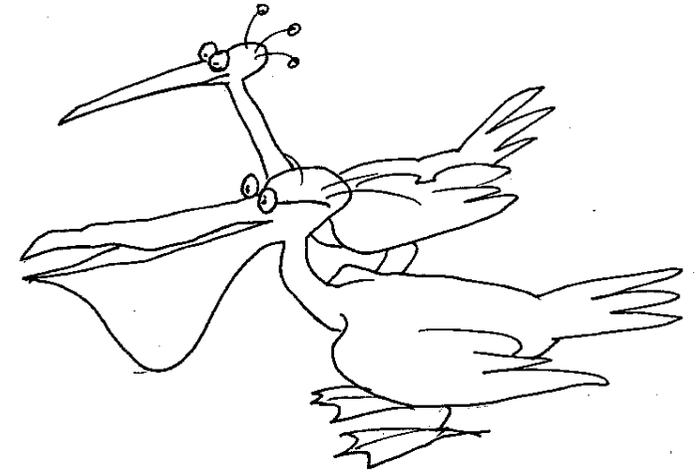
عندما تريد وضع شيء مقوس  
داخل الاقليدي يكفي التأكد أن  
الأقواس متوافقة, لنفترض أنك  
تريد صنع مخروط



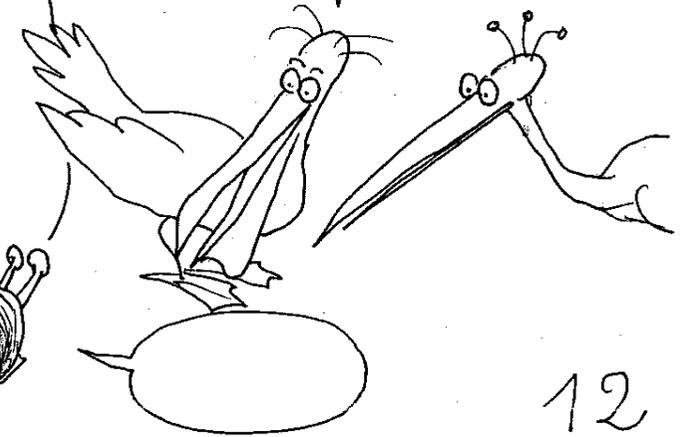
كمية الانحناء المحتواة داخل الصفيحة  
الطبقيّة تساوي  $\Theta = 720^\circ * s/4\pi R^2$



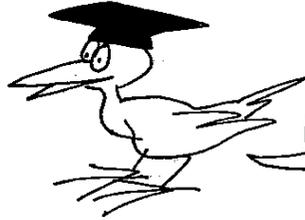
جانب المخروط هو جزء مرتبط  
بقطع الزاوية  $\theta$ . يكفي أن  
نقطع قمة المخروط بحيث أن  
الحواف تنتظم و ننتهي من الأمر



!?



ان فهمت جيداً فانّ المادّة في الكون تشغل ما يشبه الجزر المحاطة  
بفراغ كثير حولها أو بينها, لكن ما هو الفراغ؟



لا يوجد فراغ مليء بالاشياء عند الفيزيائي الا ان كان الكون كله عند  
صفر مطلق و انه لمن المستحيل عزل الفراغ حتّى بأفضل العوازل فهاته  
الأخيرة ستضيء و الفراغ سيُملأ بالفوتونات الناتجة عند الفاصل \*

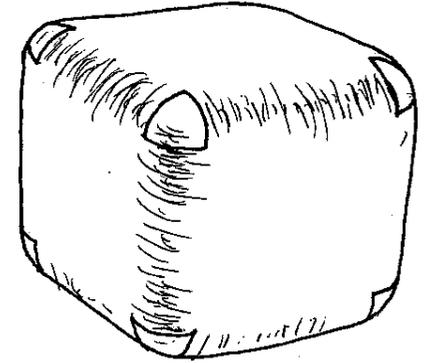
أي ان الفراغات بين المجرات قد مُلئت  
بفوتونات النجوم؟



وضع اعادة قراءة الانفجار العظيم, بيّنت الملاحظة سنة ١٩٦٧ وجود فوتونات عديدة جدا (مليار مرة اكثر من عدد جزيئات المادّة المكوّنة  
لأساس الاشعاع الكوني على  $3^\circ K$  و تلك الصّور هي التي تمثل ما يسمى بالفراغ الفضائي و هي التي تشغل الفقاعات ذات اقطار  
مئات الملايين من السنوات الضوئية

\* تتعلق ب  $h\nu = hc/\lambda = k T$  حيث  $T$  هي الحرارة المطلقة للجدار الفاصل  $c$  سرعة الضّوء,  $h$  ثابتة بلانك و  $k$  ثابتة بولتزمان

عامة فان الصورة المقدمة من انسالمة الخاصة بالمكعب  
ذوي الزوايا الثابتة المقوسة الثمانية المرتبطة بسطح قابل  
للتمدد و " فراغ من فوتونات مترابطة " لا بأس بها



لكن الفوتونات تتحرك, انا لا أفهم  
هذه الصورة للفوتونات المترابطة

معك حق فالأمواج ايضا تتحرك, بالتالي يجب تصور موجات قصيرة و عشوائية تحركها امواج ليست بأطول من خمس  
مليمترات

ان كانت الموجات الصغيرة تتمدد  
فذلك يعني موجات جديدة

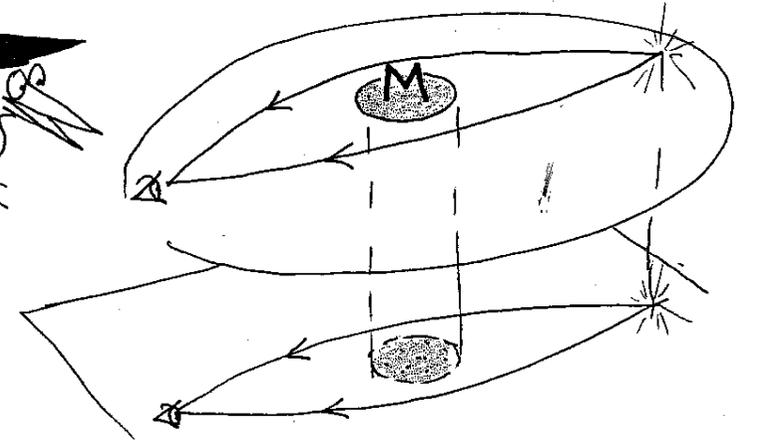
بل الأمواج هي التي تتمدد. طول موجة الفوتونات  
الكونية  $\lambda$  مثل البعد R الكوني

صوفي, الطاقة المحتواة في الفضاء هي مجموعة جزيئات الكتلة اي  $m$  أي  $mc^2$  و التي لا تتغير اذا كانت  $m$  و  $c$  معاير ثابتة, و من الطاقة  $h\nu = hc/\lambda$  فوتونات كسمولوجية و ان لم يتغير عددها بينما طول موجتها  $\lambda$  يزيد كحجم  $R$  للكون فذلك يعني أن طاقتها تنقص و بالتالي فالفضاء يفقد الطاقة

لا تتصور بأن الكل بتلك البساطة فالمثال الكوني شيء هندسي بسيط, حلّ لنظرية اينشتاين الغير قادرة على تسيير وجود الجزيئات و المرتبطة بالالية الكمية كما نعلم جيدا أنها لا تتوافق في مجملها

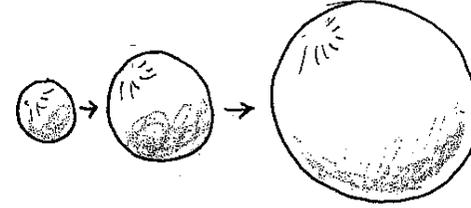
### الثمانية

بطريقة أخرى نأخذ مساحة رباعية الأبعاد و نضع عليها جزيئات, هذه الفرضية تسمح بتنبؤات للفوتونات, و نقصد انحيادهم بكتلة تحت فعل عدسة الجاذبية و الذي أثبت سنة ١٩١٥ بعد كسوف تام للشمس

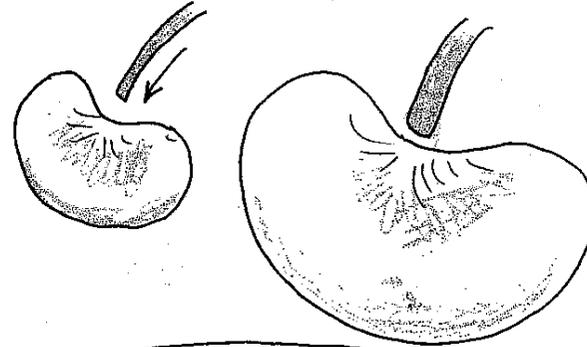


فعل سراب الجاذبية

## المثال الكوسمولوجي



نفخة هواء بارد



يمكننا التحدث عن  
حقل حراري



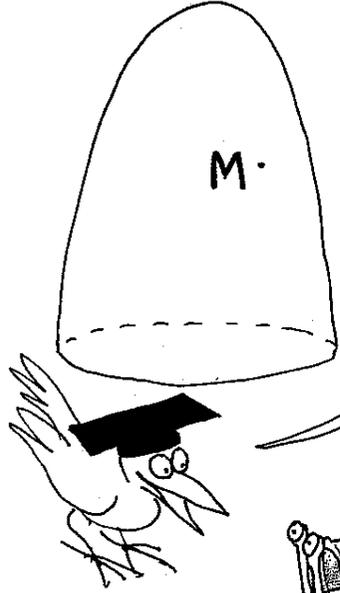
المثال الكوسمولوجي هو حل لمعادلة حقل مثل معادلة اينشتاين  
 $S \leftarrow XT$  و التي تقرأ في جهة السهم, يمثل  $T$   
المحتوى من الطاقة و المادة الكونيتين و التي تحدد هندسة  
السطح الخارجي في اربعة ابعاد و الذي يمثل الفضاء و الوقت و  
الذي يوضح كيفية ان توزيع الطاقة في شيء يحدد هندسته,  
لنتصور صفيحة لديها شكل طبقة ذات حرارة عادية, فلنسخنها  
بطريقة عشوائية كوضعها في وسط غازي تزيد حرارته تدريجيا  
ثم نبرد جزءا بهواء بارد فنلاحظ تمدد الصفيحة و بالتالي  
فهندسته تعتمد على قيمة حرارة المحيط. ان وضعنا طبقة مثقوبة  
في حرارة غازية متزايدة سنلاحظ تمددها محافظة على شكلها  
الطبقي, اما ان بردناها في الوسط فتتخذ شكل الفول السوداني

أنسالم قد بنى مثال هندسي ببعدين لفضاء غير متجانس مع  
امكنة لا تتمدد محاطة بفراغات كبيرة و التي تمثل خاصية  
مفتاحية للفضاء الذي نعرفه اليوم بينما كان الفضاء يمثّل في  
شكل غاز متجانس و ذي جزيئات مجرّية\* في الماضي و دام  
ذلك لأمد بعيد و لكن في ايامنا لا أحد يمكنه تمثيل نظرية  
أينشتاين و التي لا تمثل استواء الطبقة S3 و بالتالي نحاول  
وصف عالم ليس بالمتجانس اطلاقا و لكنه مغلوّط بايجاد  
حلول سهلة و متجانسة

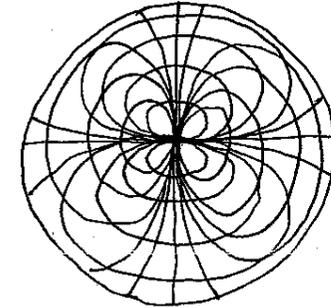
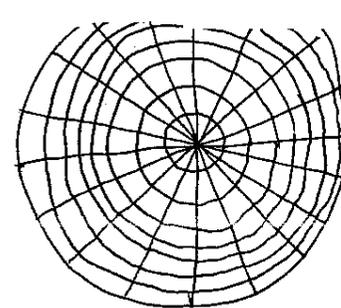
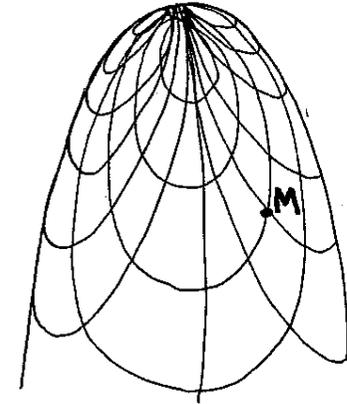
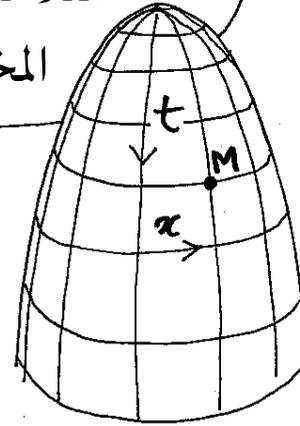
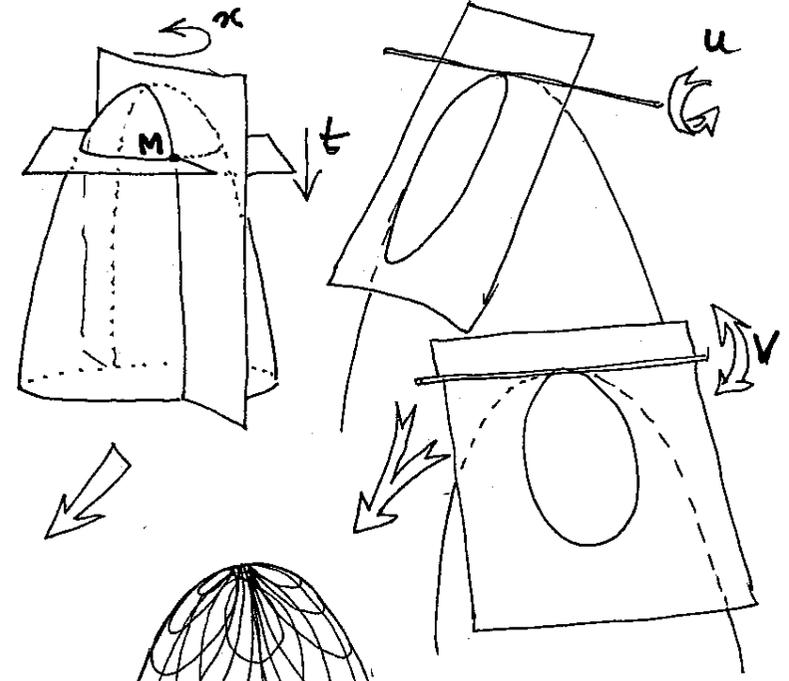
و لكن عندما نأخذ بمعادلة حقل كتلك لأنشتاين في شكل  
مساحة كبيرة رباعية الأبعاد, ماذا يمكننا فعله, ستوفز بلاكول  
على صاحب الخريطة أنى يضع عليها معالم  
بحيث توضع الثلاثة نقاط الأولى عليها بينما تترك الرابعة  
لتمثيل الوقت و هنا بالضبط تعطي الهندسة المشعل للفيزياء



\* فضاء مليء بالغبار لأن سرعة المجرات كانت قليلة بالنسبة ل C



لنعتبر مساحة ما في شكل مقعر من الزبدة،  
 يمكننا ان ندرك موقع النقطة  $M$  بالاستعانة  
 بعددين نسميهما المعلومات و لكن لنفس  
 المساحة عدد غير محدود من المعلومات. يمكننا  
 مثلا تقسيم هذه الأخيرة الى عائلتين من  
 المخططات حسب نوع الانحناءات

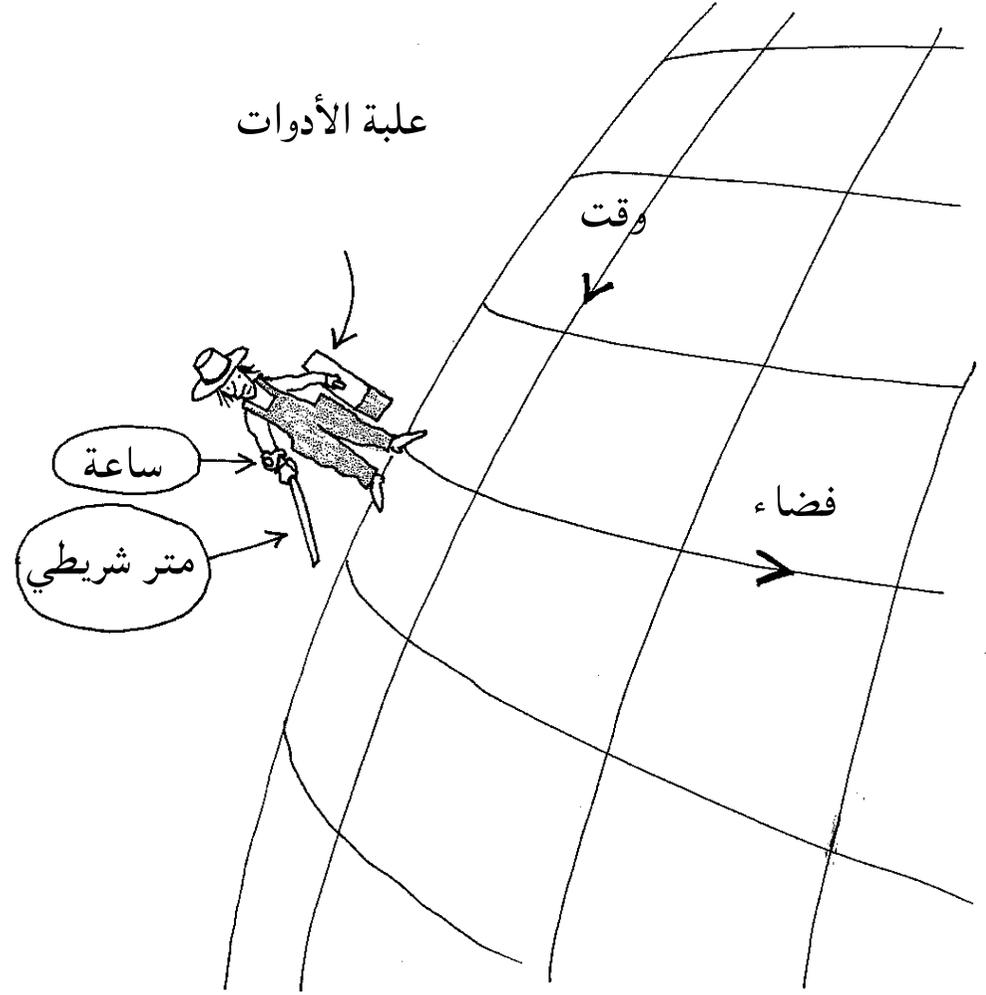


لو كان على هاته المساحة من الزبدة اظهر  
 صورة الزمن و الفضاء ببعدين فلا بد من  
 وجود خيار محدد من المعلومات التي  
 تبين بدون غموض الفضاء و الزمان

## أرسم لي كبشاً \*

أحد التغيرات الكبرى التي يمكن ملاحظتها منذ بداية القرن الحالي هو أننا نعيش في فضاء ليس له ثلاثة أبعاد بل أربعة، وفي زمن المعادلات كنا نضيف المعلومة الى ما كان لدينا من قبل مثل معادلة ماكسوال المتعلقة بالالكترومغناطيسية. أحضرت ظواهر جديدة ملاحظات جديدة مثل الشحنة الكهربائية و قد حظي الفيزيائي بعبلة أدوات مليئة بالمعادلات الحرة أو التي تبين ثوابتاً

G ثابت الجاذبية  
C سرعة الضوء  
m الكتلة الجزيئية أي ذرات و الكترونات  
h ثابت بلانك  
e شحنة كهربائية جزيئية  
 $\mu_0$  النفاذية المغناطيسية للفراغ  
 $\alpha$  ثابت البنية الرقيقة أي هندسة الذرات



19 \* جملة يفقها جيداً من قرأ الأمير الصغير

لقد اكتشف أن نفس الذرات متواجدة في الفضاء كله و أن هذا الأخير يتطور و له ماضي و مستقبل و أننا نعيش في جزء صغير جداً منه فضاءً و زمناً

لقد أُتُشِفَ أنَّ الإشعاعَ و المادةَ ظاهرتين لشيء واحد الطاقة-المادة  
حسب قانون التوازن المعروف  $E=mc^2$  و كان الواجب ملاحظته عبر  
تجارب رائعة في الهواء الطلق



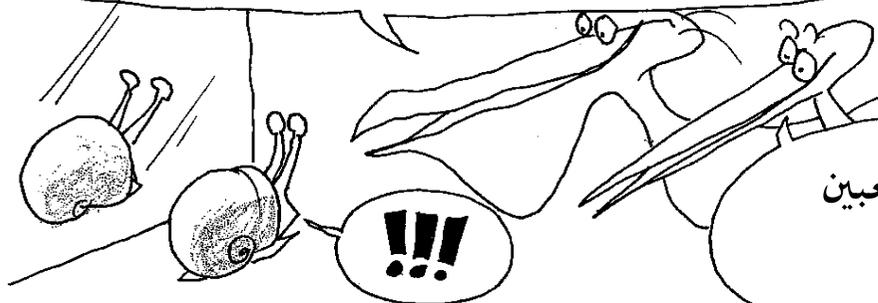
بقي أن ندرس محلياً  
مساحتها الكبيرة المسكونة

تخيّل أننا نعيش في مساحة تختلف انحناءاتها  
من مكان لآخر، يمكننا استعمال الورق الشفاف لنقل رسمها دون  
تغيير حجم هذا الأخير لنجدها على حجمها عند القلب و إعادة  
القلب (عدم التغيير المرئي)

سنفهم اذن أن النقل بالورق الشفاف لا يغيّر  
شيئاً في حالة القلب و تغيير المكان بشرط  
عدم المبالغة في ذلك \*

20 \* كأن هذه المساحة لا تتغير محلياً بالتدوير و التحريك

عزيري تيريزياس, أعلمت أن قوقعتك ليست نفسها في  
المرأة؟ هل أنت حلزون يميني أو يساري؟



ايوجد هذين الشعبين  
في الطبيعة؟

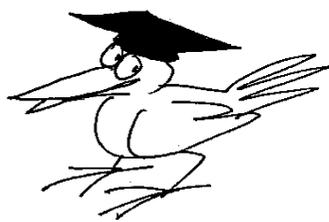
قلنا لا للسياسة في قصصنا  
المصوّرة يا هذا!

هذا التناسب سيجرنا الى العلاقة الازدواجية \* مادة-  
ضد المادة و التي تعكس الشحنة الكهربائية خاصة

$$\theta = -e$$

عدم تغيير حجم العنصر يبين أن كتلة  
الجزيء للمادة السوداء هي نفس كتلة  
الجزيء الذي يطابقه

$$m = m$$



\* تجربة تخيلها الرياضي الفرنسي جون ماري سوريو



لم يحدث شيء

نحن لا نتغيّر بفعل النقل الزمّني المكاني

سننقل عمليّة الورق  
الشفّاف بأربعة أبعاد

ماذا عن المناوبة في الفضاء  
الرباعي الأبعاد؟

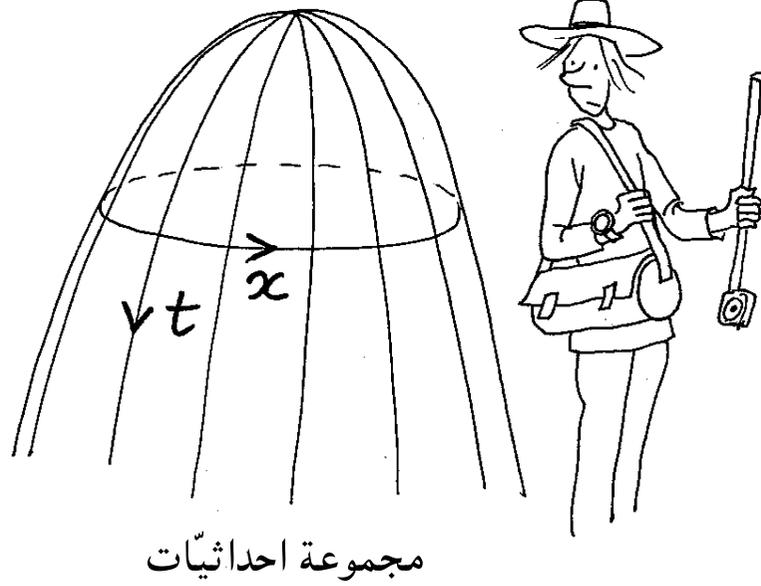
هناك ما يقابله و لكن يستحيل تمثيله لأنّ النقل بالورق  
الشفّاف الرباعي الأبعاد لا يتغيّر بمناوبات زاوية غير  
واقعية محضة والتي تمثّل مجموعة لورنس \*

تبقى علبة الأدوات الخاصة بالفيزيائي عمليّة للغاية في في زاويتنا  
الصغيرة من الفضاء و الوقت (اذا تقبلنا بعض الظواهر الفيزيائية الفلكية  
التي تطرّقنا لها في الكتاب المصوّر الفضاء التوأمي) نحن منجذبين  
للغاية لفكرة أنّ علبة الأدوات قد تكون عالميّة الاستعمال خاصّة أنّ  
الثوابت التي تظهر في المعادلات يمكن أن تكون مطلقة

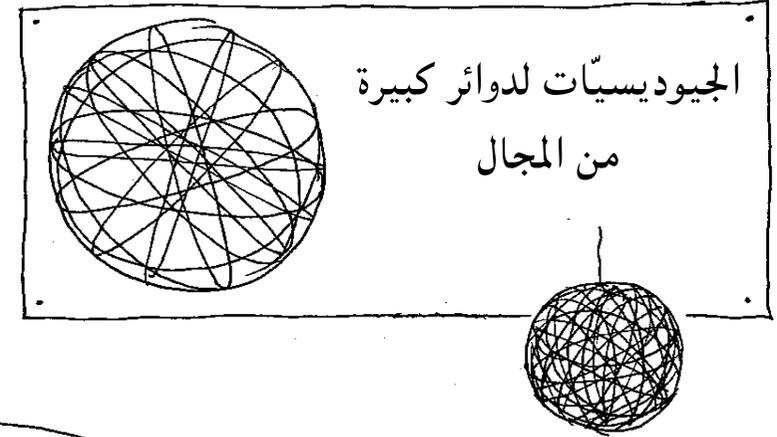
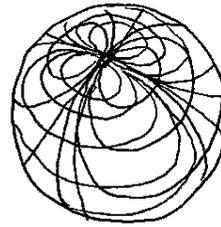
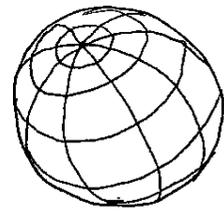


G c h m  
e a Mo

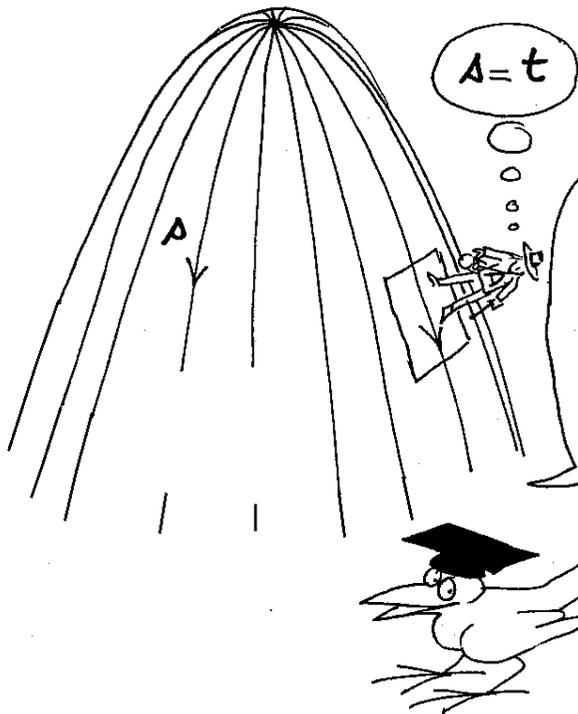
خاصية عدم التغيّر بالتناوب اللورنسي تلخص لحالها السمات المحيرة للنظرية النسبية المحدودة \*



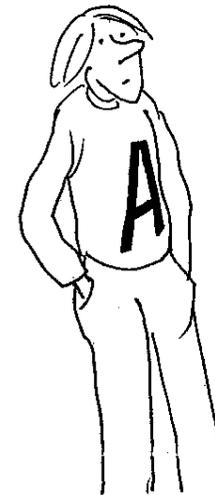
في السطح الذي يمثل حلّ لمعادلة أنشتاين هناك انحناءات خاصة لا تتغير مهما كانت انظمة الاحداثيات المختارة, أنّها هاته الجيوديسيات, و بنفس الطريقة هناك لانهاية الجيوديسيات التي تتوضع على طبقة ما بطريقة حرة غير متصلة مع نظام الاحداثيات و التي تساعد على تحديد مواضع هذه الأخيرة على السطح



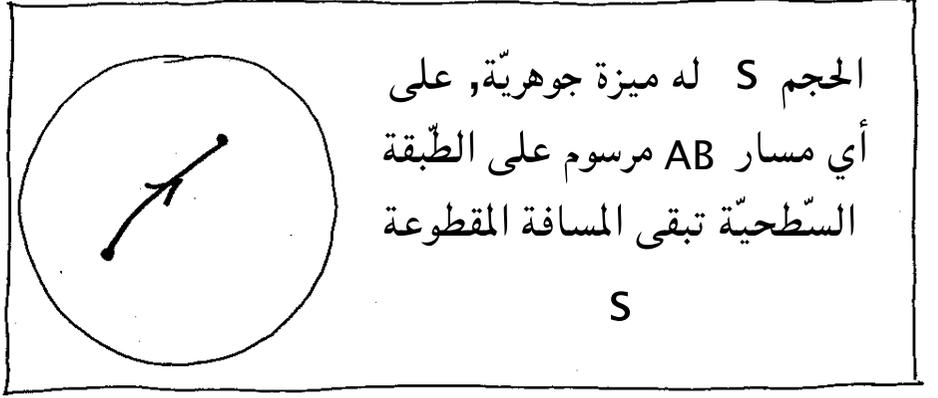
ثرياً من الجيوديسيات



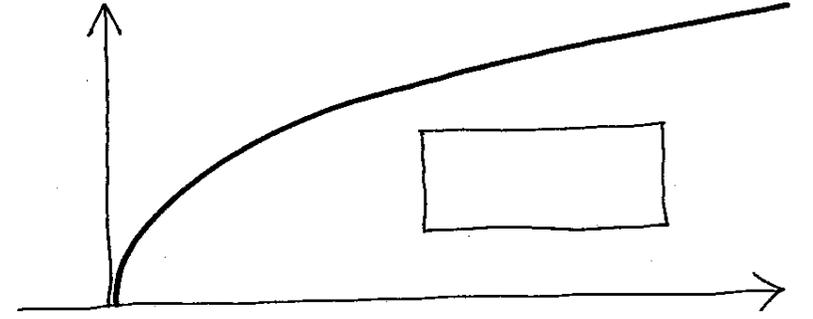
على المساحة السطحية سنختار عائلة من الجيوديسيات التي تلتقي في نقطة ما. سنتعرف على المحور السيني للانحناءات  $S$  المقاس طول انحناءاته المسماة خطوط الكون و التي ستعرف في وقت كوني  $t$



توجد مساحة سطحية مركبة بنفس الزمن و بثلاث أبعاد معرفة  
بفضاء فيزيائي مثلما هو الحال في الصورة المقابلة



النموذج الكوني و الذي يسمى أيضا بالنموذج  
النمطي هو حلّ  $Rs$



كلّ هذا مع مثال المعادلات الكامل و المليء بالأحجام  
 $G, c, m, e, \alpha, \mu$  و المعتبة كثوابت مطلقة و بالتالي  
فمعرفة  $S$  خلال الوقت كان يسير على ما يرام و هاته  
الفكرة هي ما اعطى نظرية الانفجار الكبير

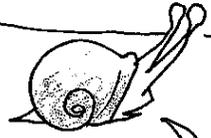


ثمّ ماذا؟



نسمي هذا الخيار بخيار الاحداثيات الجوسية 24

نجح هذا النموذج النّمطي في وقت ما بفضل المدافعين عنه، ثمّت أيضاً حسابات مستقبل الكون على أساس كثافتها التي قد تكون أعلى، أقل أو مساوية لقيمة حاسمة تساوي  $10^{-29} \text{gr/cm}^3$  \* واكتشاف أنّ الكون يسارع نحو نهايته رنّ جرس انذار هذا النموذج - انظر الفضاء التّوأمي



و عاد الانسان الى الماضي

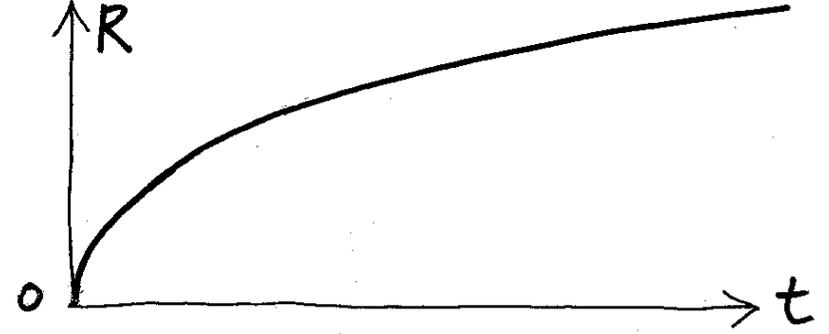
الميكانيكا الكميّة غير قادرة على وصف ظواهر تقل سرعتها عن

$$t_p = \sqrt{hG/c^3} = 10^{-43} \text{ sec} \quad \text{وقت بلانك}$$

$$L_p = \sqrt{hG/c^5} = 10^{-33} \text{ CM} \quad \text{أو تمتد على مسافات أقلّ من}$$

مسافة بلانك

لا أحد كان يشكّ أنّ ما يسير بشكل جيّد قد يبقى ذو قيمة في الماضي البعيد و لقد جرت عدّة مضاربات عن الحال الممكن للكون عندما كان أقل من وقت بلانك و هذا بدون الانتباه لوهلة أنّ ذلك يعتمد أساساً على أن تكون  $G$ ,  $h$  و  $t$  ثوابت مطلقة غير متأثرة بتطور الكون

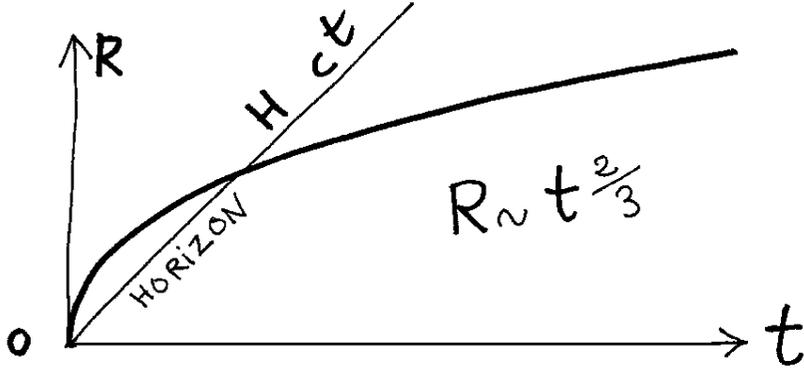


انتظري و يمكنني أن أعرض لكي الكثير من المقالات التي كتبها أناس جديون و الذين أظهروا أن مجرد لمس إحدى هاته الثوابت و ان افترضنا ادنى التغيرات في مسار التغير فإنّ ذلك سيُقحمنا في تضاربات لا تحتملها الملاحظة

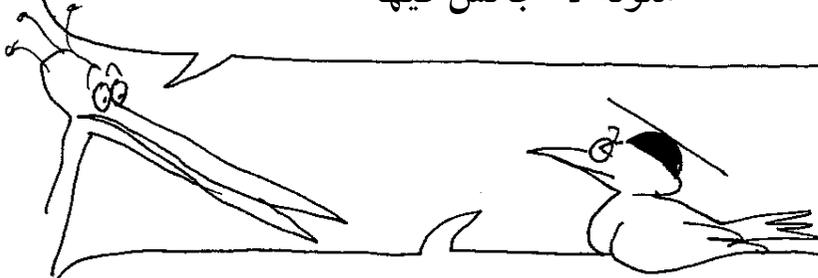
تحركوا, لا شيء يستحق الرؤيا هنا



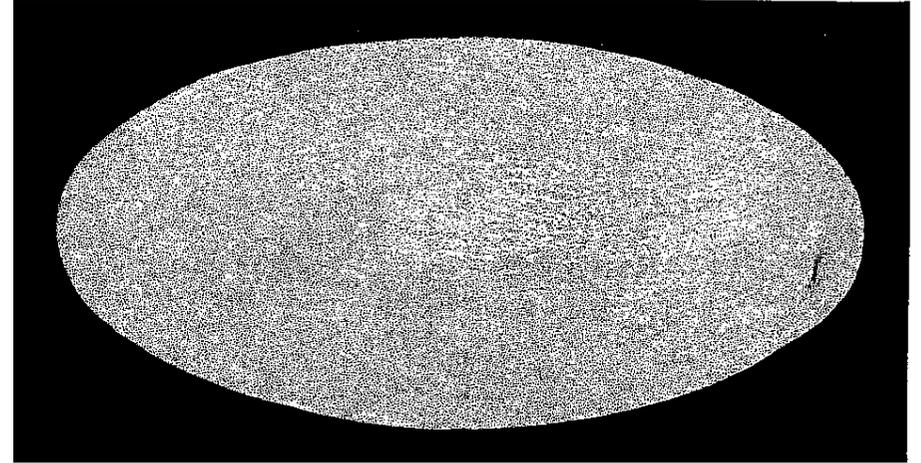
في سنة ١٩٩٢ قد أعطى القمر الصناعي كوب من خلال التقاطه  
لصور الاشعاعات الأولى للكون اثباتات أنّ هذا الأخير كان متجانساً  
للغاية



لا أفهم لما في المجلات و على الانترنت يعطوننا صورة  
ملونة لا تجانس فيها

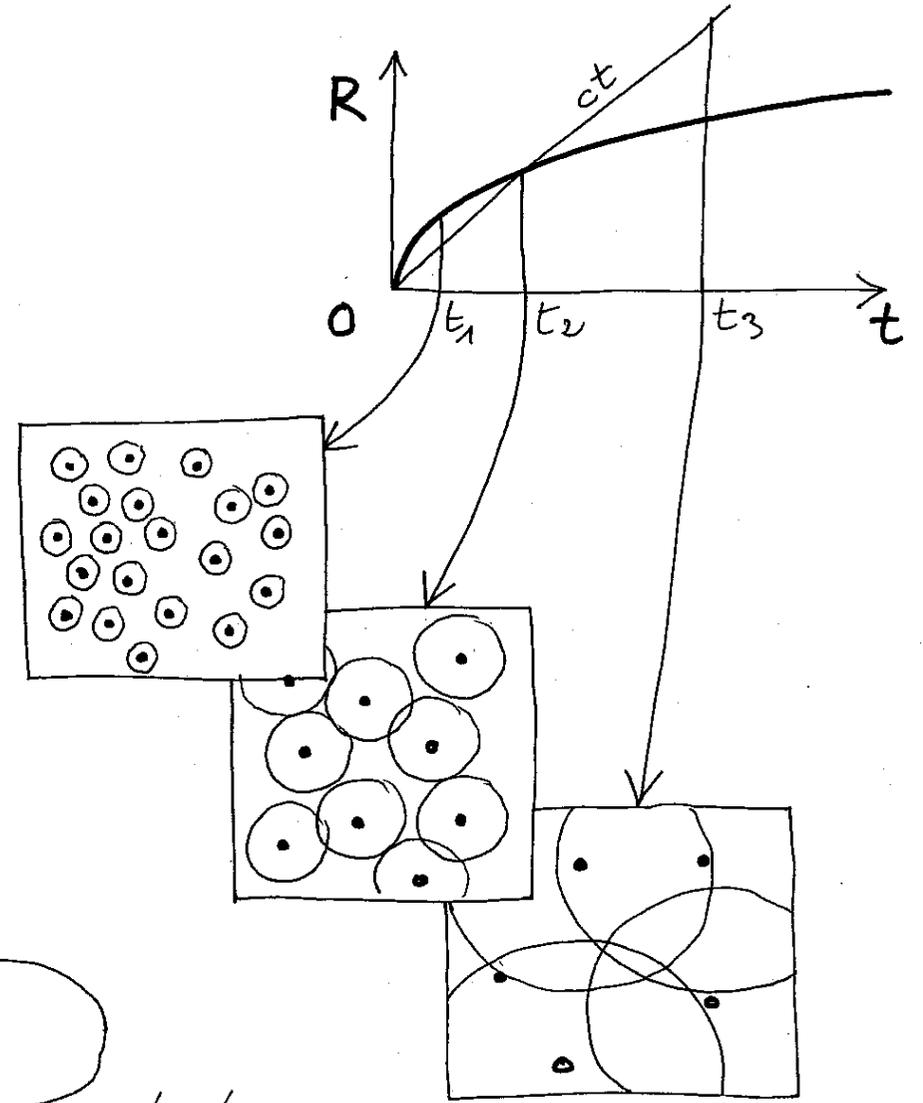


لأنهم يريدون توضيح التباين عبر الحاسوب أمّا الصورة  
الأصلية فهي تماثل الصورة المقابلة

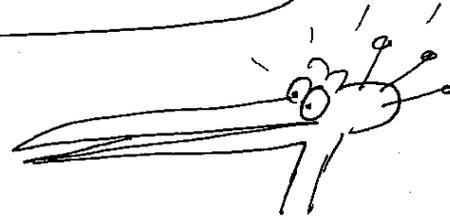


حصرياً: الكون البدائي

هذا التجانس الرائع يظهر تضارباً لا مناص منه. ان مانت  
 سرعة الضوء ثابتة فان موجة كهرومغناطيسية بسرعة  $C$   
 صادرة منذ اللحظة صفر ستمتد حسب كرة من  
 الاشعاعات  $ct$  تسمى أفقاً كونياً، و برؤية الانحناء في  
 الصّفحة السابقة نلاحظ ان المسافة بين الجزيئات تزيد مثل  
 $R$  فنستنتج انه في ذلك الوقت تحركت الجزيئات بسرعة  
 أعلى من  $C$  أي انها تجاهلت بعضها تماماً، انه كون  
 متوحد فاذن كيف نشرح تجانس كون لم تتفاعل جزيئاته  
 مع بعضها البتة \*

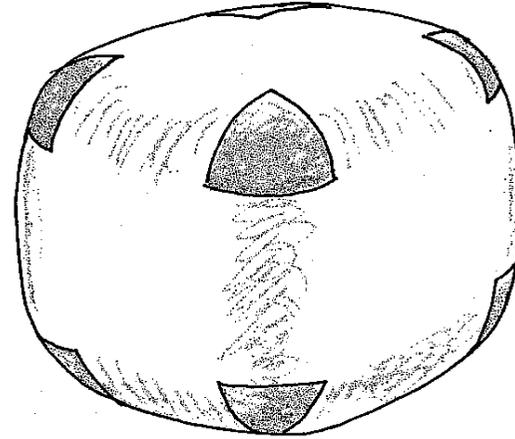
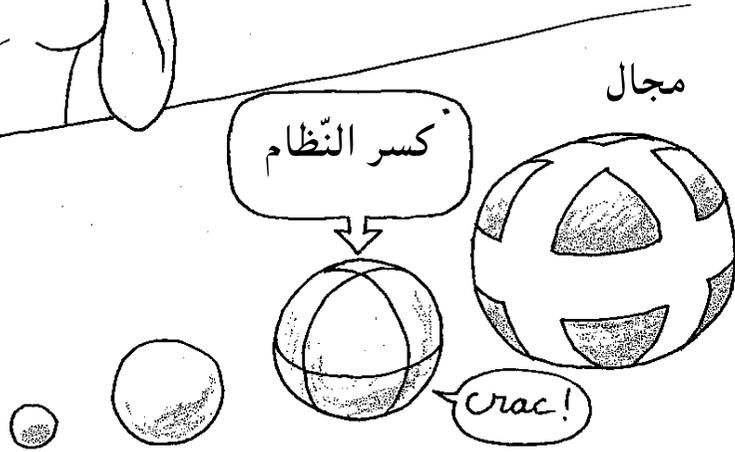


الا اذا كانت سرعة الضوء في الماضي أسرع





ان اردنا ايجاد اشارة شيء ما يجب أن نتخذ صورة أنسالم و نساغر الى الماضي فلا بد أنه في وقت ما التقت الزوايا المنحنية الثمانية للمكعب لتكوين مجال و هو مكعب لا تتمدد نقاط زواياه



يملك كل ما يشبه المكعب شيئاً معيناً من مخططات و محاور التّقابل المختبأة من  $\pi/2, \pi, 3\pi/2$  و هو مجال من درجة نظام تقابل عالية\* كون كل ما يعبرها يصبح مخطّط تقابل

و يبقى المجال غير مغير بالتناوب مهما كانت زاويته و محوره العابر من مركزه

و لكن المكعب لم يكن هنا الا لتوضيح الافكار باعطاء صورة كون من ثمانية كتل من المادة و ممثل كشيء منتظم. دائما  
ببعدين يمكننا تصور مجال مفكك لعدة قطع صلبة مرتبطة بفعل اقليدسي سطحي قابل للتمدد و بدا يفقد تقابله المبدئي و  
يصبح كسرا للتقابل. بينما في الفيزياء الفرضية حدث كهذا يعتبر تغييرا عظيما مؤثرا مثلا على طريقة تمدد الكون

في الكون وجود التقابل يعني ثبات شيء ما و لكن ما هو؟

في كتابه الشهير. الثلاث دقائق الاولى \* يذكر صاحب جائزة نوبل  
ستيفن واينبرغ يقول ان الرجوع بكثير للماضي لا بد يبين جزئيات  
انتجت كما انتج عكسها و ان تفاعل الكل انتج حرارة تساوي  
سرعة الضوء و يمكننا ان نستنتج من قوله ان الكون يحوي كل  
انواع الاشعاعات

و ماذا بعد؟



ان تتبعنا هاته الفكرة عندما تمدد الجزيئات المادية\* سرعة الضوء فانها تتصرف كأشعة

ستتحول الى غاز الفوتونات المضغوط

انتظر ليس بهذه السرعة , طول الموجة  $\lambda$  للفوتونات المتغيرة مثل R و ان كان ما تقوله صحيحا فان طول موجة كونتون الذي يعطي حجم الجزيئات

$$\lambda_c = h/mc$$

ستتغير بنفس الطريقة

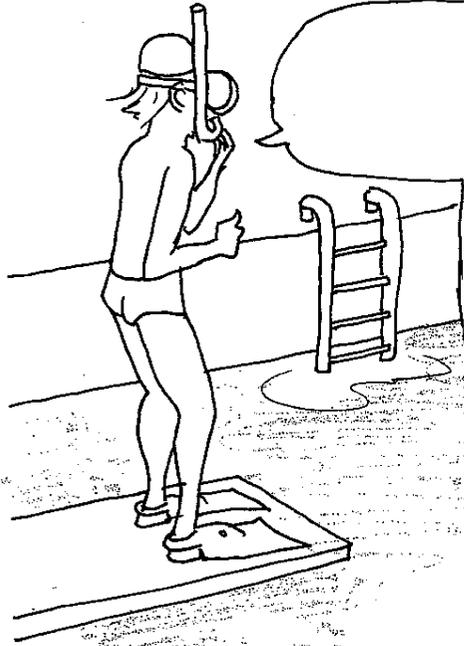
و لأجل هذا يجب أن تتغير أحد الثوابت مثل C بدورها

و لماذا ثابتة واحدة و ليس كل الثوابت معا؟

اصبح الأمر مشيرا

31

\*المادة السوداء تملك كتلة m و طاقة  $mc^2$  ايجابيتين



هناك دائما وقت ما يجب ان نلقي فيه انفسنا في الماء و بالتالي ساسمح لكل الثوابت  
 الفيزيائية بالتغير و في نفس الوقت مع افتراض التالي  
 اولاً: كل معادلات الفيزياء ستبقى مستوفات  
 ثانياً: كل الأطوال يجب ان تتغير مثل  $R$   
 ثالثاً: تتغير كل الأوقات مثل  $t$   
 رابعاً: كل الطاقات تحت كل الأشكال الممكنة تبقى محفوظة

في النسبية العامة نجد طولاً مميزاً و هو شعاع شوارزشيلد  $R_s$

$$L_s = \frac{2Gm}{c^2}$$

$$\frac{Gm}{c} \sim R (*)$$

و ثابت الجاذبية هي  $G$



(\*)

~

تكتب معادلة انشتاين الشهيرة دائما

$$S = - \frac{8\pi G}{c^2} T$$

في صفوف النسبية العامة

$$G \sim c^2$$

$$m \sim R$$

بحيث الكسر يمثل ثابتة أنشتاين\* و هي غير متغيرة لأسباب رياضية و ذلك ما يعطينا

$$c \sim \frac{1}{\sqrt{R}}$$

عند الجمع نحصل على القاعدة الأولى الكتلة  $m$  تتزايد مع الحجم المميز  $R$  للكون ولم لا، لتربط هذا بفرضية الحفاظ على الطاقة ثابتة  $mc^2 =$

ZZZ...

اليك نموذج بسرعة الضوء المتغيرة! لنكمل

$$G \sim \frac{1}{R}$$

سأتحصل على ثابتة بلانك التي تتطور كالاتي

$$\lambda_c = \frac{h}{mc} \sim R$$

الان سأزيد في القدر فكرة انّ الجزيئات قابلة للضغط

$$h \sim R^{3/2}$$

ZZZ

مكتوبة في المطبوعات الحديثة حسب  $\chi = - \frac{8\pi G}{c^4}$  و الفرق يوضح كيفية كتابة مصطلحات المتر (\*).



و تذكروا شيئاً: ادوات القياس و  
الملاحظة مبنية على نفس الأسس  
او المعادلات

كلّ هذا جيّد, و لكن سأقول ببساطة ما فائدة هذا؟  
لقد اكتشف انسالم أنّ نظريّات الفزياء كلّها\* لا  
تتغيّر بما يُعرف بتحوّل جوج

خلاصة: بهذا النّظام فانه من المستحيل ايجاد تجربة أو  
جهاز ملاحظة التي تسمح باظهار ادنى تغيير لانّ هاته  
الأخيرة تتفاعل حسب الكمّيّات التي يُرادُ قياسها

اذن فما قمت به لا فائدة منه

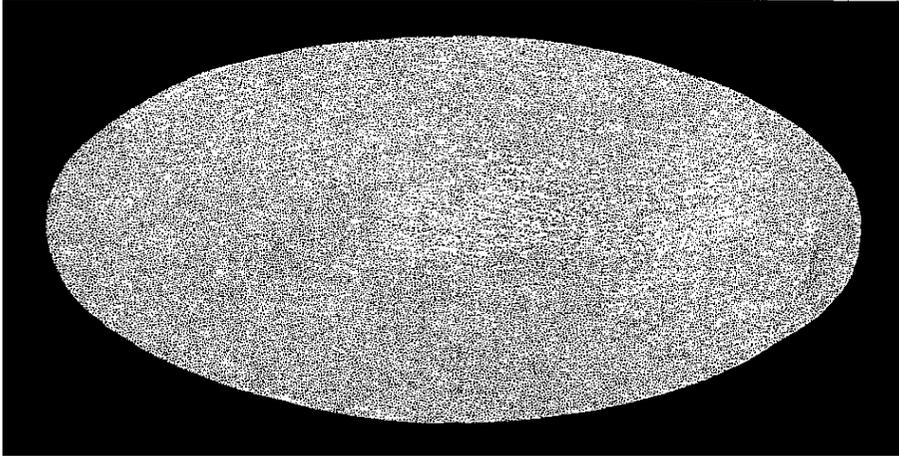
امر جيد كتمرين رياضيات ولكن ما ينفع ذاك ان لم يكن في  
المقدور القياس البتة؟ و كأننا نشكك في ارتفاع الحرارة عند  
قياس التمدد لطاولة حديدية باستعمال مسطرة مصنوعة من  
نفس المعدن

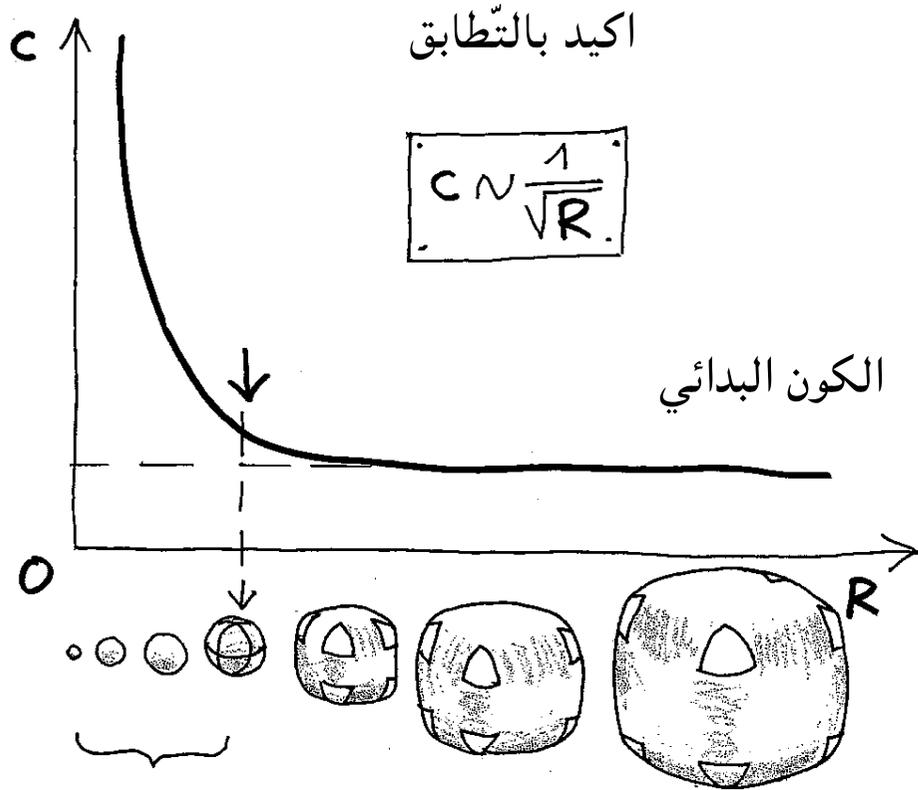


انتظرو، انتظر فهناك شيء ما نلاحظه  
و يمكن حتى للنموذج أن يُشرح



هذا

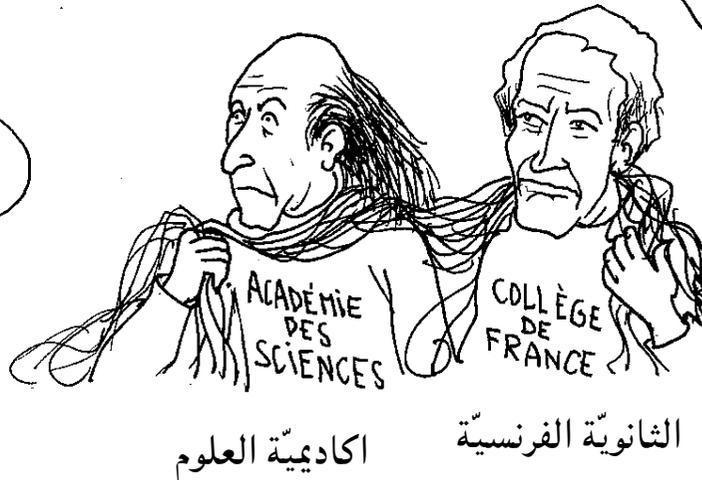




$$\begin{aligned} c &\sim \frac{1}{\sqrt{R}} & G &\sim \frac{1}{R} & h &\sim R^{3/2} \\ m &\sim R & e &\sim \sqrt{R} & \epsilon_0 &= \text{const} \\ \alpha &= \text{const} & \mu_0 &\sim R & & (*) \end{aligned}$$

ماذا في نموذج انسالم\* سرعة الضوء كانت متغيرة عند بداية الكون قبل تكسر التطابق و بالتالي فالافق الكوني ليس ct باعتبار c ثابت و لكنه يُحسب باستعمال متكاملة (انظر الملحق). نجد اذن ان هذا الأفق... يتغير مثل R مما يبرر تجانس الكون في تلك الأوقات القديمة

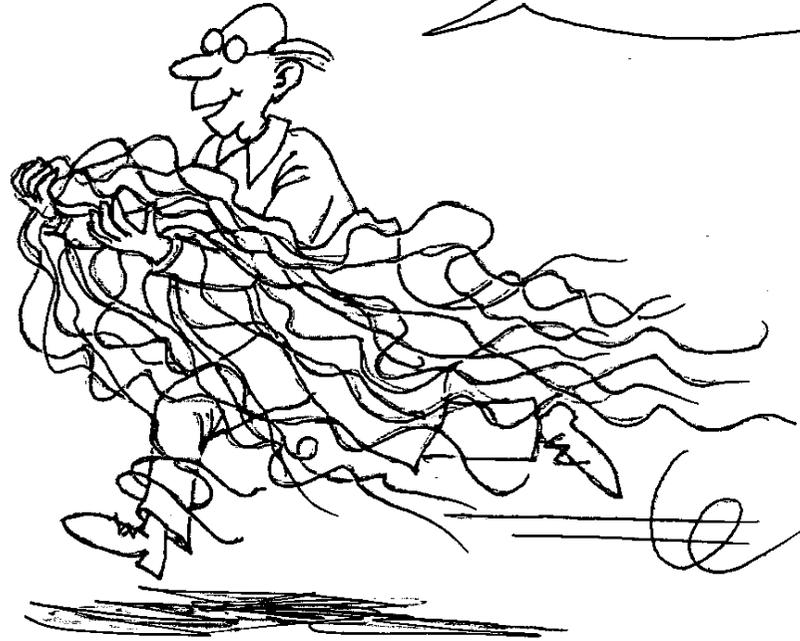
لا تهملوا جبالكم هكذا على الأرض فقد تتعثر فيها أقدامنا



(\*)

سوف ينجح الأمر

it will fly!



النهاية

**FiN**

لنبدأ بحساب افق الكون  
عندما لا تتغير سرعة الضوء فان هذا الأفق ببساطة  
في الكون الجديد تكون سرعة الضوء كالاتي

يفسر الأفق اذن بمساعدة المتكاملة

$$c \sim \frac{1}{\sqrt{R}}$$

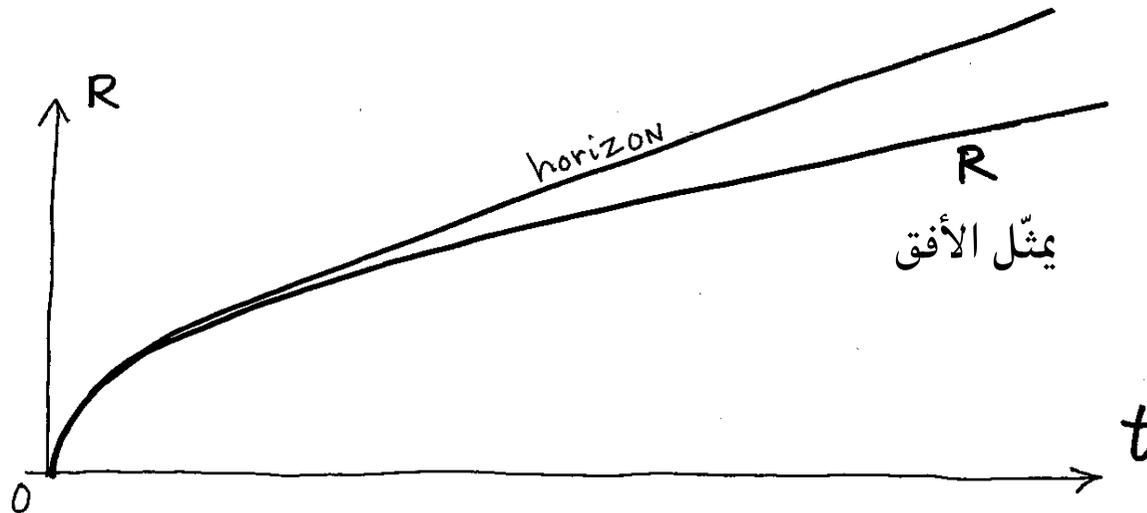
$$H = \int_0^{t(\text{present})} c(t) dt \sim \int_0^{t(\text{present})} \frac{dt}{\sqrt{R}}$$

ولكن

$$t \sim R^{3/2} \Rightarrow dt \sim \sqrt{R} dR \Rightarrow \int_0^{R(\text{present})} dR = R$$

$$\sim R$$

لنلخص بالشكل



علاقة أساسية في متغيرة جوج و هذه الأخيرة ذات أصول انجليزية بمعنى المقياس أو السلم

حسب متحوّلة جوج فإن كل قواعد الفيزياء غير متغيرة و التي من خلالها نعالج كبر الفضاء و مسألة الوقت كمتغيرات و لكن ايضا الثوابت الظاهرة في تلك المعادلات. باعتبارنا لهاته المعادلات منعدمة الأبعاد سنوجد علاقات جوج.

لنتخذ مثلاً معادلات ماكسوال: لنطبق بشكل عام نمط الوضع تحت الشكل منعدم الأبعاد

ربط العلاقتين نتحصّل على

$$\boxed{\nabla \times B = -\frac{1}{c^2} \frac{\partial E}{\partial t}} \quad \boxed{\nabla \times E = -\frac{\partial B}{\partial t}} \quad \boxed{\nabla \cdot B = 0} \quad \boxed{\nabla \cdot E = \frac{\rho_e}{\epsilon_0}}$$

و التي تتماشى مع  
العلاقات المتحصّل  
عليها في الأعلى

$$B = B \beta ; E = E \epsilon ; c = c \xi ; t = t \tau ; \frac{\partial}{\partial t} = \frac{1}{t} \frac{\partial}{\partial \tau}$$

$$\nabla = \begin{cases} \frac{\partial}{\partial x_1} = \frac{1}{R} \frac{\partial}{\partial \xi_1} \\ \frac{\partial}{\partial x_2} = \frac{1}{R} \frac{\partial}{\partial \xi_2} \\ \frac{\partial}{\partial x_3} = \frac{1}{R} \frac{\partial}{\partial \xi_3} \end{cases} \quad \text{write } \delta \begin{cases} \frac{\partial}{\partial \xi_1} \\ \frac{\partial}{\partial \xi_2} \\ \frac{\partial}{\partial \xi_3} \end{cases} \quad \left| \begin{aligned} \frac{B}{R} \delta \times \beta &= -\frac{E}{c^2 t} \frac{\partial \epsilon}{\partial \tau} \\ \frac{E}{R} \delta \times \epsilon &= -\frac{B}{t} \frac{\partial \beta}{\partial \tau} \end{aligned} \right.$$

$$\Rightarrow \boxed{R = c t}$$

لنكتب أن شعاع بوهر يتغير حسب عامل السلم R

$$R_b = \frac{\hbar^2}{m_e e^2} \sim R ; m_e \sim m \sim R ; e \sim \frac{\hbar}{R} ; \hbar \sim R^{3/2} \rightarrow \boxed{e \sim \sqrt{R}}$$

ثابتة البنية الدقيقة      تحدّد هندسة الذرات , فلنعاملها كثابتة مطلقة

$$\alpha = \frac{e}{\epsilon_0 \hbar c} = \text{cst} \Rightarrow \boxed{\epsilon_0 =}$$

$$\epsilon_0 \quad \mu_0 \quad \text{مرتبطين بالعلاقة} \quad c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}} \quad \text{بالتالي} \quad \boxed{\mu_0 \sim R}$$

لنفترض ان كل الاشكال الطاقوية محتفظة. الضّغط هو كثافة طاقة بوحدة الحجم مما يستوجب

$$E_{\text{magnet}} = R^3 \frac{B^2}{2\mu_0} = \text{cst} \Rightarrow \boxed{B \sim \frac{1}{R}}$$

$$E_{\text{electr}} = R^3 \epsilon_0 E^2 = \text{cst} \Rightarrow \boxed{E \sim \frac{1}{R^{3/2}}}$$

$$\Rightarrow \frac{E}{B} = \frac{1}{\sqrt{R}}$$

بالتناسب مع ما تحصلنا عليه من معادلات ماكسوال :  $\frac{E}{B} \sim \frac{R}{t} \sim \frac{1}{\sqrt{R}}$

## كيف تتغير السرعات V

الطاقة الحركية هي  $\frac{1}{2} m V^2$  ان بقيت محفوظة

$$V \sim \frac{1}{\sqrt{R}} \sim C$$

$\rho = m m$  لتحدث الان عن الكتلة الحجمية

لنلاحظ تصرف مسافة جينز المميزة و المرتبطة بظاهرة عدم استقرار الجاذبية  $m R^3 = cst$

$$\rho \sim \frac{1}{R^2}$$

ان اعتبرنا  
المحافظة على  
الانواع فلدينا

$$L_j = \frac{V}{\sqrt{4\pi G \rho m}}$$

$$L_j \sim R$$

في نفس الوقت  
نلاحظ ان وقت جينز  $t_j = \frac{1}{\sqrt{4\pi G \rho}} \sim t$   
خاضع الى

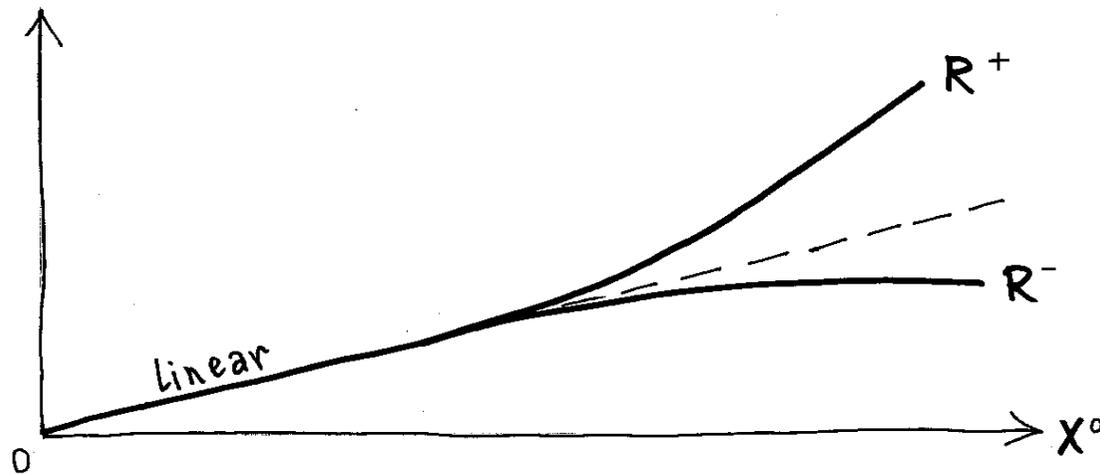
مهما كان المجال الفيزيائي الذي نطبق فيه هذه المنهجية سوف نتحصل على فرضياتنا الاساسية, سنجد مثلا ان قطع التصادم الفعالة تتغير مثل  $R^2$  و نجد ان مسافة ديبي تتغير حسب R الى اخره

لانهاء العمل يجب ان نجد كيفية الربط مع نموذجنا الكوني الثنائي القياس و الموصوف في هذا الكتاب المصور

هذا النموذج يُظهر نمطين من السلّم  $R^+$  و  $R^-$  تحت فرضيات التّجانس و التناظر لا محالة في مجموعتي الكتلة المتضادتين و لقد بحثنا عن حلول مشتركة تحت شكل قياسات فريدمان-روبرتسون-والكر و التي جرّتنا الى المعادلتين المختلفتين المزدوجتين كالتّالي

$$\begin{cases} R^{+''} = \frac{1}{R^{+2}} \left[ \frac{R^{+3}}{R^{-3}} - 1 \right] \\ R^{-''} = \frac{1}{R^{-2}} \left[ \frac{R^{-3}}{R^{+3}} - 1 \right] \end{cases}$$

الانطلاق بهذا التّوسّع مع  $R^+ = R^-$  خطّي، هذا الحل كونه غير مستقر يجعل احد المجموعتين تتوسّع بسرعة زائدة، أنّها مجموعتنا و قد رأينا ان هاته الظّاهرة تبينّ فعل الطّاقة السّوداء المتنافرة



ثابتة لورنتز

في الكون البدائي كان قانون التطور خطياً  $R^+ = R^- \sim x^0$

ان قياسات فريدمان - روبرتسون - والكر ذات شكل مشترك عندما يساوي الانحناء صفراً

$$d\Delta^2 = dx^0{}^2 - R^2 [du^2 + u^2 d\theta^2 + \sin^2 \theta d\varphi^2] \quad \text{باحداثيات كرتيزية}$$

لا يبراز الرابط بين النموذج ذو  
السرعة الضوئية المتغيرة

$$d\Delta^2 = dx^0{}^2 - dx^2 - dy^2 - dz^2$$

هذه المساحة ثابتة محلياً تحت فعل  
مجموعة لورنتز

أي انها العلاقة العامة التي تسمح بالمرور الى المتغيرة الزمنية  $x^0$  الى الوقت

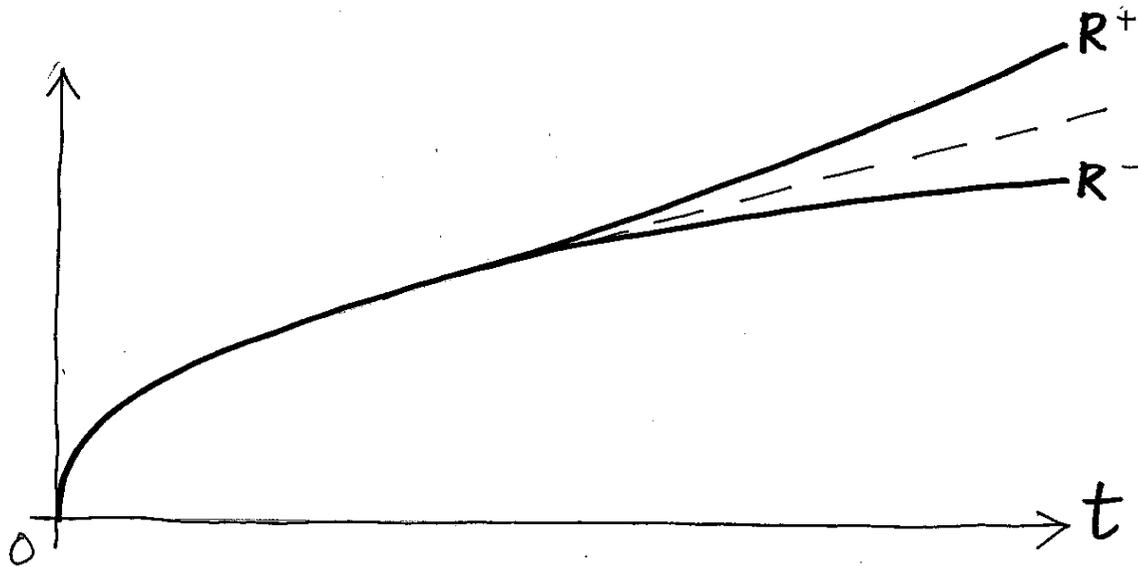
$$x^0 \sim R ; dx^0 \sim dR \sim t^{-\frac{1}{3}} dt \sim \frac{dt}{\sqrt{R}} \sim c(t) dt \quad \text{قبل كسر النظام لدينا}$$

$$dx^0 = c(t) dt$$

$$dx^0 \sim t^{-\frac{1}{3}} dt \Rightarrow x^0 \sim t^{\frac{2}{3}}$$

بعد كسر النظام عندما تتصرف  $c$  كثابتة مطلقة فهذا يتحول الى  $x^0 = ct$

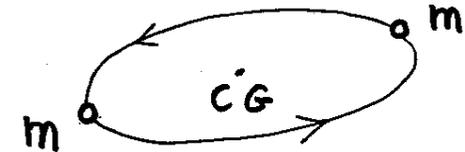
هذا يسمح لنا بتتبع خطى الشنائية الكونية حسب الزمن مثلما عرفناه للتو  
و نقصد بالشنائية وحدتين كونيتين. يمكننا ترجمة التطورات المشتركة  
للمجموعتين الكونيتين



هل استطعنا اعطاء تعريف جيد لهذا الشيء صعب المنال المسمى زمنا؟

ستكون تلك مجرد فرضية من طرفنا فقبل كل شيء لنناقش مفارقة التجانس للكون البدائي بشيء اقل  
تكلفة في الفرضية على نظرية التضخم

لكن تجربة الفكرة الذي تتبع ستبين اننا لسنا في اقصى همومنا باعتبار نوع من  
الساعات الابتدائية مكونة من كتلتين تدوران حول محور جاذبيتهما المشترك  
سوف نحسب عدد الدورات التي قامت بها منذ لحظة الصفر مع اعتبارها قابلة  
للضغط كبقية الكون البدائي و يمكننا تجاوز الاضطرابات الكونية بدون عوائق



$$\text{هي مدة دورانها } \tau = \frac{2\pi r^{3/2}}{Gm} \quad Gm = \text{Cst} \quad r \sim R \quad \tau \sim t \sim R^{3/2}$$

$$N = \int_0^{R_0} \frac{dR}{R^{3/2}} = \left[ \frac{1}{\sqrt{R}} \right]_0^{R_0} = \text{infini!} \quad \text{و هذه هي النتيجة}$$

احترم من يفكر في النقطة الصفر و يتساءلون كيف كانت  
الامور من قبل؟

