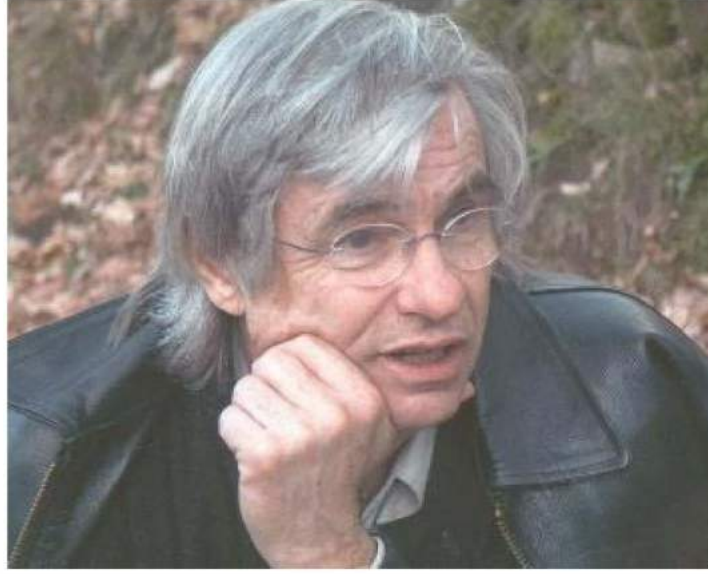


معرفة بلا حدود

الثقب الأسود



تأليف: جين بييري بوتي
ترجمة: القضاوي محمد



المؤلف: "جين بيير بوتى"، عالم الفيزياء الفلكية
والمدير السابق للمركز الوطني للبحث العلمي (1)،
ورئيس جمعية "معرفة بلا حدود" (2)، مبتكر نوع
جديد من الرسوم المصورة، ذات التوجه العلمي.

(1) Centre national de la recherche scientifique

(2) www.savoir-sans-frontieres.com

حدود بلا معرفة

فرنسيان عالمان ويديرها 2005 عام تأسست ربحية غير جمعية
من رسمه تم الذي النطاق باستخدام العلمية المعرفة نشر: الهدف
تم: 2020 عام في. مجانًا للتنزيل قابلة PDF ملفات خلال
عملية 500000 من أكثر مع. لغة 40 في ترجمة 565 تحقيق
تنزيل

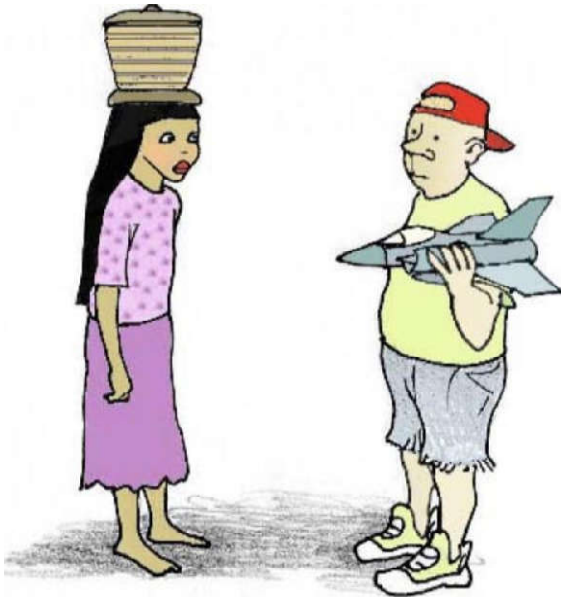


Jean-Pierre Petit

Gilles d'Agostini

بالمال التبرع تم. تماما تطوعية الجمعية
للمترجمين بالكامل

زر استخدم ، تبرع لتقديم
الرئيسية الصفحة في PayPal



<http://www.savoir-sans-frontieres.com>

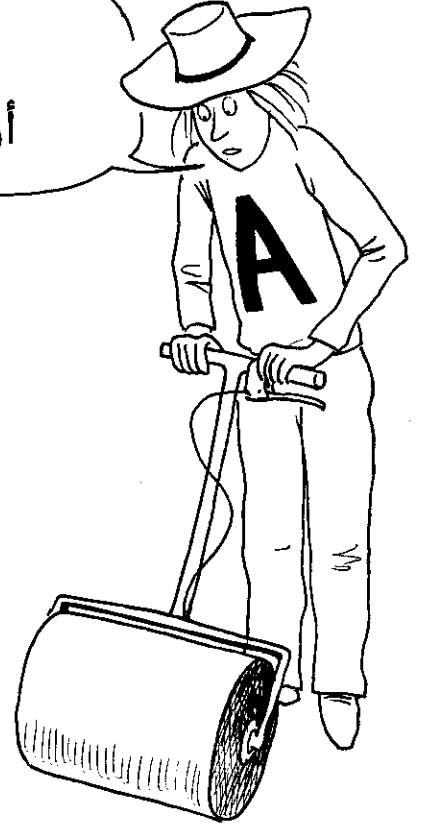




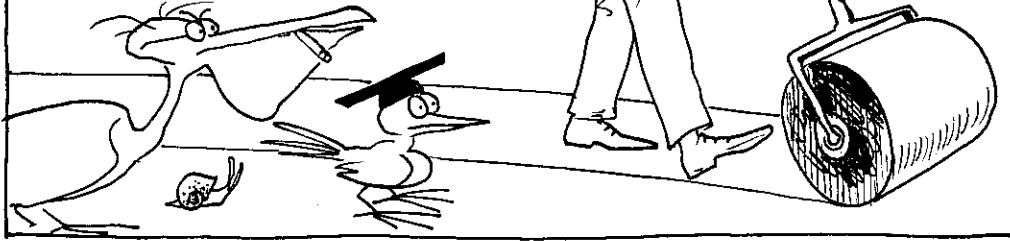


مرة أخرى ينطلق سليم في مغامرة لاستكشاف عوالم غامضة.

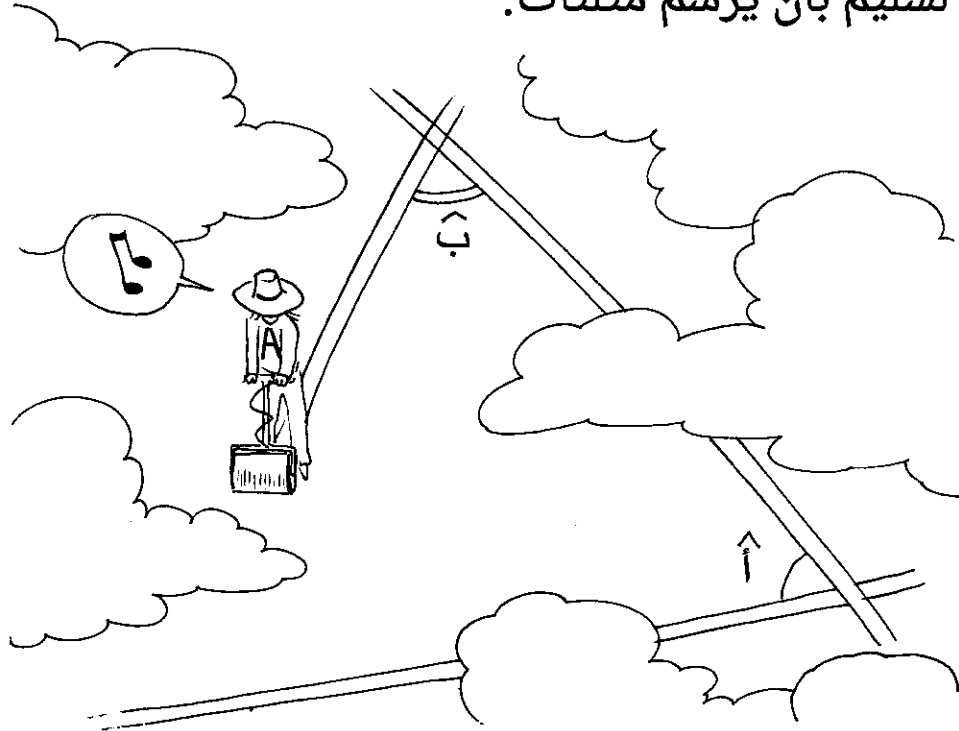
هه، ولكن ما هذا؟
تبدو وكأنها لفافة ملاعب التنس،
أو نوع ما من أسطوانات الصباغة و الطلاء.



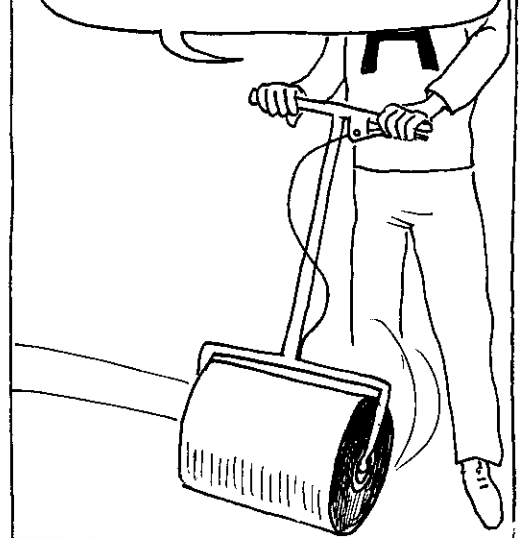
يمكننا نقلها في اتجاه
مستقيم بدون أي جهد.
في المقابل، لا يمكن أن نغير
اتجاهها يمينا أو يسارا
قيد أنملة.



بفضل هذا الجهاز، يمكن لسليم تتبع "جيوديسيا"
سطح معين. بمساعدة ثلاث جيوديسيات، يمكن
لسليم بأن يرسم مثلثات:



ما هو
دور هذا المقبض؟
حسنا، إنه يلغي دور
اللفافة ويسمح لي
بتغيير الاتجاه من
وقت لآخر.

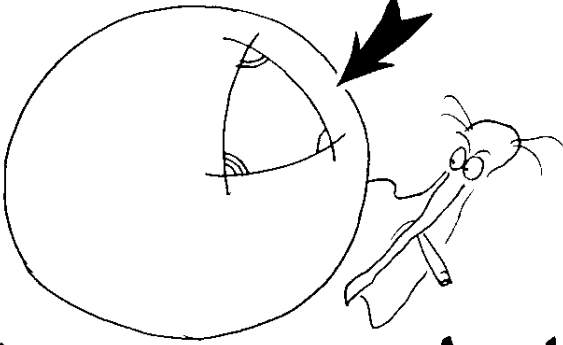
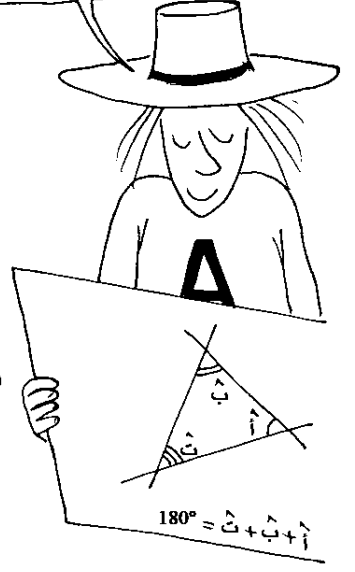
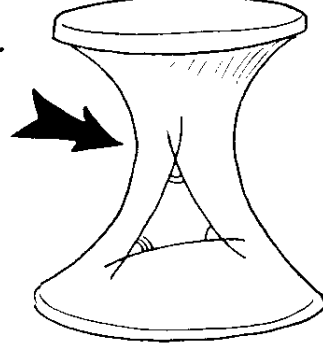


السطح هو فضاء ذو بعدين. هذا يعني أننا في حاجة لإحداثيتين
لتحديد موقع نقطة ما.

دعونا نرى، عندما يكون السطح إقليديا فإن مجموع زوايا مثلثي هو 180 درجة.

عندما يكون للفضاء انحناء سلبي، يكون هذا المجموع أقل من 180 درجة.

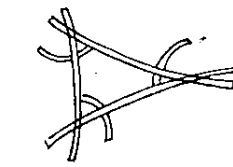
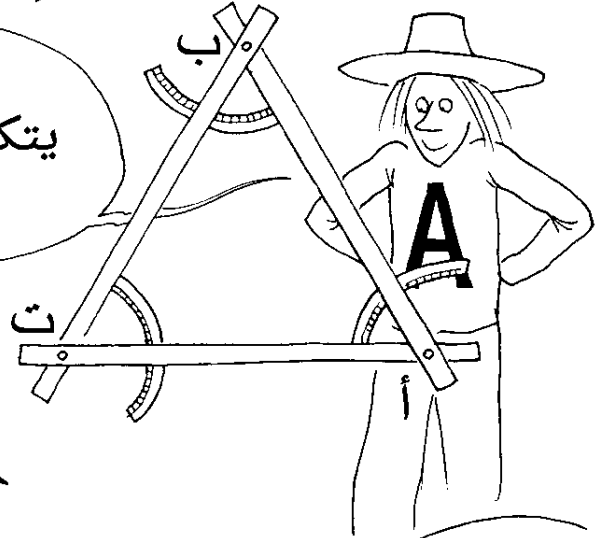
بالمقابل عندما يكون للفضاء انحناء أو تقوس إيجابي، فيكون مجموع الزوايا أكبر من 180 درجة



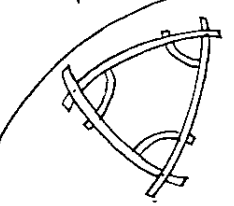
فضاء ذو انحناءات متغيرة:

لقد اخترعت مقياسا للانحناءات يتكون من ثلاث صفائح مرنة يمكن تدويرها بحرية حول زواياها الثلاث أ، ب، ت.

عليك فقط أن تقوم بوضعها و تصفيحها على سطح ما لقياس زواياها باستخدام المنقلات الثلاثة وستحصل على الانحناء المحلي.



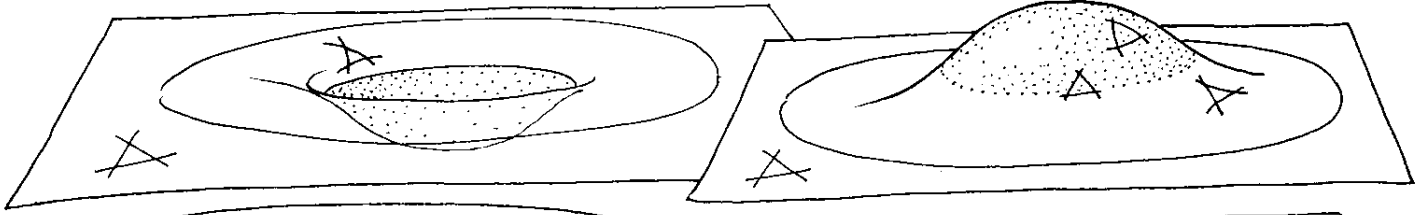
انحناء سلبي



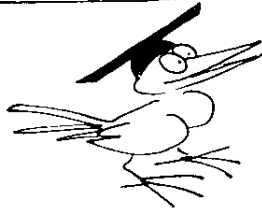
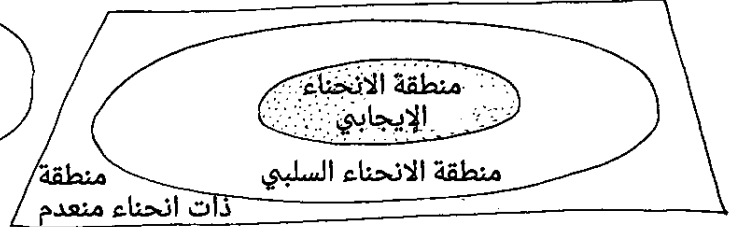
انحناء إيجابي

(* لمزيد من التفاصيل، انظر "GEOMETRICON"، لنفس المؤلف.

هذا النتوء على هذا السطح يتكون من منطقة مركزية ذات انحناء إيجابي،
محاطة بمنطقة ذات انحناء سلبي.

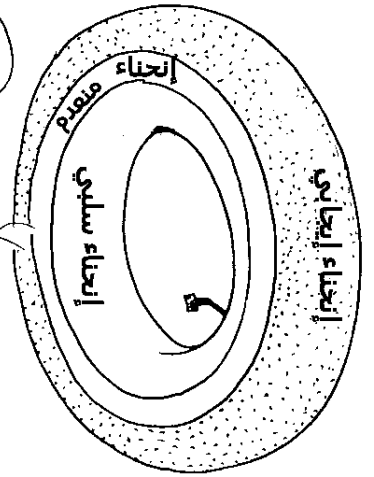
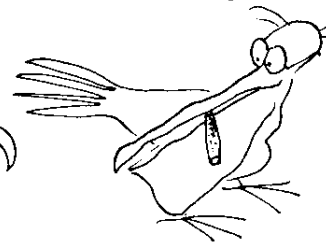


من ناحية الانحناء،
النتوء و الحفرة متماثلان تماما.

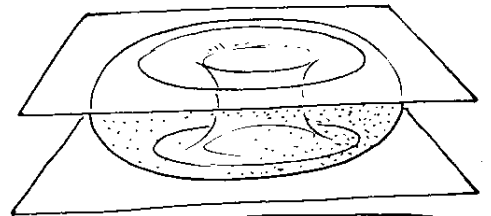


إذا لم أكن مخطئا،
فهذه طارة.

نعم ، هناك شريط ذو انحناء
إيجابي وآخر ذو انحناء سلبي
و تفصل بينهما منطقة ذات
انحناء منعدم.



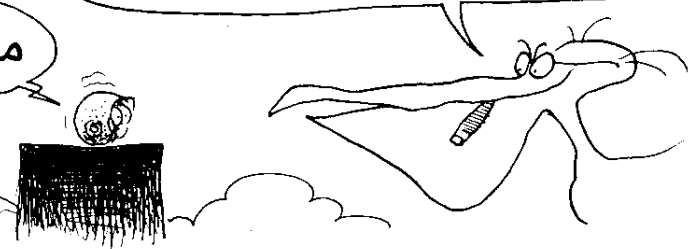
يمكن تحديد هذه المنطقة
الاخيرة عن طريق وضع الطارة
بين مستويين.



ليون، اترك
تيريسياس و شأنه!

عزيزي تيريسياس، هل تعلم
بأن صدفتك هي مساحة ثنائية
الأبعاد و ذات انحناء متغير؟

ماذا!؟



المخروطيات



هل رأيت يا تيرسياس سأجعل المساحة متشابكة
و ذات جيوديسيا متقاطعة، وسينتج عن ذلك الكثير من المثلاثات.

قوقعة ذات انحناء متغير...
لن أهتم بك !!

الآن، أنا أعترف أنني لم أعد أفهم شيئاً!
ماذا يحصل حول هذه النقطة "ن"؟

ما عليك سوى
استخدام مقياس الإنحناءات
الخاص بك.

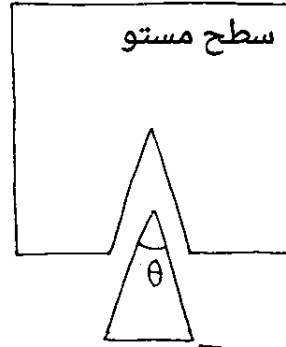
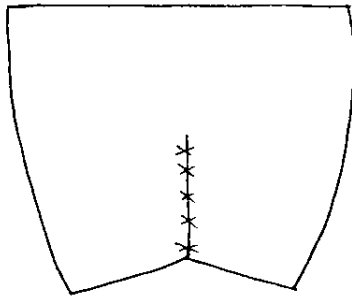
ن.

في النهاية يا صوفيا، ما يحدث؟ إذا كان مثلث مقياس الانحناء لا يحتوي على النقطة "ن"، فهو يشير إلى انحناء منعدم.

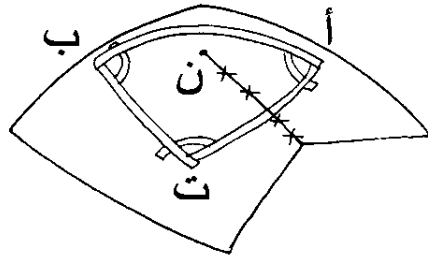


أما إذا كانت النقطة "ن" داخل المثلث، إذن هناك إنحناء!

إنها نقطة مخروطية. أنظر، سأخذ سطحاً مستوياً، وسأقص جزءاً ذو زاوية θ ثم سأخيط المنطقة من جديد.



$$\hat{A} + \hat{B} + \hat{T} = 180^\circ + \theta$$

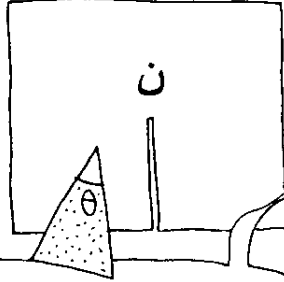
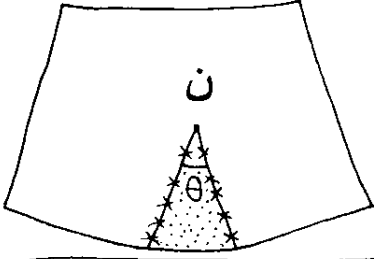


سأحصل على هذا المخروطي

يمكنك التحقق من ذلك، باستعمال الورق المقوى. لفافة من الورق الاصق ستساعدك بسهولة على تجسيد الجيوديسيا.

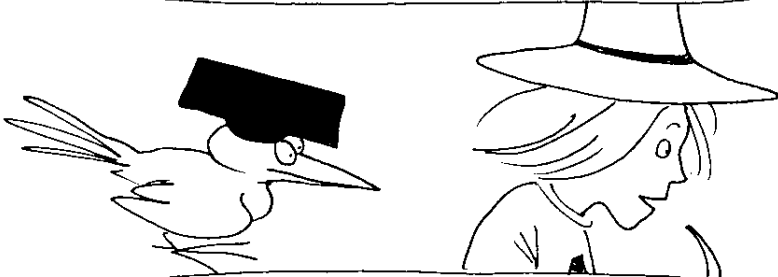


حسنًا، إذا احتوى المثلث على قمة مخروطية، يكون مجموع
الزوايا دائمًا أكبر من 180 درجة !

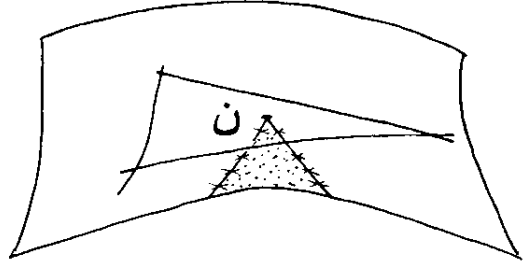


ليس بهذه السرعة! سأقص السطح الآن
و أضيف جزءا ذو زاوية θ .

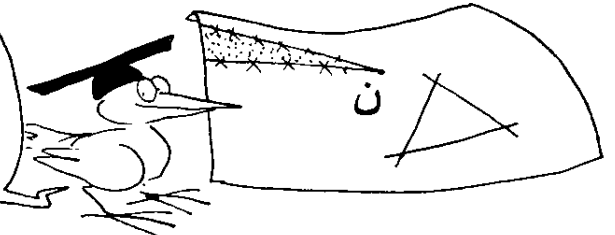
إذن...
سنحصل على شكل
مخروطي-سالب؟



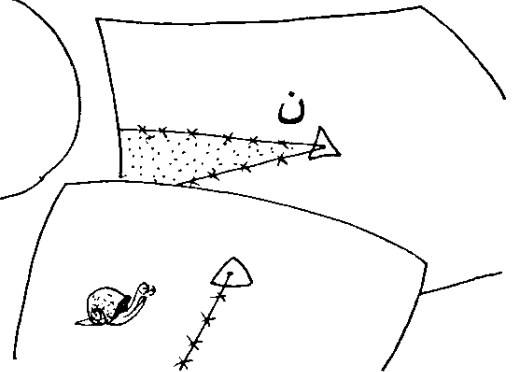
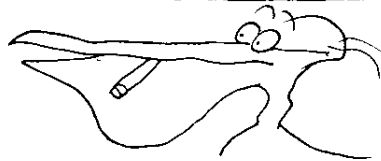
هذه المرة ، عندما يحيط
المثلث بالنقطة "ن"، يكون مجموع
الزوايا هو 180 درجة ناقص θ !



ولكن مرة أخرى، عندما تكون
النقطة خارج المثلث، يكون المجموع
هو 180 درجة.

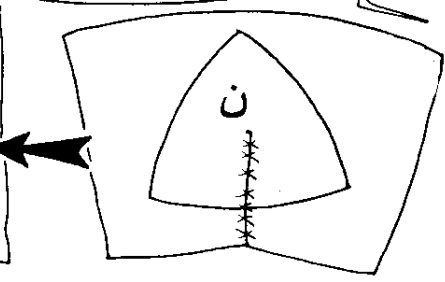
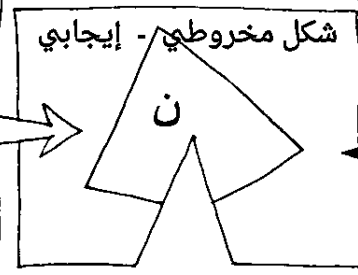


خاصية المخروطيات هذه مستقلة
عن حجم المثلث، فلي فرق أن يكون
هذا الأخير صغيرا أو كبيرا.

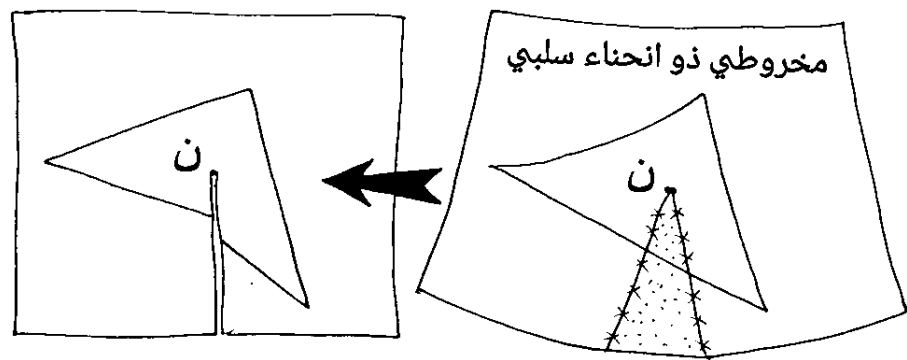




هذه نتيجة العملية التي قام بها سليم على الشكل المخروطي ذو الانحناء الايجابي.

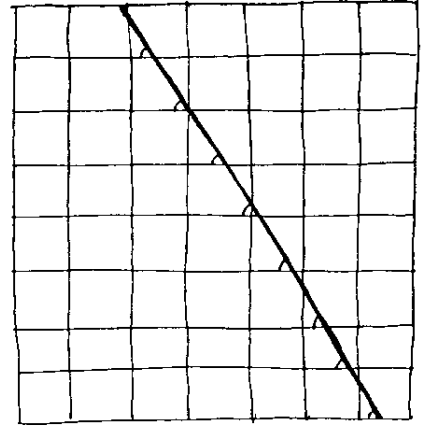


أما في حالة المخروطي ذو الانحناء السلبي.



لنأخذ سطحاً مستويا ونربطه بشبكة جيوديسية عادية. لنقل أننا رصفنا هذا السطح بمربعات متطابقة تماما. إذا تتبعنا مساراً معيناً بحيث يقطع جوانب المربعات المتتالية من نفس الزاوية... سيمثل هذا المسار جيوديسيا السطح.

الإدارة



لكن ، لماذا لا نجرب ذلك على جسم كروي الشكل؟

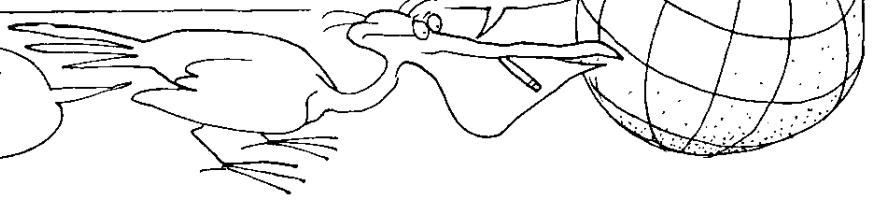
أولاً، حاول أن ترصف كرة بمربعات متراصة جيداً... و أخبرني بالنتيجة بعد ذلك.

خطوط الطول تمثل جيوديسيا الكرة. أي مسار يقطع هذه الخطوط من خلال زاوية ثابتة و مختلفة عن 90 درجة، سيؤول و يؤدي حتماً إلى أحد قطبي الكرة!

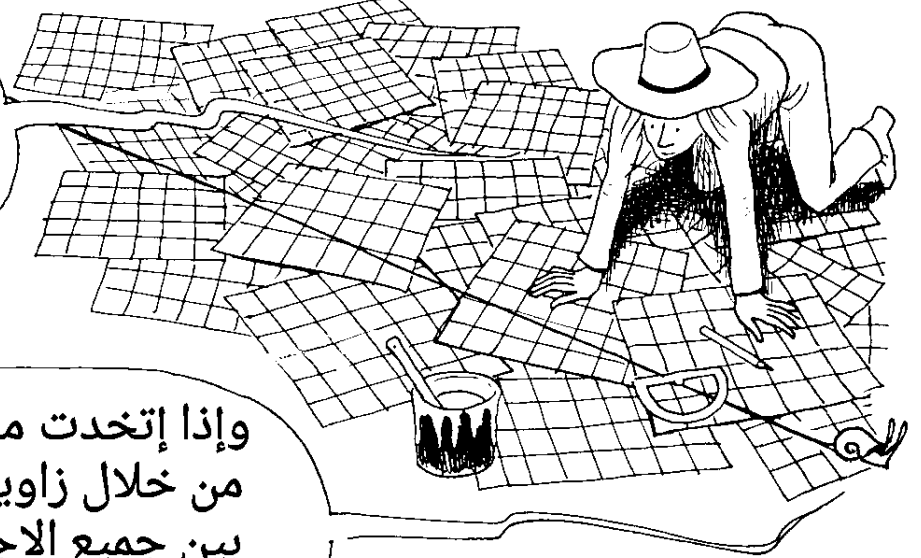
الإبحار في إتجاه ثابت يقود... إلى القطب!

عندما أقطع خطوط طول الكرة بزاوية 90 درجة،
سأتحرك وفق خطوط العرض .

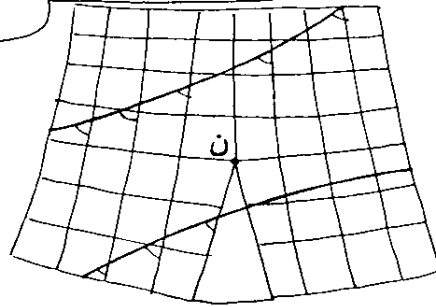
خطوط العرض لا تمثل
الجيوديسية! (*)



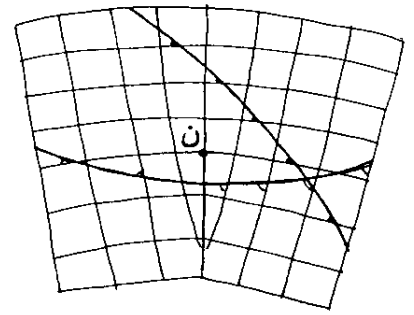
يمكنني تغطية سطح
مسطح، إقليدي، باستخدام
عناصر مربعة ومستوية



وإذا إتخذت مسارا يقطع هذه الشبكات
من خلال زاوية ثابتة، شريطة أن أصل
بين جميع الاجزاء سأحصل في النهاية
على الجيوديسيا.

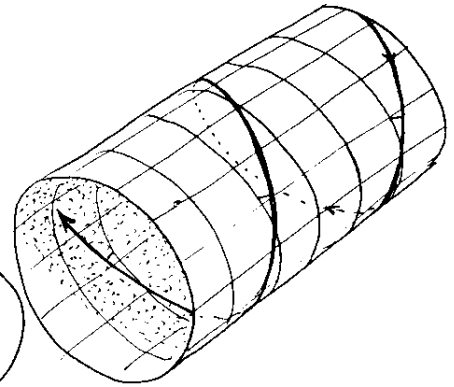


مخروطي-سليبي

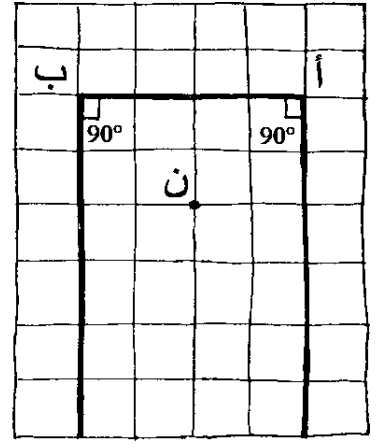
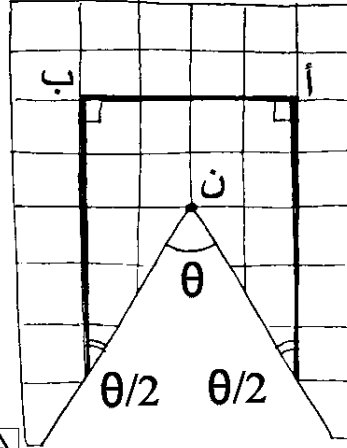
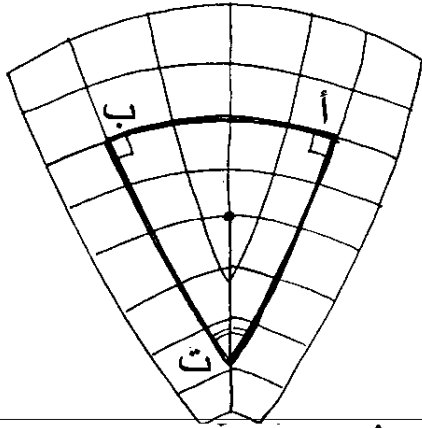


مخروطي-إيجابي

هذه الطريقة البسيطة تعطي أيضا جيوديسيا
الأسطوانة، وهي على شكل النابض.



هذا هو السبب في أن مجموع زوايا المثلث، في حالة مخروطي-إيجابي،
يزداد بزاوية القطع θ :



$$180^\circ + \theta = \theta/2 + \theta/2 + 90^\circ + 90^\circ = \hat{أ} + \hat{ب} + \hat{ت}$$

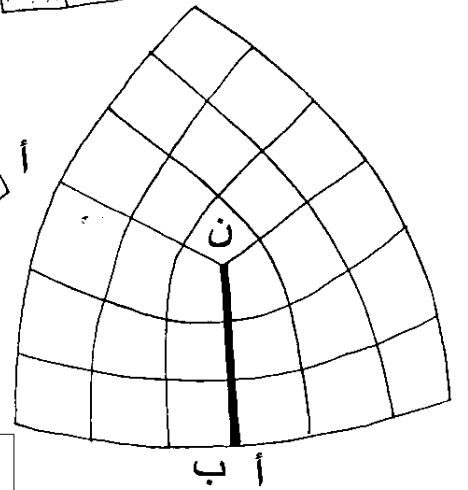
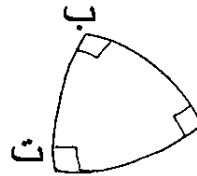
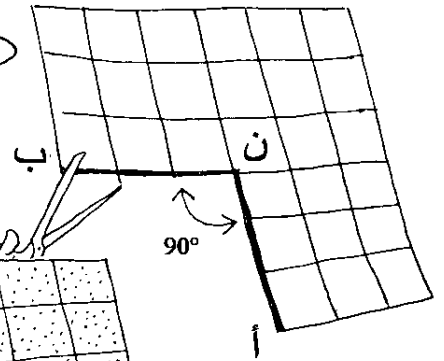
سيقوم الآن سليم بصناعة مخاريط خاصة، حيث يمكن الحفاظ
على انتظام الشبكة.

الإدارة

الآن، سأزيل قطعة
زاويتها 90 درجة.



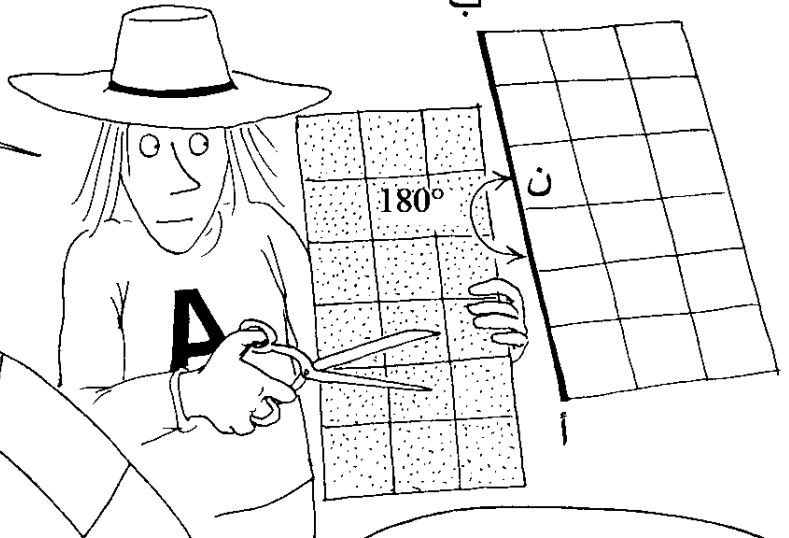
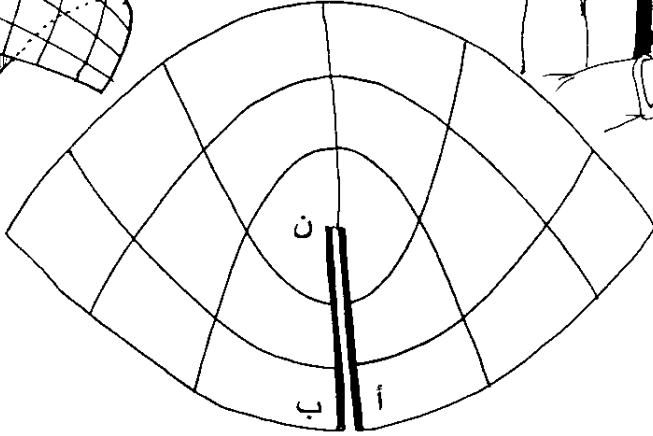
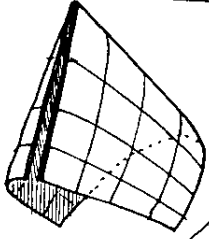
على هذا المخروطي
يمكنك رسم مثلثات
متساوية الأضلاع.



$$180^\circ + 90^\circ = \hat{أ} + \hat{ب} + \hat{ت}$$

$$270^\circ =$$

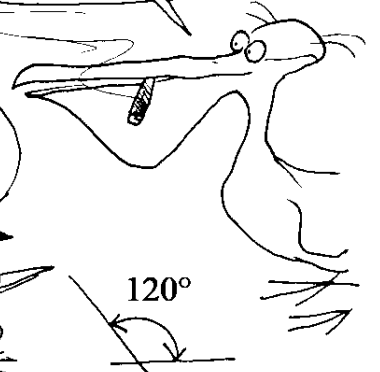
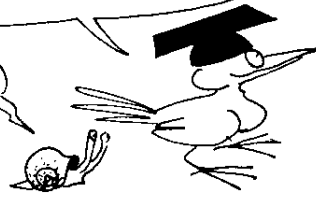
الآن، سأقوم بإزالة قطعة ذات 180 درجة.



في مثل هذا المخروطي، يكون مجموع زوايا المثلث 360 درجة

هذا يعني أنه يمكن أن نرسم فوقه مثلثا مجموع زواياه 120 درجة و ذلك باستخدام الجيوديسيا الخاصة به... إذن فأنت مخطئ.

وهل من الممكن إغلاقه على أي حال؟

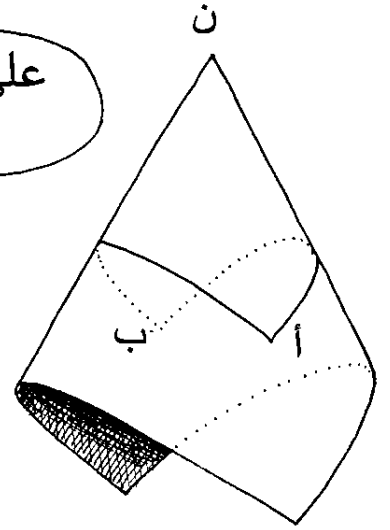
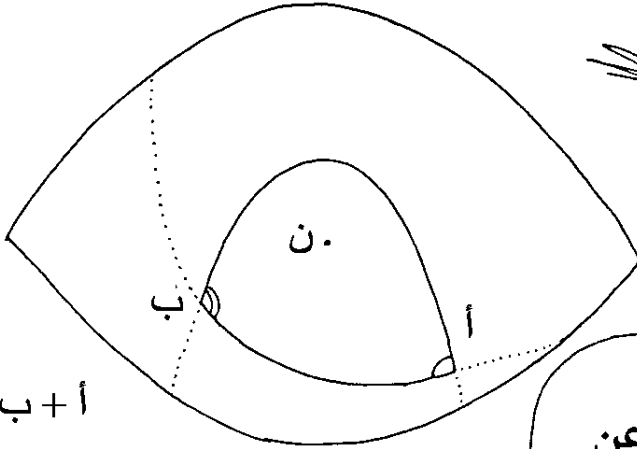


بطبيعة الحال يا عزيزي تيريسياس، اذن فأنت المخطئ !

ميي !



على هذا المخروطي، يمكننا رسم ثنائي-زوايا،
مجموع زواياه 180 درجة.

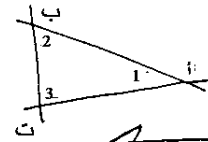
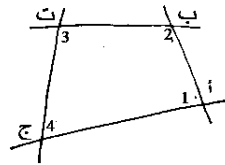
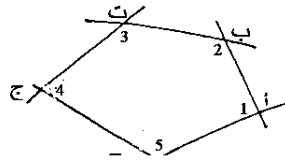
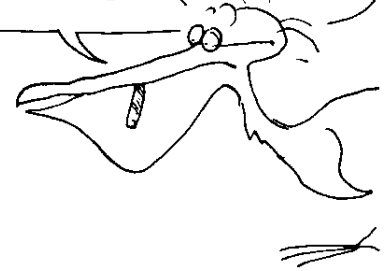


انتظرا! لم أعد أفهم شيئا...
كنا نتحدث عن المثلثات أما الآن عن
ثنائيات الزوايا... لماذا لا نتكلم بعد
ذلك عن... أحاديي الزاوية!؟

$$180^\circ = \text{ب} + \text{أ}$$

عرض من الفوق لهذا الشكل
المخروطي

تسمى هذه الأشياء
"مضلعات".



على سطح مستو:

مجموع زوايا:

- المثلث هو 180 درجة

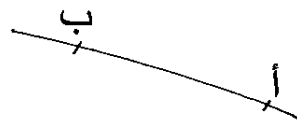
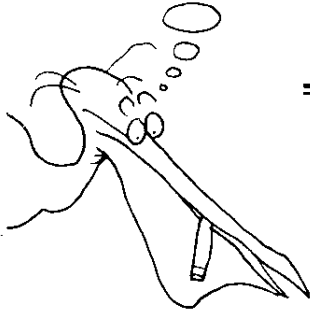
- رباعي الأضلاع هو 180 درجة + 180 درجة = 360 درجة

- خماسي الأضلاع هو 180 درجة + 180 درجة + 180 درجة =

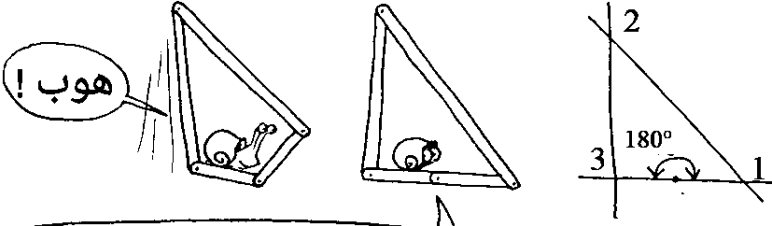
540 درجة

وفي حالة ثنائي الزوايا، الذي تم تصغيره
إلى قطعة، يكون هذا المجموع صفراً

لم أعد
أستوعب...



لماذا نضيف 180 درجة كلما أضفنا قمة أخرى للمضلع؟

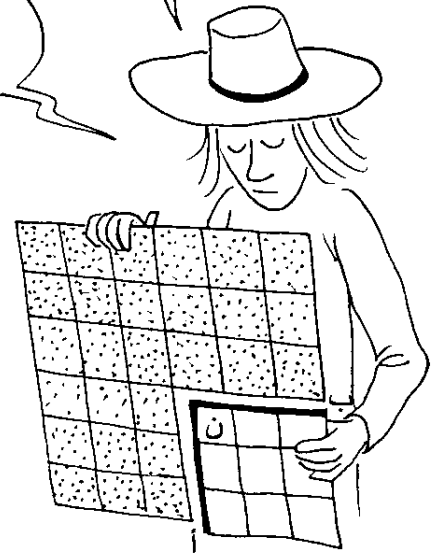
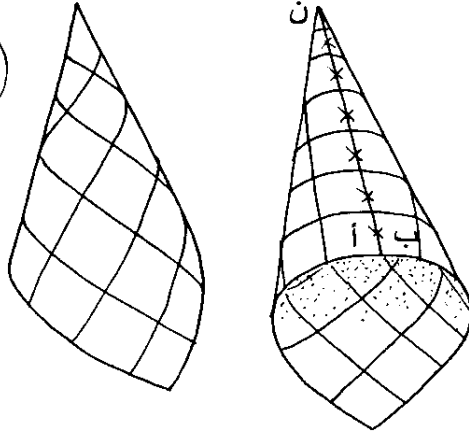


هذا سيساعدك على الفهم.

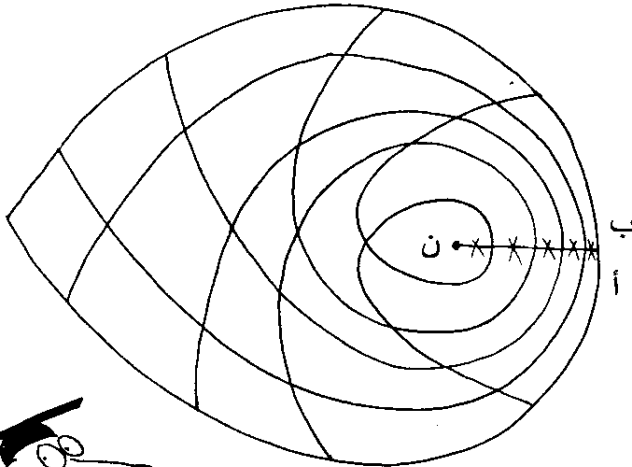
حسنا، لنواصل ...

سأقوم الآن بإزالة ثلاثة أرباع السطح المستو.

يبدو وكأنه منديل الطاولة.



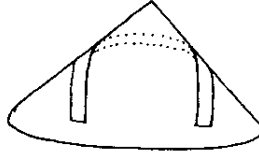
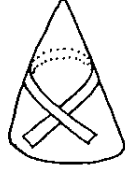
وعندما أنظر إليه من أقصى الطرف



يحصل سليم على هذا

في هذا المخروطي، تتقاطع كل الجيوديسيا مع نفسها (يتداخلان هنا في زاوية مستقيمة).
يمكننا بالتالي رسم أحادي الزاوية.

إذن كان ذلك صحيحا!

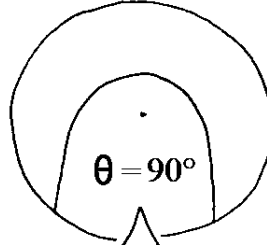


كل ذلك يتوقف على الزاوية θ للمخروطي



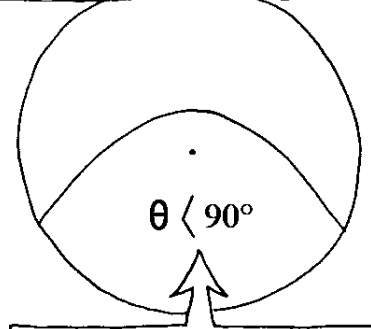
$\theta > 90^\circ$

جيوديسيا تغلق



$\theta = 90^\circ$

حالة الحد



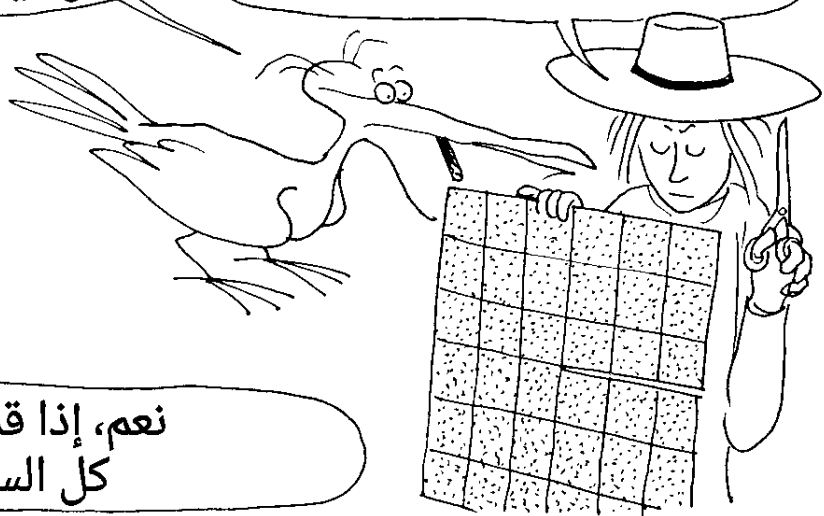
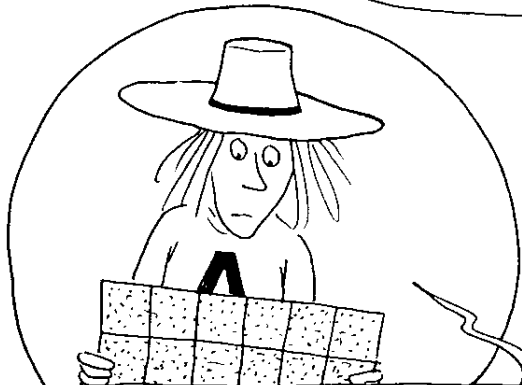
$\theta < 90^\circ$

جيوديسيا لا تغلق

الأقطاب

كل شيء!
و كيف ذلك؟!؟

وإذا أزلت ... كل شيء؟



نعم، إذا قمت عمليا بإزالة
كل السطح المستو



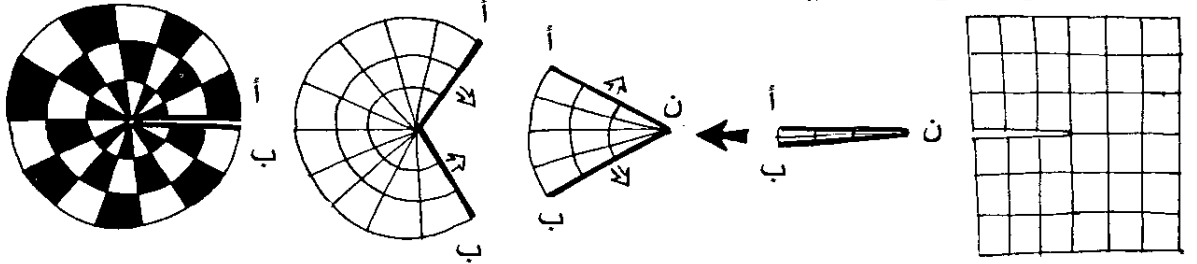
هل تسمي هذا مخروطيا ؟

حسنا ، هذا هو
المخروطي الخاص بي.

يا إلهي...

في الواقع،
من الممكن بناء الشبكات
التي حصل عليها سليم من
خلال تمديد المادة.

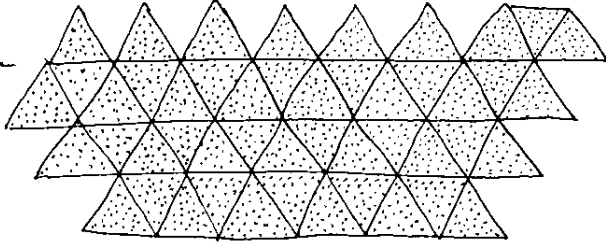
إزالة كل السطح المستو وتطبيق هذه العملية،
سنحصل على ما يلي:



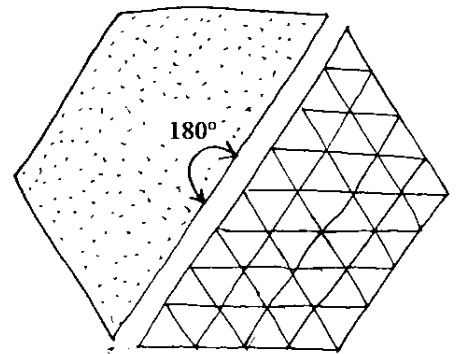
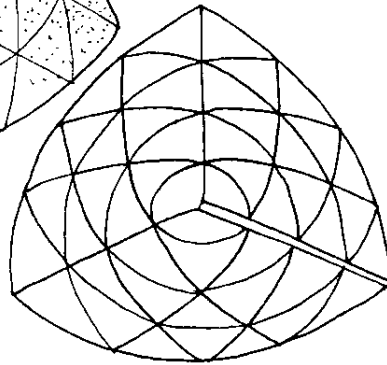
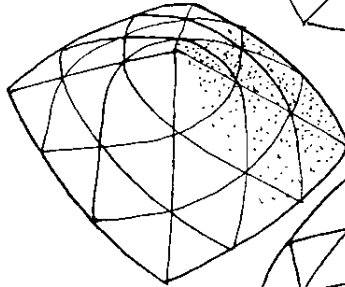
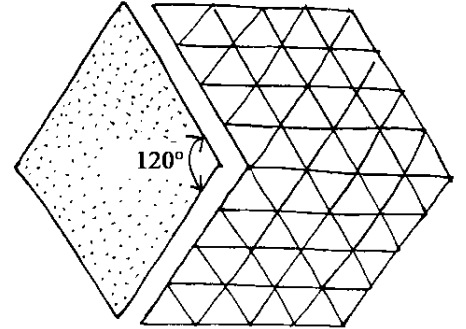
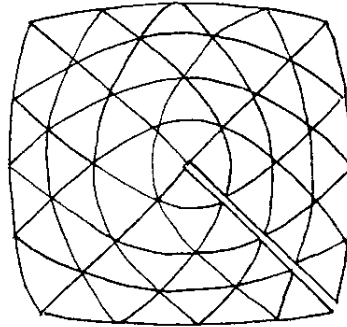
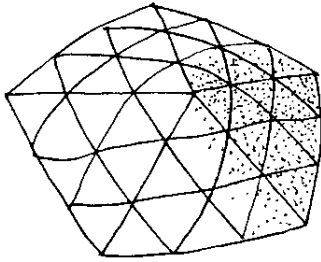
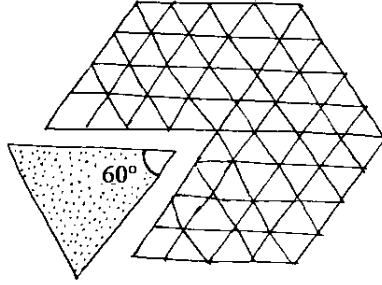
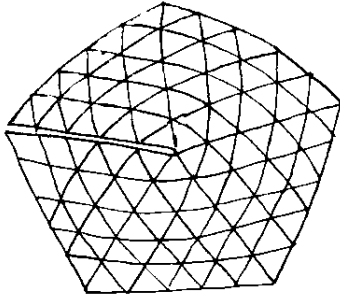
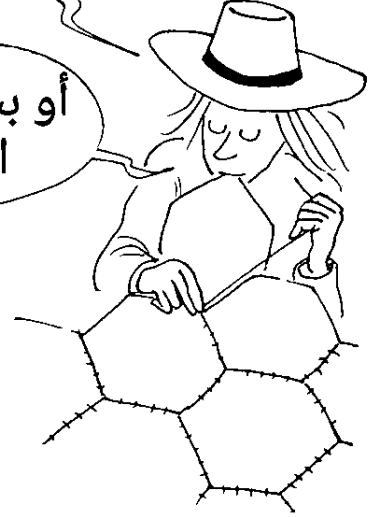
سنحصل إذا
على قطب

القطب هو ما يتبقى عند إزالة كل شيء.
هذه النقطة تمثل انحناءا مركزا يساوي 360 درجة

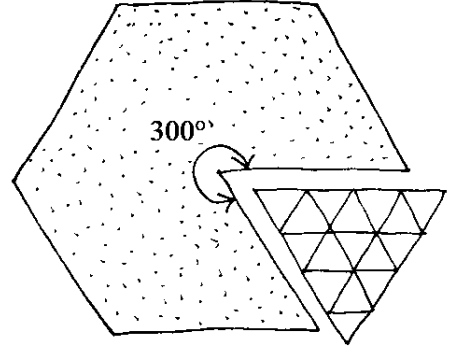
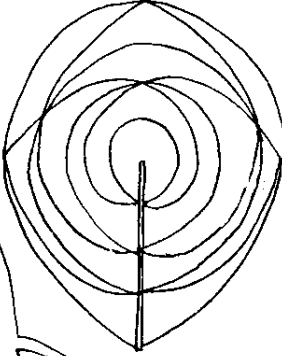
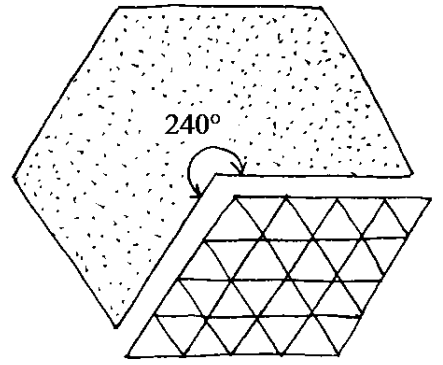
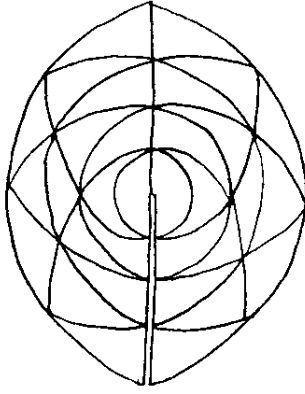
في وقت سابق، كنت قد رصفت الفضاءات الثنائية الأبعاد
(الأسطح المستوية) بمضلعات رباعية الزوايا. و كان من الممكن
أن أقوم بنفس العملية بمثلثات.



أو سداسيات
الزوايا.

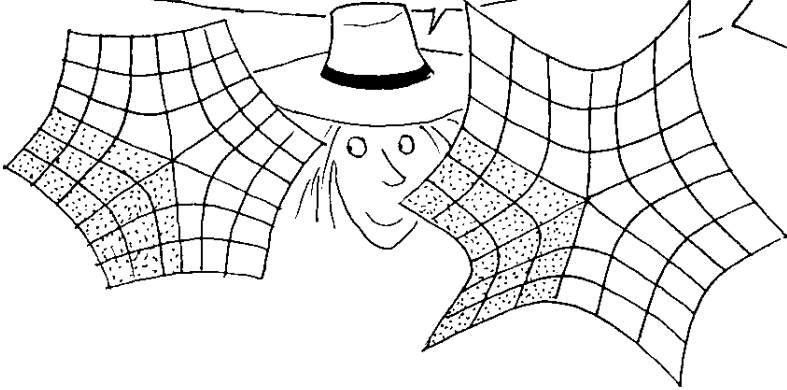
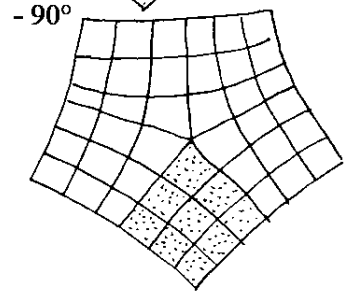
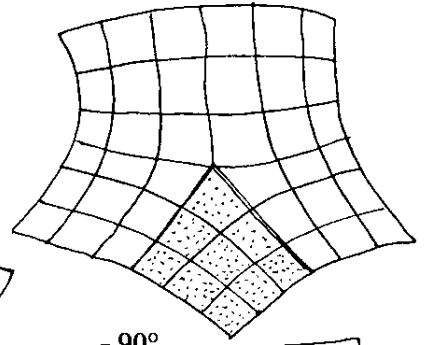


هذه الشبكات من المثلثات المتساوية الأضلاع
تنتج مخروطيات ذوات زوايا: 60 و 120 و 180
و 240 ثم 300 درجة

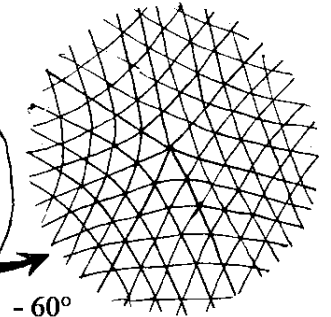


بإدخال قطعة ذات زاوية θ ،
سأقوم بإنشاء انحناء سلبي
(ناقص θ)، مركزا على قمة
هذا المخروطي

كمية الانحناء المركزي
= ناقص 180 درجة، إلخ.



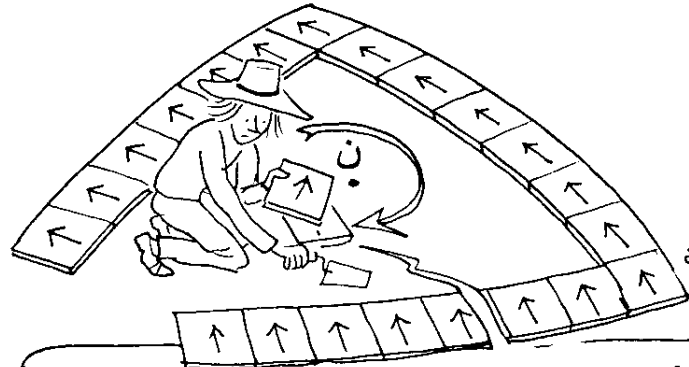
يمكننا أيضا أن نحصل
على مخروطيات-سالبة
جميلة بهذه الشبكات
الثلائية.



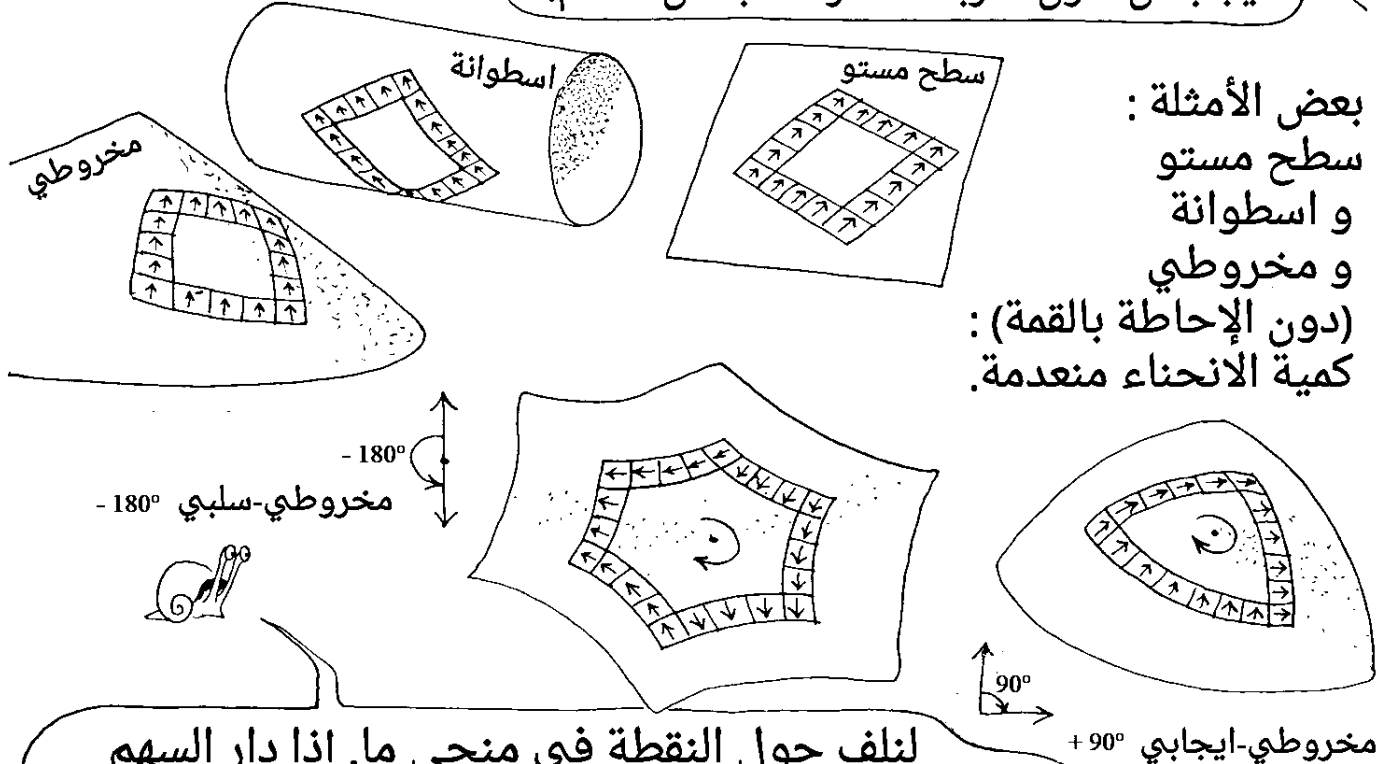
قياس الانحناء

الهدف من اللعبة هو أن نحيط نقطة مركزة الانحناء بالمربعات بشكل كامل، مع الحفاظ على استمرارية اتجاه الاسهم. عندما نلف حول النقطة ب، فإن زاوية دوران السهم تعطي قياسًا مباشرًا للانحناء θ .

سليم منشغل جدا بلعبة من نوع جديد



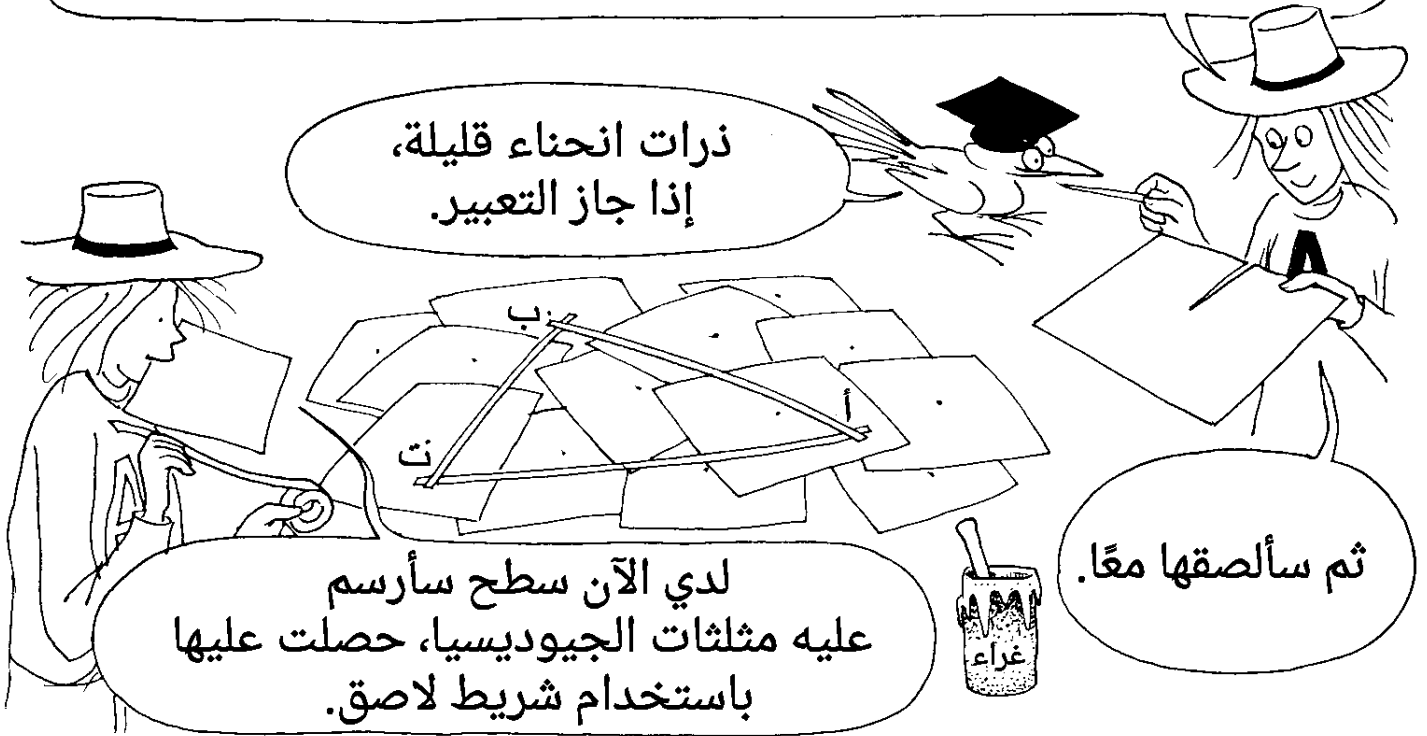
يجب أن تكون المربعات مترابطة بشكل محكم.



بعض الأمثلة :
سطح مستو
و اسطوانة
و مخروطي
(دون الإحاطة بالقمة):
كمية الانحناء منعدمة.

لنلف حول النقطة في منحنى ما. إذا دار السهم في نفس المنحنى، فهذا يعني أن المخروطي-إيجابي. أما إذا دار في المنحنى المعاكس فالأمر يتعلق بمخروطي-سلبى.

ستصنع مخروطيات-إيجابية، كل منها بزاوية θ صغيرة جدا.



يتجاوز مجموع زوايا المثلث 180 درجة بقيمة تساوي مجموع زوايا المخروطيات الأولية التي تحتوي على قمم داخل هذا المثلث.

الإدارة

يمكن اعتبار ما نسميه عادة سطحاً منحنياً، تجميعاً لعدد كبير جداً من المخروطيات الصغيرة الملتصقة معاً

يمكننا أيضاً أن نقوم بتجميع مخروطيات-سلبية، أو مخروطيات-إيجابية و سلبية معاً. سيكون مجموع زوايا المثلث 180 درجة بالإضافة إلى إجمالي الانحناء بداخله معاً جبرياً.

كشكول

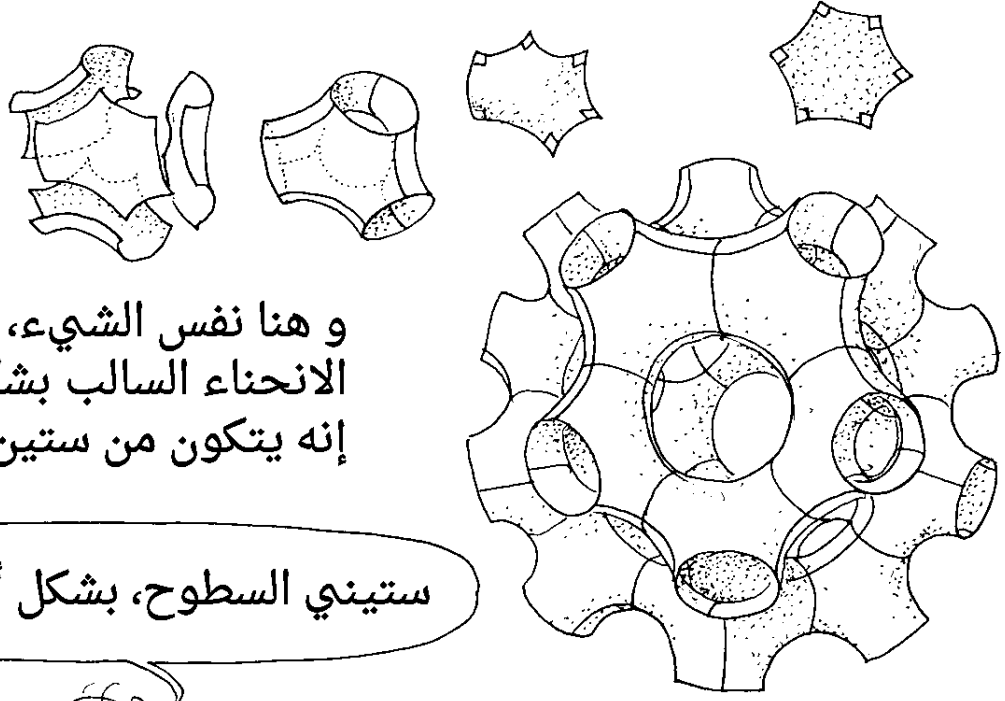
صوفيا. ماذا سيحصل إذا قمت بتجميع عدد كبير من المخروطيات السلبية؟

على سبيل المثال
مخروطي-سلبية
ذو زاوية θ (ناقص
180 درجة). سينتج عنه
سداسي الأضلاع جميع
زواياه قائمة.

يمكننا تجميعها أربعة بأربعة

إذا قمت بتجميع
عشرين منها،
ستحصل على هذه
القطعة ذات الانحناء
السلبية، كل واحد على
إحدى رؤوسه العشرين.
إثنى عشري السطوح

(*) في اللغة اليونانية DEDOKA = اثنا عشر + EDRA = القاعدة



و هنا نفس الشيء، حيث تم توزيع الانحناء السالب بشكل أكثر انتظامًا. إنه يتكون من ستين سداسي-متعامد.

ستيني السطوح، بشكل أو بآخر...

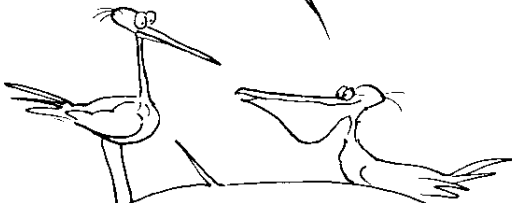


تبدو وكأنها فقرة من الاثناعشري السطوح.



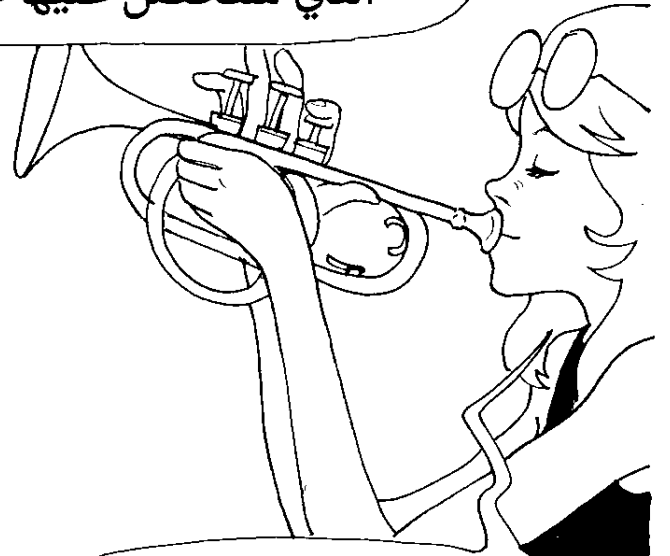
إذا كانت مهنتك صانع بلاط، وبلاطاتك سداسيات متعامدة، فسيكون شكل الأرضية التي ستحصل عليها على هذا النحو.

قيل لي يا عزيزي أنه من خلال تغيير جينات الحلزون، يمكننا أن نجعل قوقعته...



يال الهول !!!

!!!



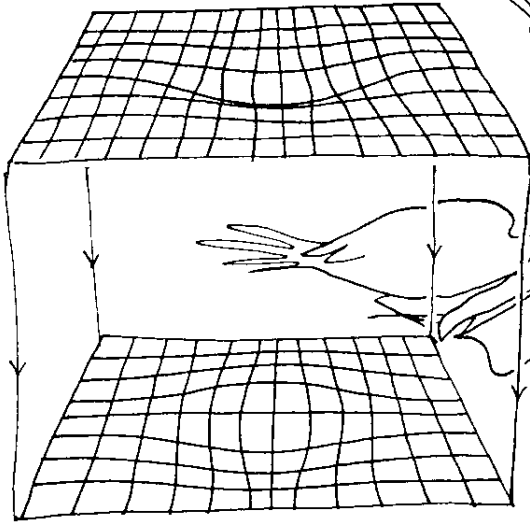
هذا المثال يوضح لنا كيف يمكن لتوزيع الانحناء أن يحدد أشكال الأشياء.

ثلاثة أبعاد

هذا صعب جدا،
لأنك تعيش فيه.

صوفيا، هل هناك أي طريقة
لرؤية تقوس وانحناء فضاءنا
ثلاثي الأبعاد؟

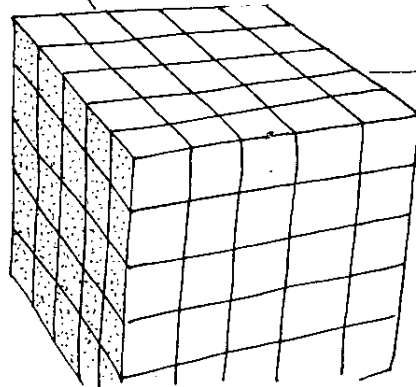
دعنا نرى،
لقد رأينا أنه يمكننا
اسقاط جيوديسيا مساحة
(ذات بعدين) على سطح
مستو (ذو بعدين كذلك)



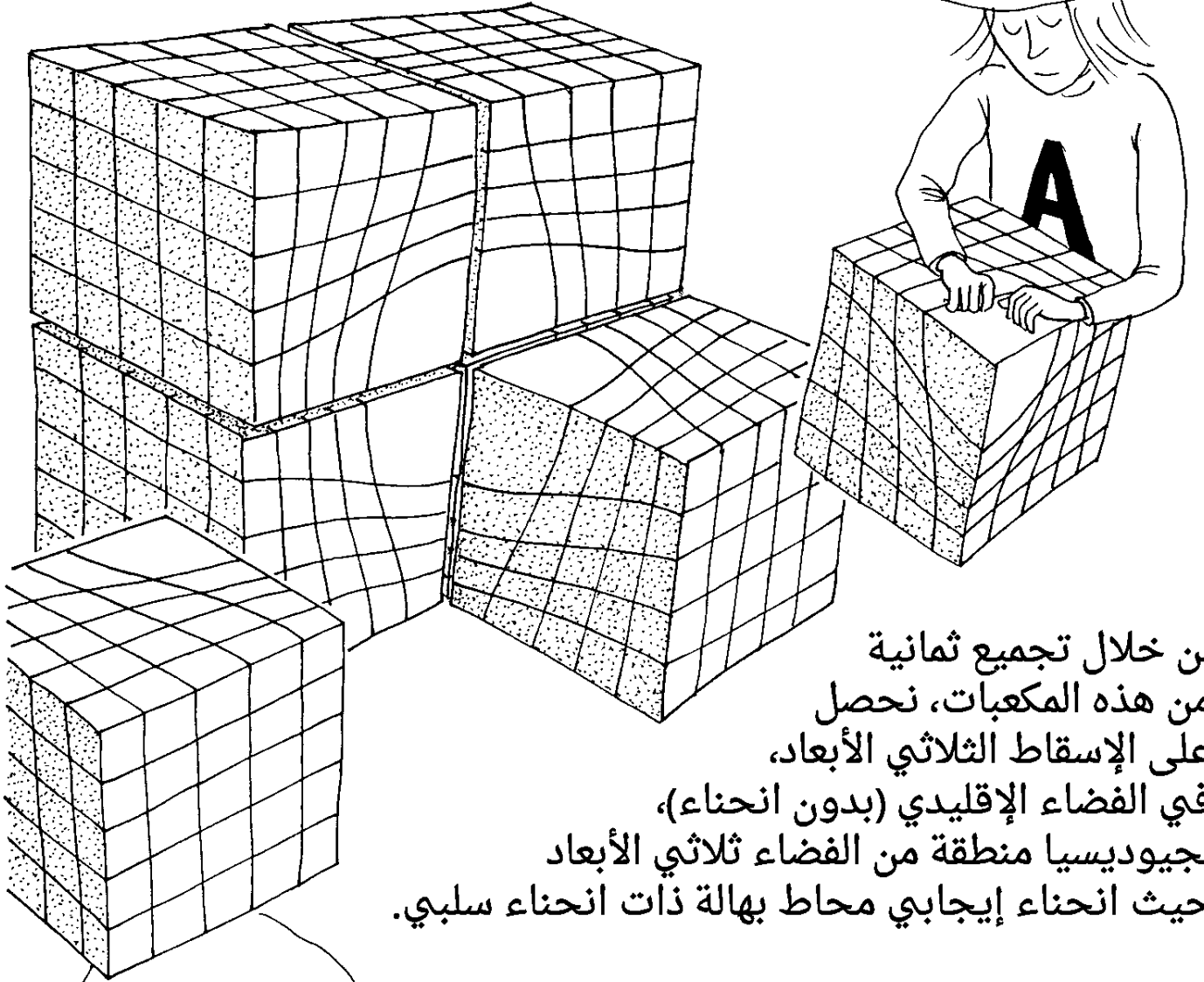
انظر الآن إلى هذا المكعب
المغطى بخيوط رفيع.



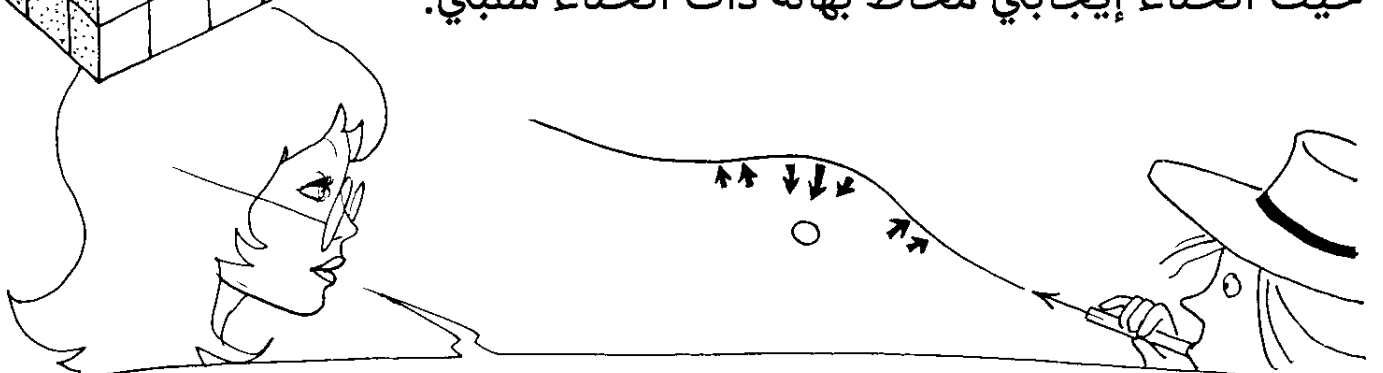
هذا التنوع البارز يمثل
انحناءا ايجابيا مركزا محاطا
بهالة ذات انحناء سلبي.



الآن، سأسحب الخيوط على هذا النحو :

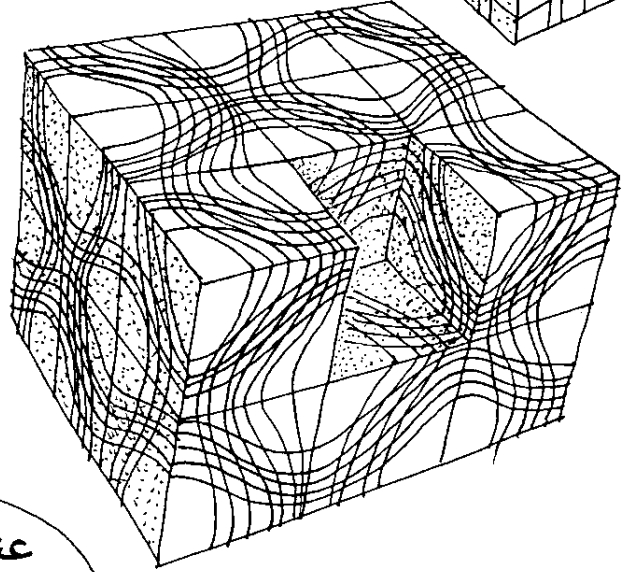
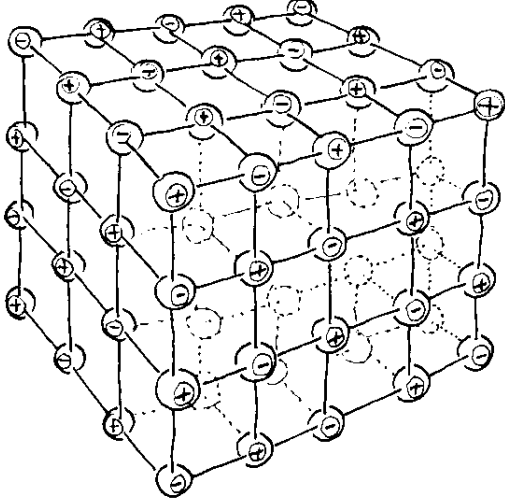
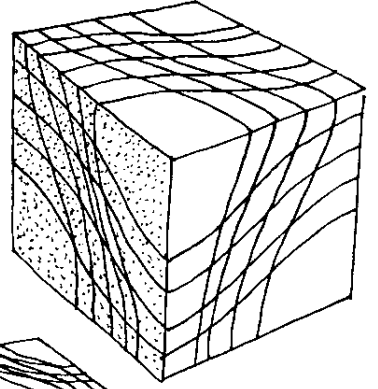


من خلال تجميع ثمانية
من هذه المكعبات، نحصل
على الإسقاط الثلاثي الأبعاد،
في الفضاء الإقليدي (بدون انحناء)،
لجيوديسيا منطقة من الفضاء ثلاثي الأبعاد
حيث انحناء إيجابي محاط بهالة ذات انحناء سلبي.

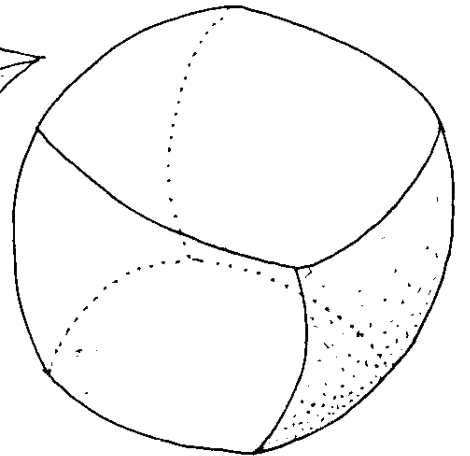
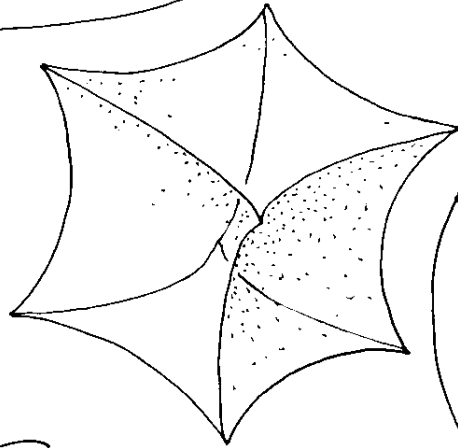


من خلال تشبيه هذه الجيوديسيا بالمسارات، فسيبدو الامر
في البداية تنافرا ثم جاذبية ثم تنافرا.

عن طريق سحب الخيوط بهذه الطريقة وتجميع المكعبات بشكل مناسب، سوف نرسم صورة لعالم تتعايش فيه الانحناءات الايجابية والسالبة على السواء :



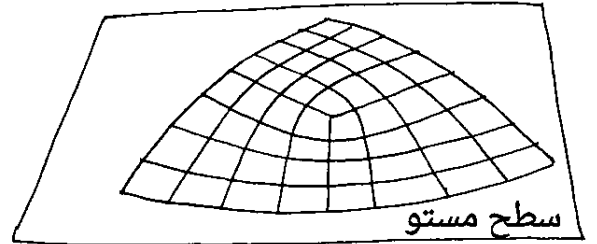
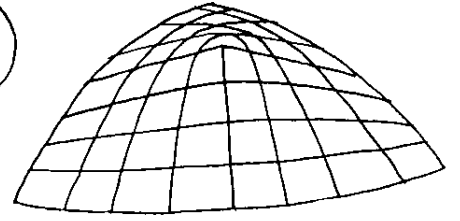
عندما ننظر إلى الأمر عن كثب، فالأمر يتعلق بتشوهات تطال مكعبات تشغل حيزاً في الفضاء ثلاثي الأبعاد.



حسناً، هذا عجيب، يمكنني إذن تكديس كل تلك المكعبات الغريبة وملء الفضاء.

الاسقاطات

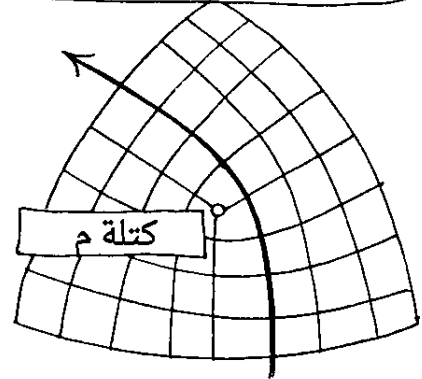
يمكنني اسقاط جيوديسيا مخروطي
على سطح مستو



كل هذه الخطوط المنحنية،
هذا يذكرني بالمسارات

بالضبط!

الفكرة الأساسية في النسبية العامة
هي تشبيه الكتل بتغييرات محلية
لانحناء الفضاء.

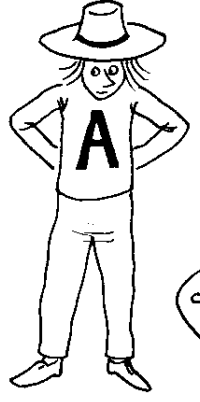


هي هي! .. بالنسبة لي،
الزاوية المناسبة هي $\pi / 8$...

هل تقصد أن الكتلة
عبارة عن زاوية؟!؟

نعم، ما دامت الكتل هي تركيزات انحناء

باختصار، ما تعنيه سيد ألبرت هو أن الانعطافات
و الانحرافات في المسارات، الناتجة عن القوى،
ليست في الواقع سوى اسقاطات، في عالمنا
المحسوس، لمسار ما في سطح مغاير... بشكل
آخر هي جيوديسيا لهذا السطح.



المزيد من الميتافيزيقيا!

لا، بل هذا علم الهندسة.

سأقدم لك مثلاً آخر، تخيل أننا
في كبسولة فضائية في مدار حول الأرض.

لقد تخلصنا من قوة الجاذبية

آه، لا!

مي!

الآن، سنلعب نوعاً
من لعبة البلياردو

على ما يبدو، يتكون هذا الشيء من سطحين شفافين، مليئين بالطيات و النتوءات، ولكنهما متشابهين و متطابقين تماما وقريبان من بعضها البعض.

سيسمح لنا ذلك بأن نقذف كريات صغيرة بين السطحين و نراقب مساراتها.

لا ترتبط المسارات بالسرعة الأولية "س" والتي تبقى ثابتة أثناء الحركة بأكملها.

الإدارة

في هذه الحالة بالذات، يتبين أن جميع المسارات المحتملة جيوديسيا. (إذا كانت هناك جاذبية فلن يكون الامر كذلك).

أوه، انظروا: المصباح يسقط المسارات على أرضية الكبسولة الفضائية !

أي شخص لا يرى سوى هذه الظلال، سوف يعتقد أن الأشياء التي تتحرك تتعرض لقوى معينة. في حين ان الأمر يتعلق فقط بمشكلة انحناءات السطح.

عندما نراقب مسار مذنب ما حول الشمس، على افتراض أن الفضاء الإقليدي ثلاثي الأبعاد و بدون انحناء، في الواقع هذا المذنب يتبع جيوديسيا فضاء ما حيث... ينطلق في مسار مستقيم!!!

نحن لا نرى سوى ظلال الأشياء.

ما هذه الأفلاطونيات، يا عزيزي تيريسياس

يمكننا فقط الانطلاق في مسار مستقيم!

للضوء أيضا الجيوديسيا

حسنًا، إنه أمر عجيب، الجيوديسيا، عندما نسقطها من خلال زاوية أخرى، يبدو الأمر مغايرا و مختلفا تماما!

!?!?

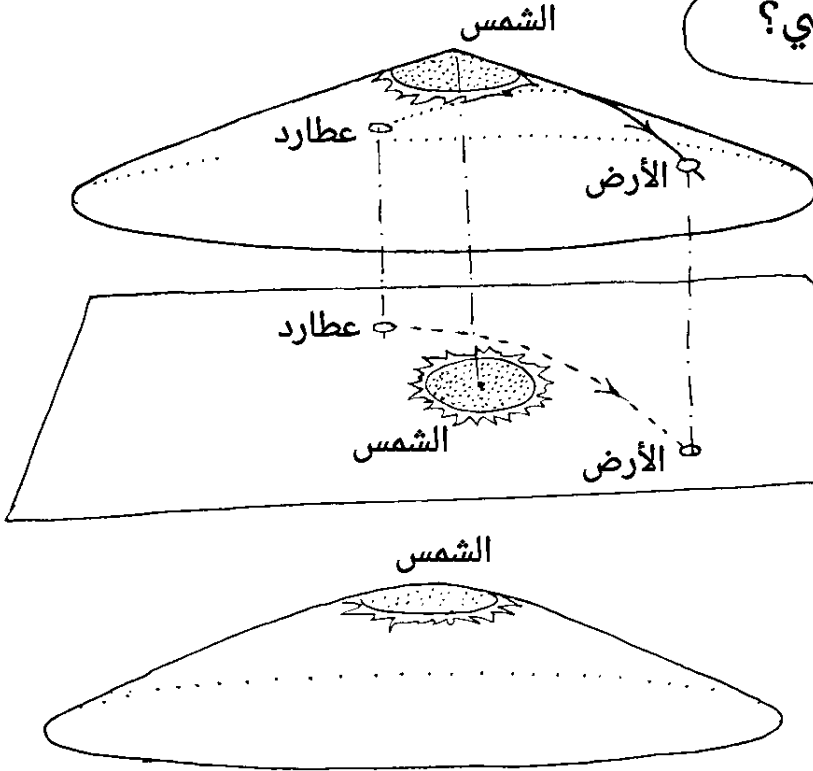
تيريسياس!

حسنا، حسنا...



الكتلة و المادة

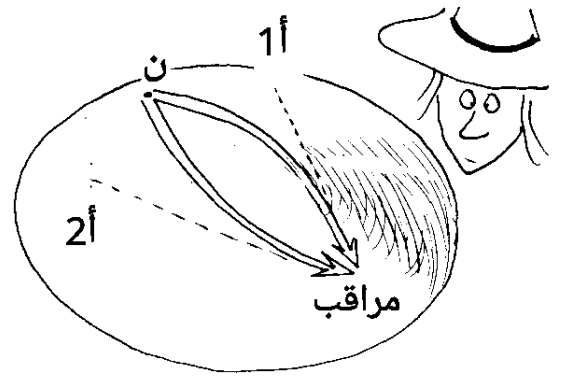
ولكن، هل الشمس... مخروطي؟



حسنا، نحن نعرف
أن الشمس تحرف أشعة
الضوء القادمة من عطارد.

نحن نعتقد أن الفضاء، في محيط
الشمس، مستو. في الواقع، هذا النجم،
و بالنظر لكتلته الكبيرة يمثل كمية
معينة من الانحناء. لكن، بما أن الشمس ليست
كتلة نقطية، علينا إذن أن نمثل هذه المنطقة
من الفضاء باستخدام مخروطي سلس.

يمكن للأجسام الضخمة و الهائلة ثني
و طي الفضاء إلى حد أن مراقبا يوجد
في نقطة ما سيتمكن من رؤية صورتين
1أ و 2أ لنفس النجم ن :
هذا هو تأثير جاذبية المادة، أو عدسة الجاذبية،
و لقد تم التحقق من هذا التأثير مؤخرا
عن طريق المراقبة.

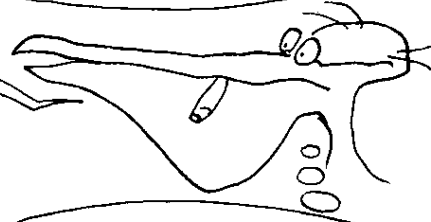


تمثل كتل الذرات والجسيمات
الانحناء العام للكون.



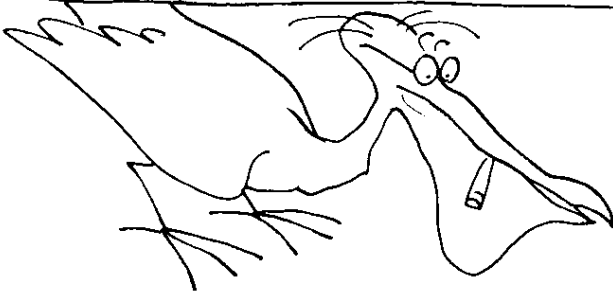
سنعطي للكتلة معنى
هندسيا

ولكن، يوجد فراغ بين
الذرات... أليس كذلك؟



ولكن لا، يا عزيزي، هذا التعارض القديم
بين المادة والفراغ متجاوز تمامًا. الشيء
الوحيد المتبقي حاليًا هو الهندسة

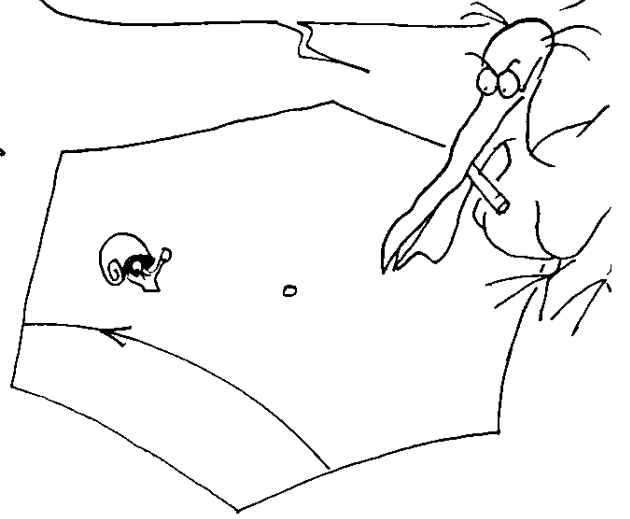
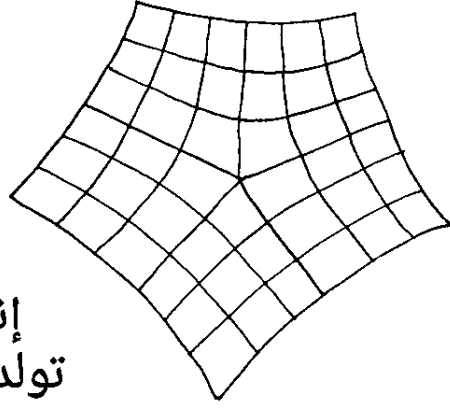
وإلا فأنا لم أعد
أفقه شيئًا...



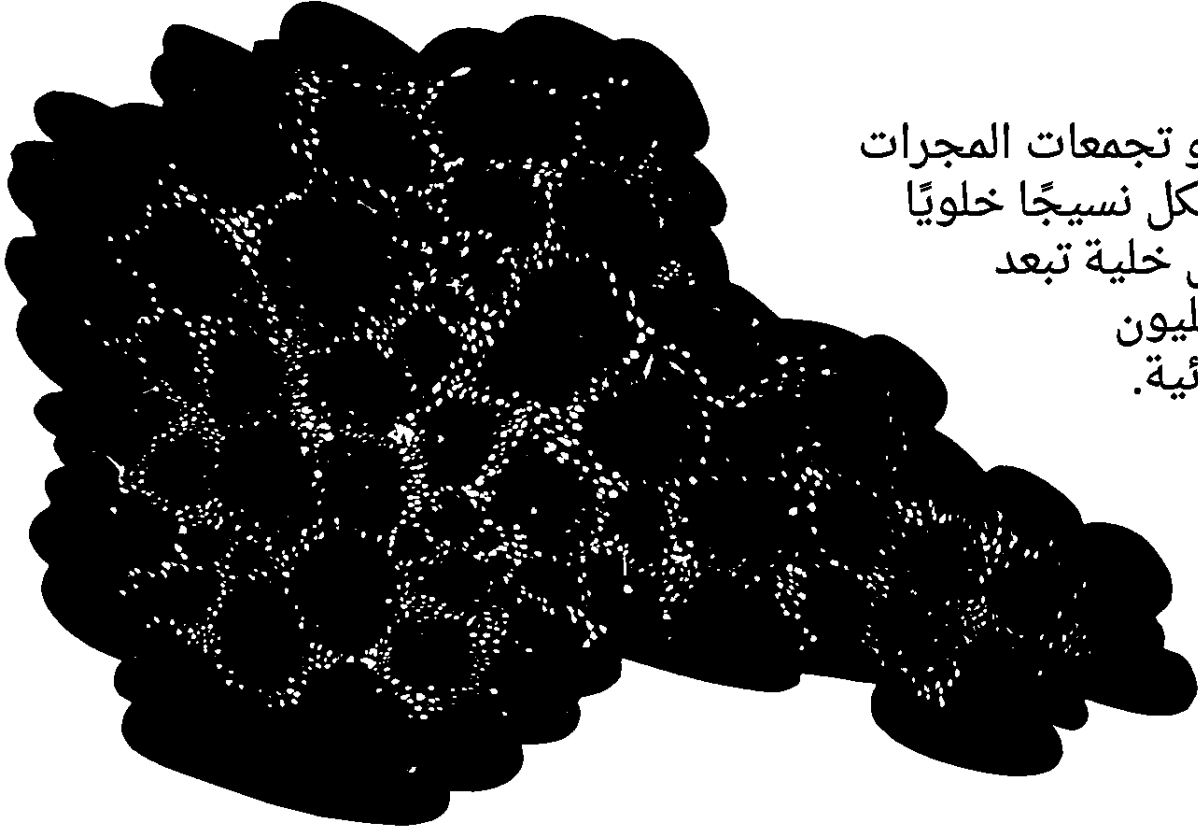
الهندسة !!



والمخروطيات السالبة ؟



إنها تمثل "كتلا سالبة"
تولد قوى طاردة. سيكون
هذا العالم المليء بالكتل السالبة
غريبا جدا. فبدلا من أن تولد هذه الكتل
مجرات و نجوم سيكون هذا العالم مليئا
بالفراغات العملاقة و الكثير من الفقاعات.

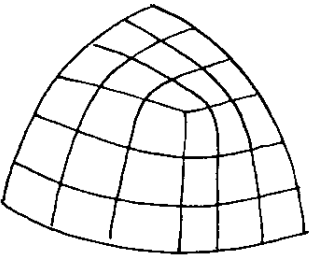
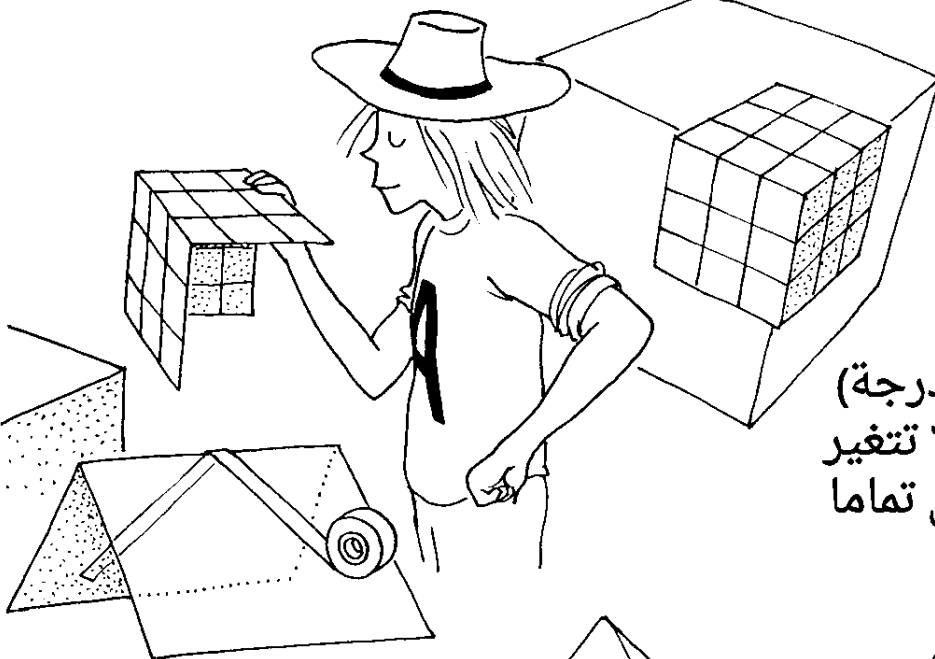
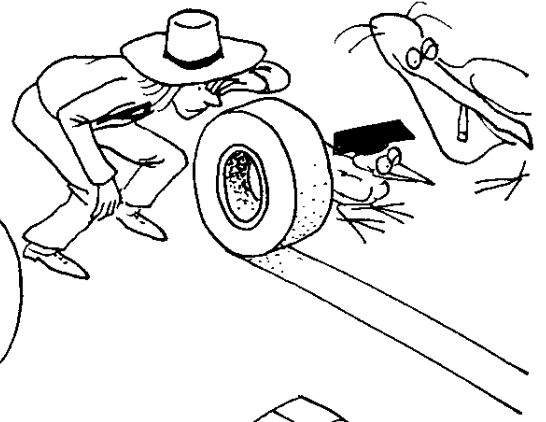


هكذا تبدو تجمعات المجرات
وهي تشكل نسيجًا خلويًا
غريبًا، كل خلية تبعد
ب200 مليون
سنة ضوئية.

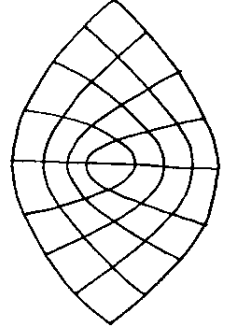
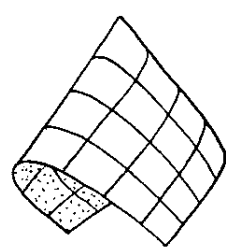
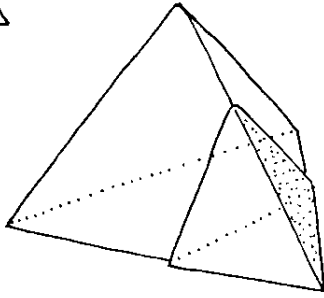
من الممكن أن تكون قوى الجاذبية طاردة و نافرة على مسافات كبيرة جدا.

متعددات السطوح

سليم، بإمكانك تجسيد الجيوديسيا لسطح ما باستخدام شريط لاصق، على سبيل المثال.

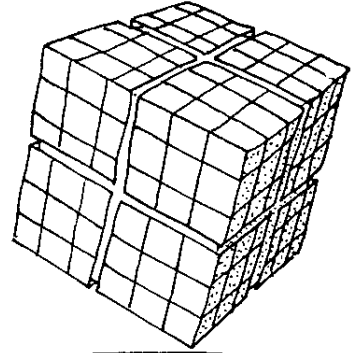
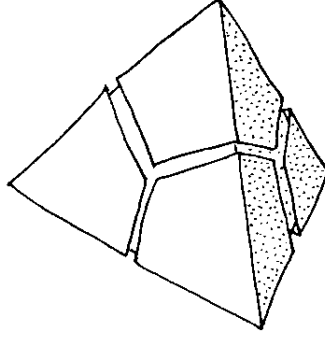
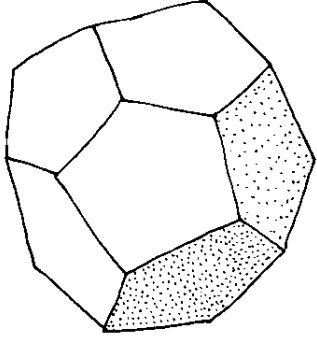


عندما تطوي هذا المخروطي ($\theta = 90$ درجة) فالجيوديسيا الخاصة به لا تتغير أبدا. بل سيتطابق و يتماثل تماما مع زوايا مكعب.



وبالمثل، يمكنك إحداث ثلاث طيات على هذا المخروطي ($\theta = 180$ درجة) بحيث يكون في استطاعتنا تركيبه على زوايا "رباعي سطوح" منتظم.

على الفضاء ان يكون مفتوحًا أم مغلقًا ؟

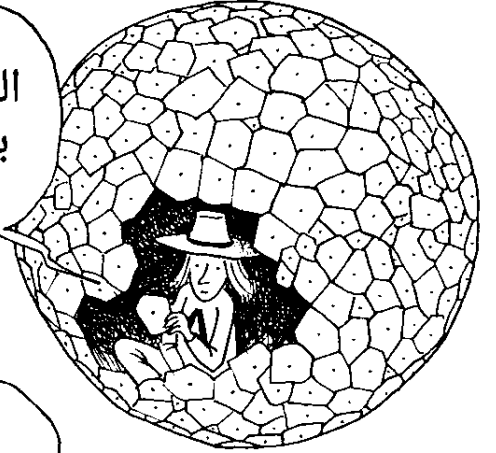


عشرون مخروطيات
($\theta = 36$ درجة) تسمح لنا ببناء
"إثناعشري السطوح"
 $720 = 20 \times 36$ درجة

اربعة مخروطيات
($\theta = 180$ درجة)
تسمح لنا ببناء "رباعي
أسطح" $720 = 4 \times 180$ درجة

ثمانية مخروطيات
($\theta = 90$ درجة)
تسمح لنا ببناء "مكعب"
 $720 = 8 \times 90$ درجة

عندما أقوم بتجميع عددا من المخروطيات
الصغيرة (ن) بشكل منتظم قدر الإمكان، أجد أنه عندما
يكون حاصل ضرب (ن) في الزاوية θ هو 720 درجة
($\theta = 720 \times$ ن درجة)، أحصل على ... كرة !

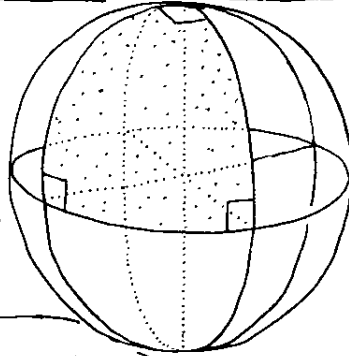
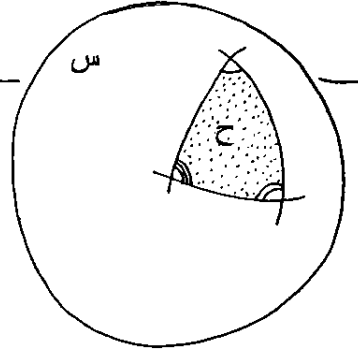


هذا أمر طبيعي لأن مجموع
انحناء الكرة هو 720 درجة.

أما الآن، فأخرج
من هناك يا عزيزي

يتوزع الانحناء بشكل منتظم على جسم كروي. وبالتالي فإن مجموع زوايا مثلث مرسوم على حيز ما في الكرة هو:
 $180 + 720 \times \text{ح.س.}$ حيث تمثل (ح) مساحة المثلث و (س) المساحة الإجمالية للكرة.

الإدارة.



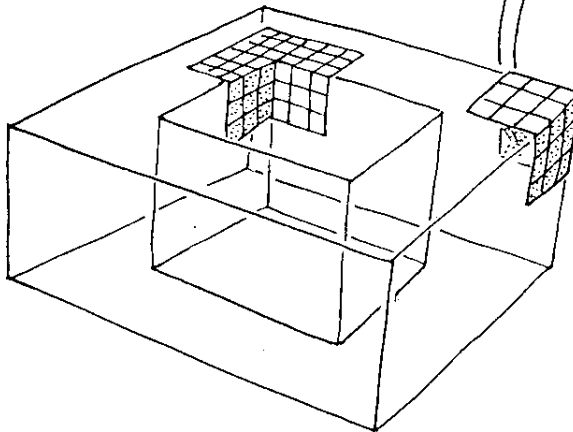
مثلا، يحتل هذا المثلث مساحة توازي ثمن سطح الكرة:

$$أ + ب + ت = 180 + \frac{720}{8} = 270 \text{ درجة.}$$

لأسباب مماثلة، إذا كان متوسط الكثافة في فضاءنا ثلاثي الأبعاد (أي كمية الانحناء لكل وحدة حجم) تتجاوز 10^{-29} جرامات / سنتيمتر مكعب، فسيغلق هذا الفضاء على نفسه.

هذا رائع !

أخبرني يا سيد ألبير، ما هو مجموع انحناء ؟



الامر بسيط يا سليم، عليك فقط أن تمثلها على هذا النحو:

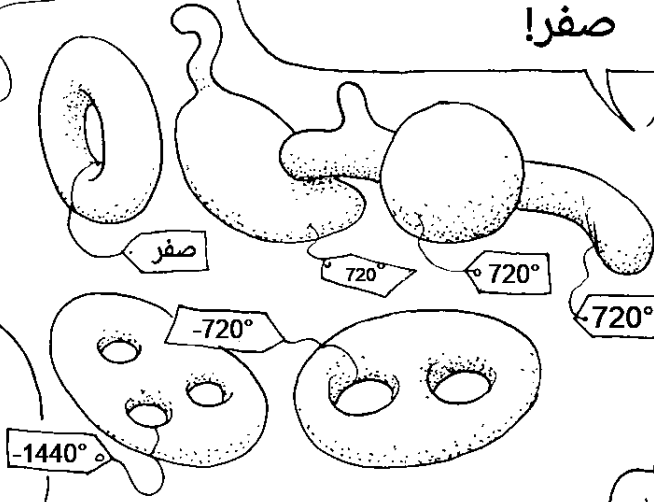
بالنسبة للمخروطي الايجابي: $(\theta = +90)$
 و بالنسبة للمخروطي السلبي: $(\theta = -90)$

(* نظرية غوس)

مجموع الزوايا، الستة عشر،
للانحناءات الستة عشر منعدم.
إذن فمجموع إنحناء الطارة هو ...
صفر!

نعم ...

مجموع انحناءات
الاجسام الكروية
الشكل هو 720 درجة
(أي 4π)



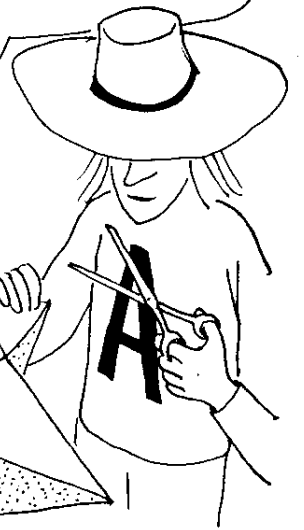
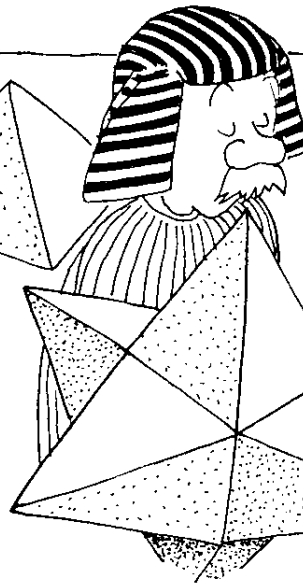
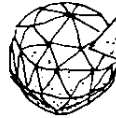
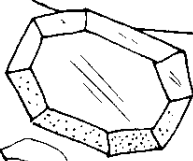
بالنسبة لطارة تمتلك العدد (ن) من الثقوب، كعكة،
سيكون مجموع انحناءاتها : ناقص $4\pi \times (ن - 1)$

إذا صنعت جسما مغلقا حول نفسه،
(متعدد السطوح)، من خلال جمع انحناءات
قممه و رؤوسه، ستحصل على انحناءه الكلي.

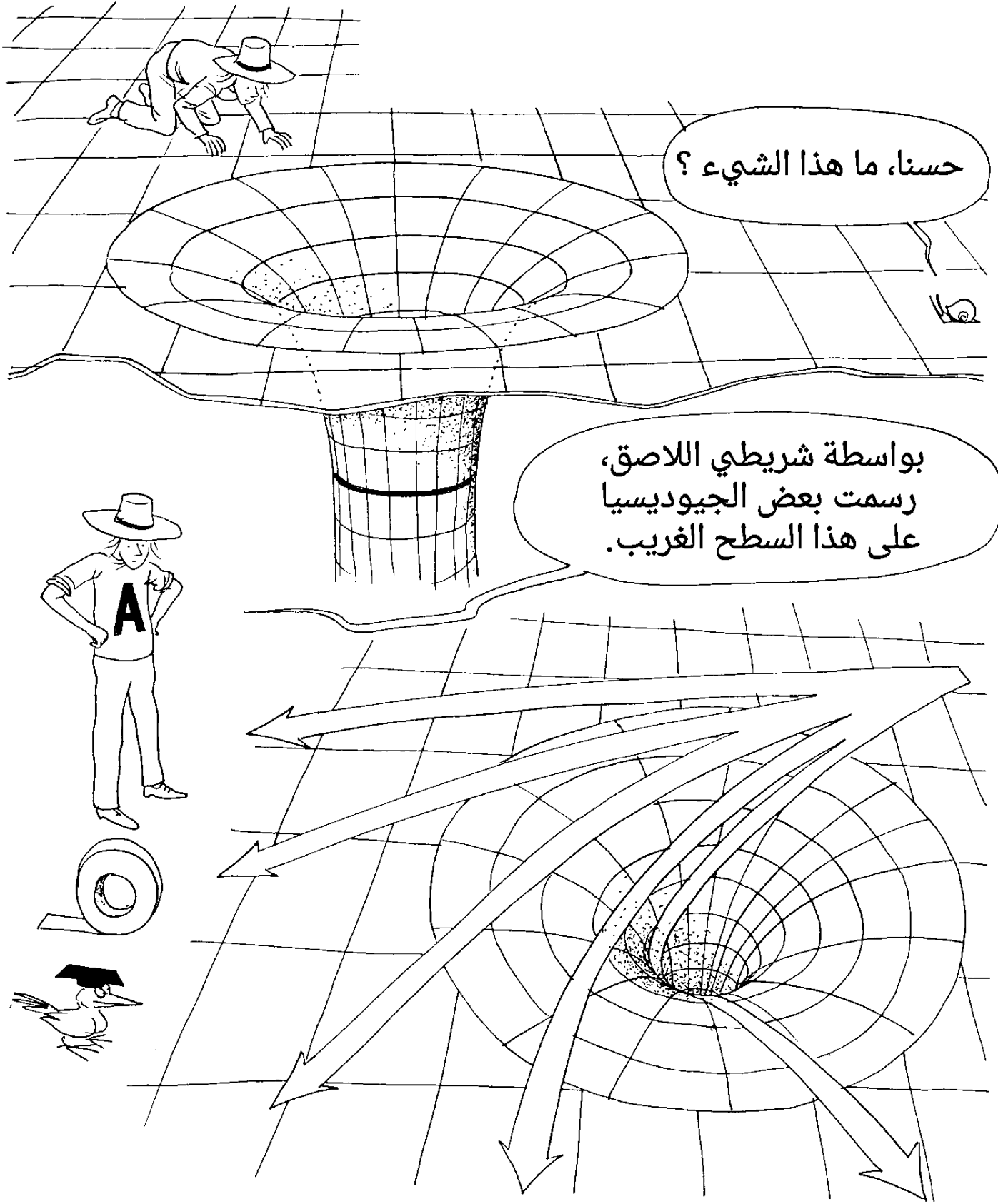
تيرياسياس،
ماذا تفعل
يا صديقي؟



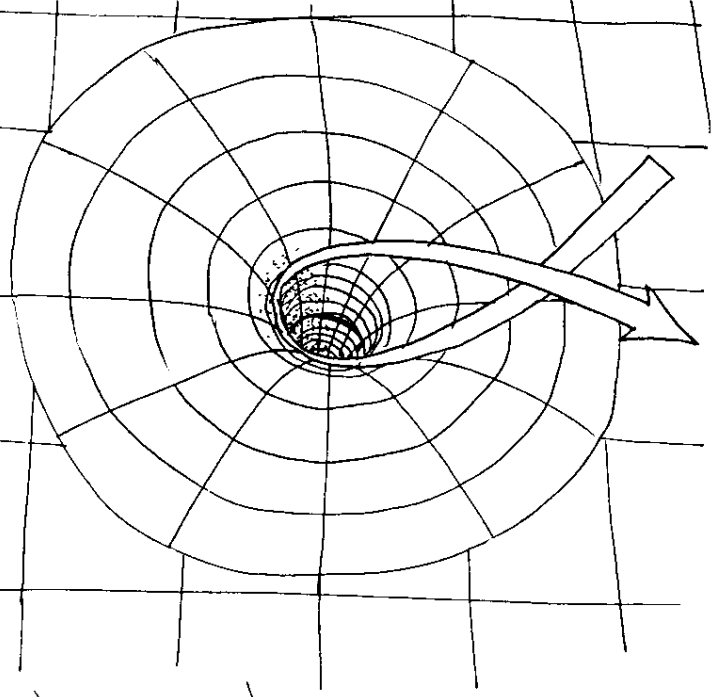
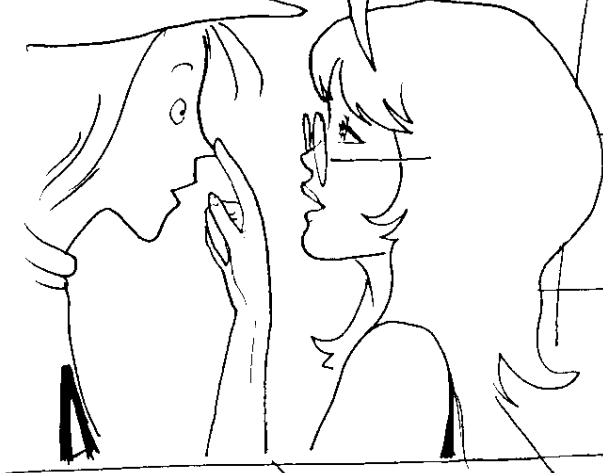
أحاول أن أجد
قيمة الانحناء
الخاص بي



مقاربة أولى للثقب الأسود



إذا غاصت الجيوديسية
بما فيه الكفاية في هذا البئر، فقد
تذهب إلى حد التداخل و التقاطع
مع نفسها.



سطح مستو

رابط الأسطوانة و السطح المستو.

إذا قطعت الجيوديسيا
الدائرة التي تفصل بين هذا
السطح المستو و الأنبوب
الأسطواناني، فلن تعود
مرة أخرى.

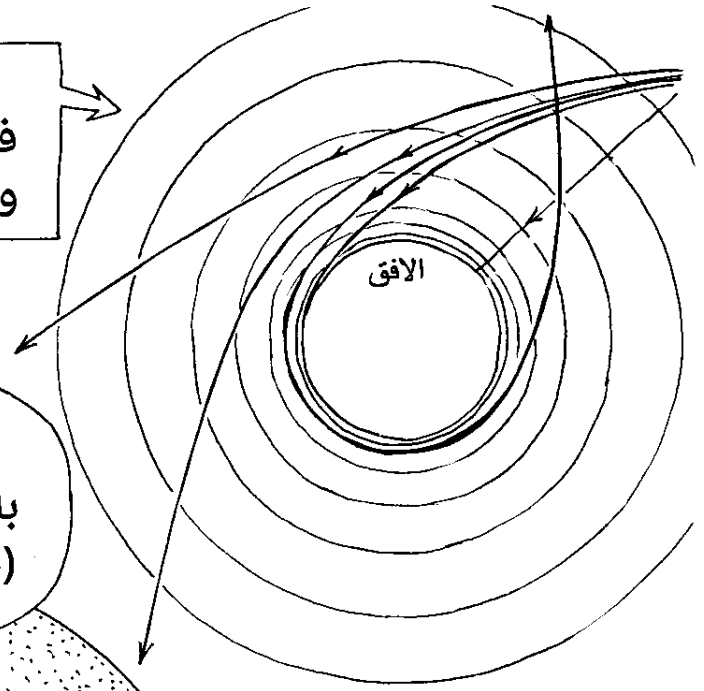


نحن نسمي هذه الحدود بالأفق.

أسطوانة

جيوديسيا الاسطوانة لولبية.

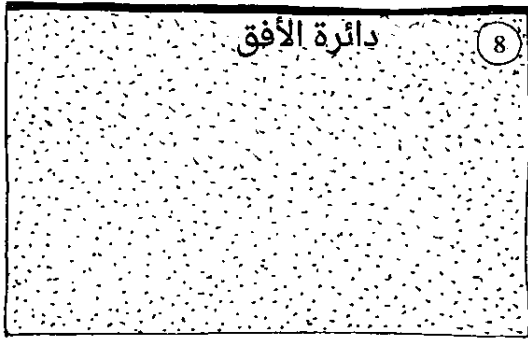
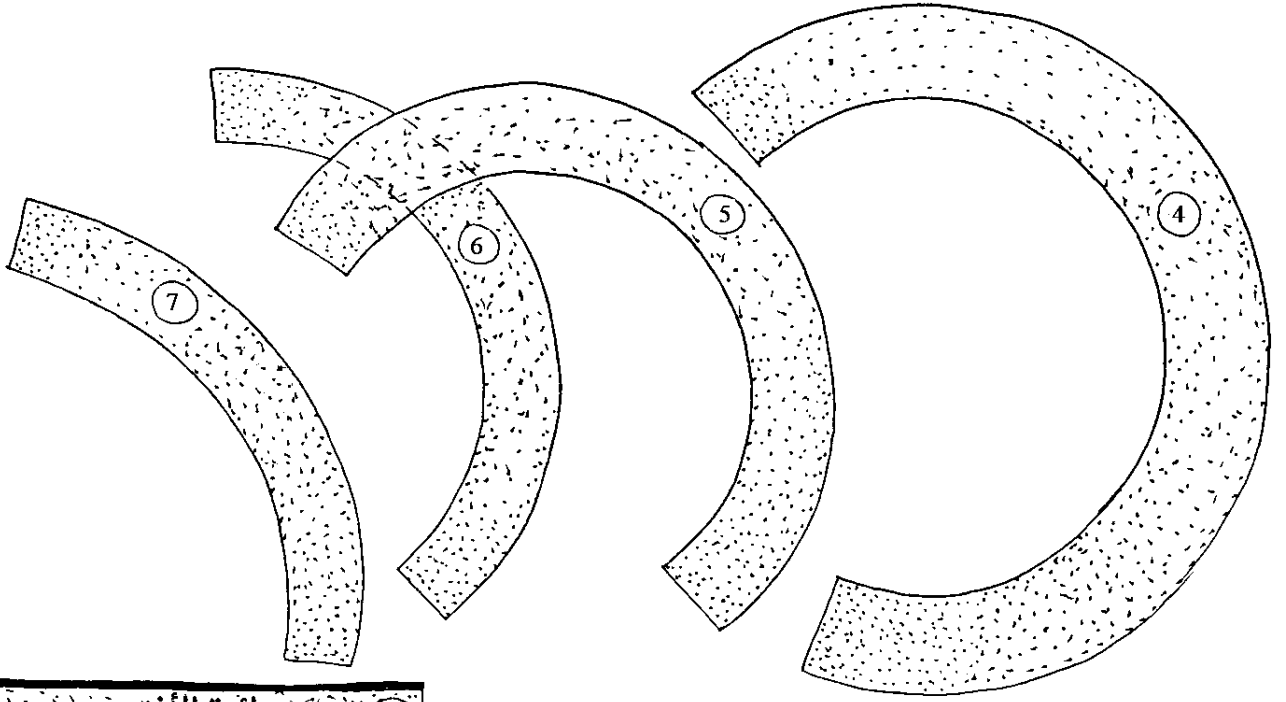
إذا عاش شخص ما
في عالم ثنائي الأبعاد، فسوف يرى
و يتصور المسارات على هذا النحو.



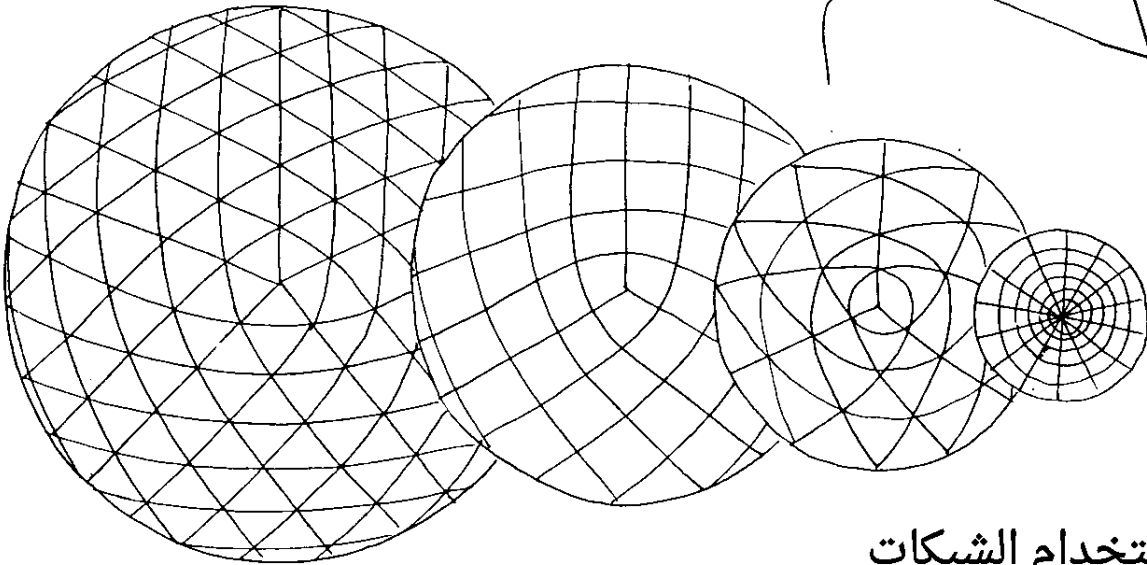
تستطيع أن تصنع الثقب الأسود
الخاص بك، باستخدام سطح مستو
به ثقب (1) و ستة قطع من المخاروطيات
(من (2) إلى (7) يتم تجميعها من الطرف
إلى الطرف) وأسطوانة (8).



متغيرات

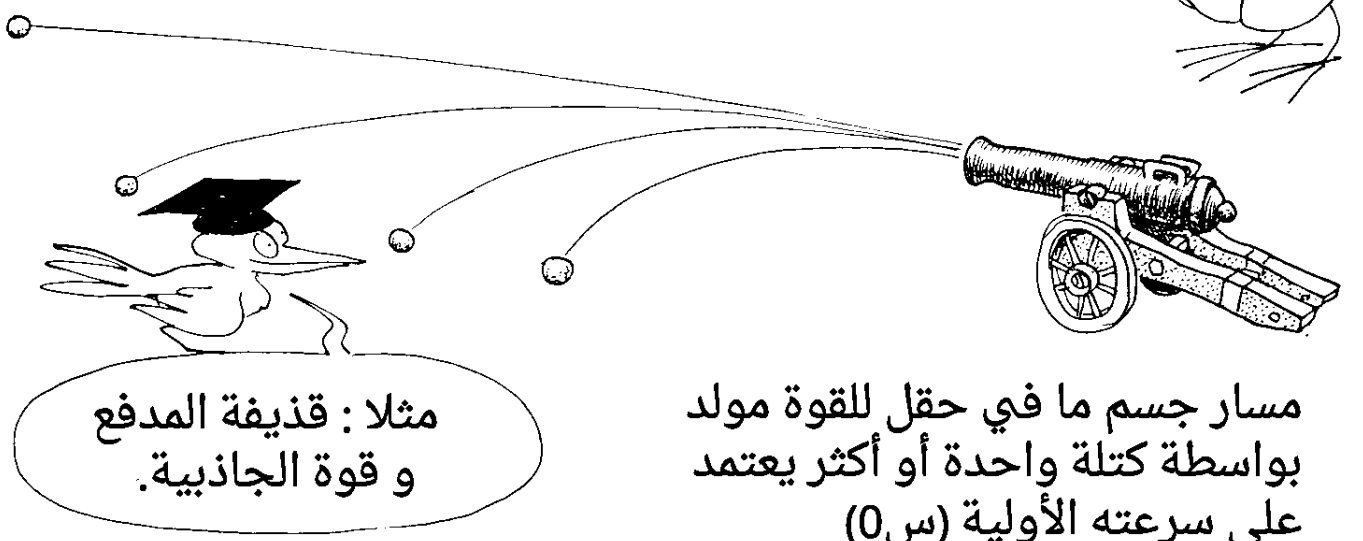
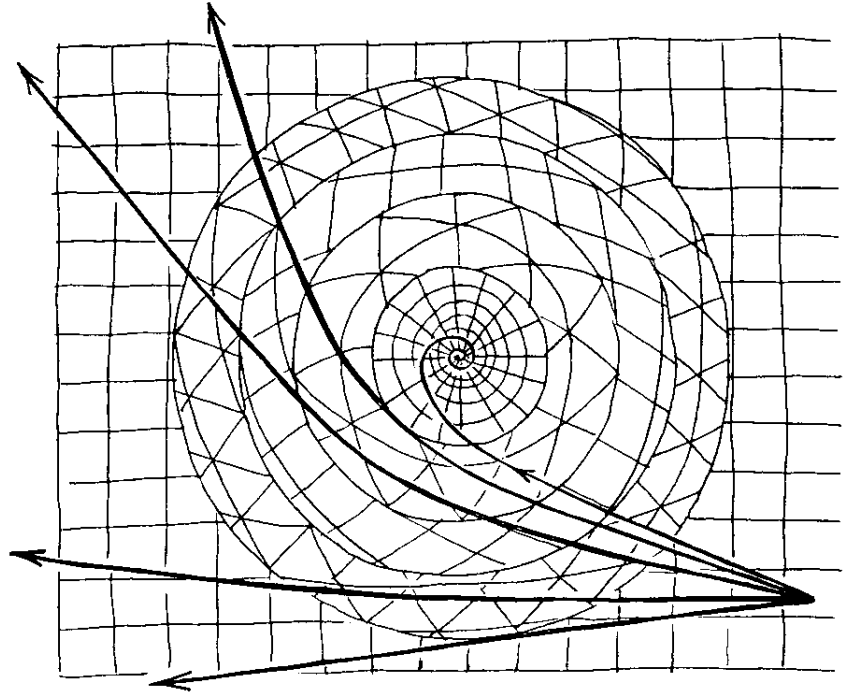


هذه طريقة أخرى لتمثيل الثقب
الأسود، باستخدام الشبكات.

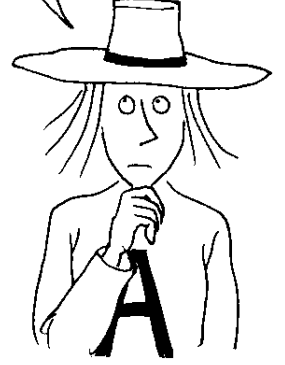


تم اختيار استخدام الشبكات
المنتظمة و العادية لأسباب جمالية فقط.

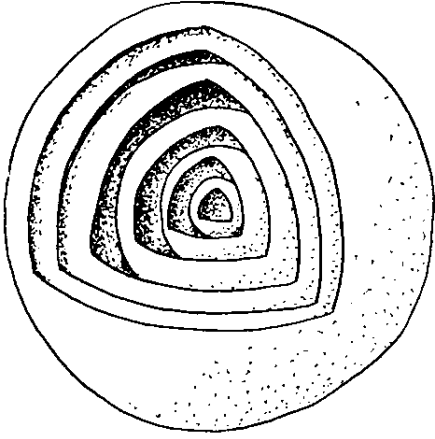
قواعد اللعبة:
يجب علينا أن نقطع هذه الشبكات
المتتالية من خلال زاوية ثابتة،
مع الحفاظ على الاتصال
و الاستمرارية عند كل حد دائري.
تزداد شدة الجاذبية كلما اقتربنا
من الثقب الأسود.
داخل دائرة الأفق، يصبح المسار
لولبيا. تجدر الإشارة إلى أنه يمكن
تشبيه الشبكة المركزية، القطبية،
لشبكة الجيوديسيا على اسطوانة،
يتم عرضها في "المنظور" (*).



إذن، فالرسومات السابقة توافق قيمة معينة
للسرعة الأولية (س0)؟



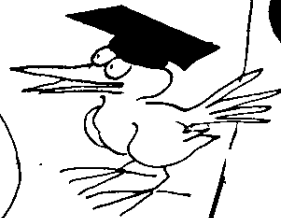
في الغوص



تخيل معي عالمًا مبنياً
على شكل بصلة، أي مكون
من مجموعة من الطبقات
متحدة المركز. (*)

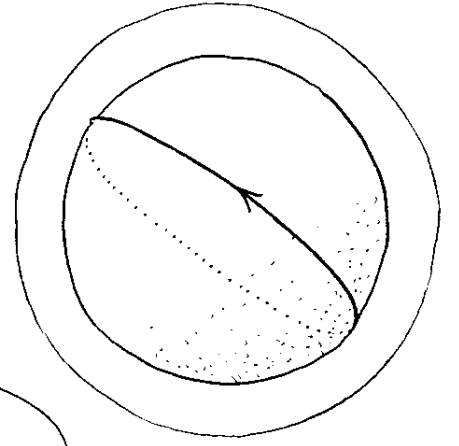
كل طبقة تماثل كثافة معينة من السرعة (س)،
و كلما توغلنا أعمق كلما كنا أسرع.

عندما نبلغ سرعة الضوء،
نكون في مركز البصلة.

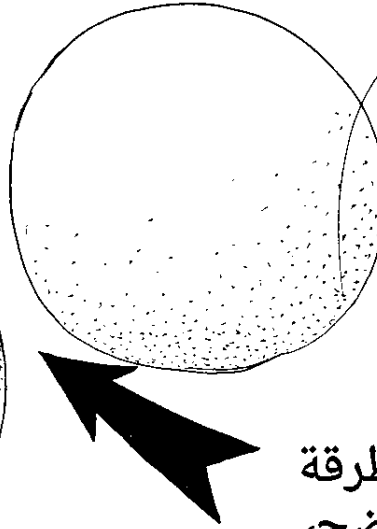
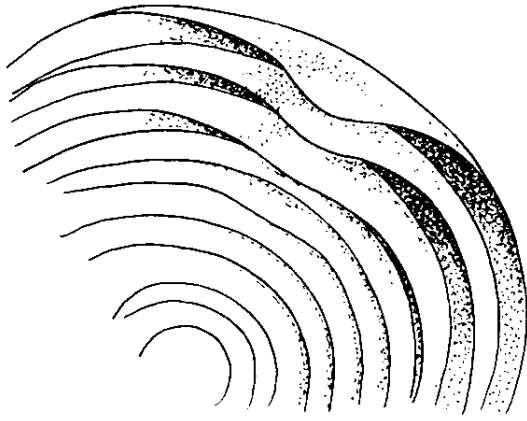


(*) تم تقديم هذا النموذج بالفعل في، كل شيء نسبي، تحت
إسم "الحديقة الكونية" لنفس المؤلف، إصدارات (BELIN).

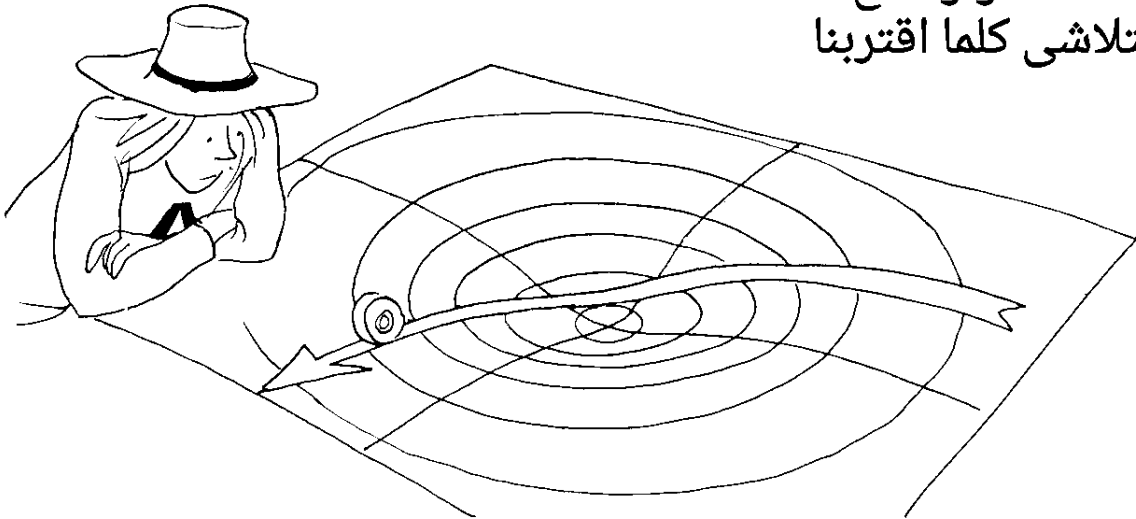
في غياب القوى، سيحافظ أي جسم على سرعته (س0)،
(لهذا السبب سيبقى دائما على نفس المسافة من مركز
البصلة). أنه يتبع جيوديسيا الكرة المقابلة، وهذا يعني،
دائرة كبيرة.



والآن...
إنتهوا جيدا!

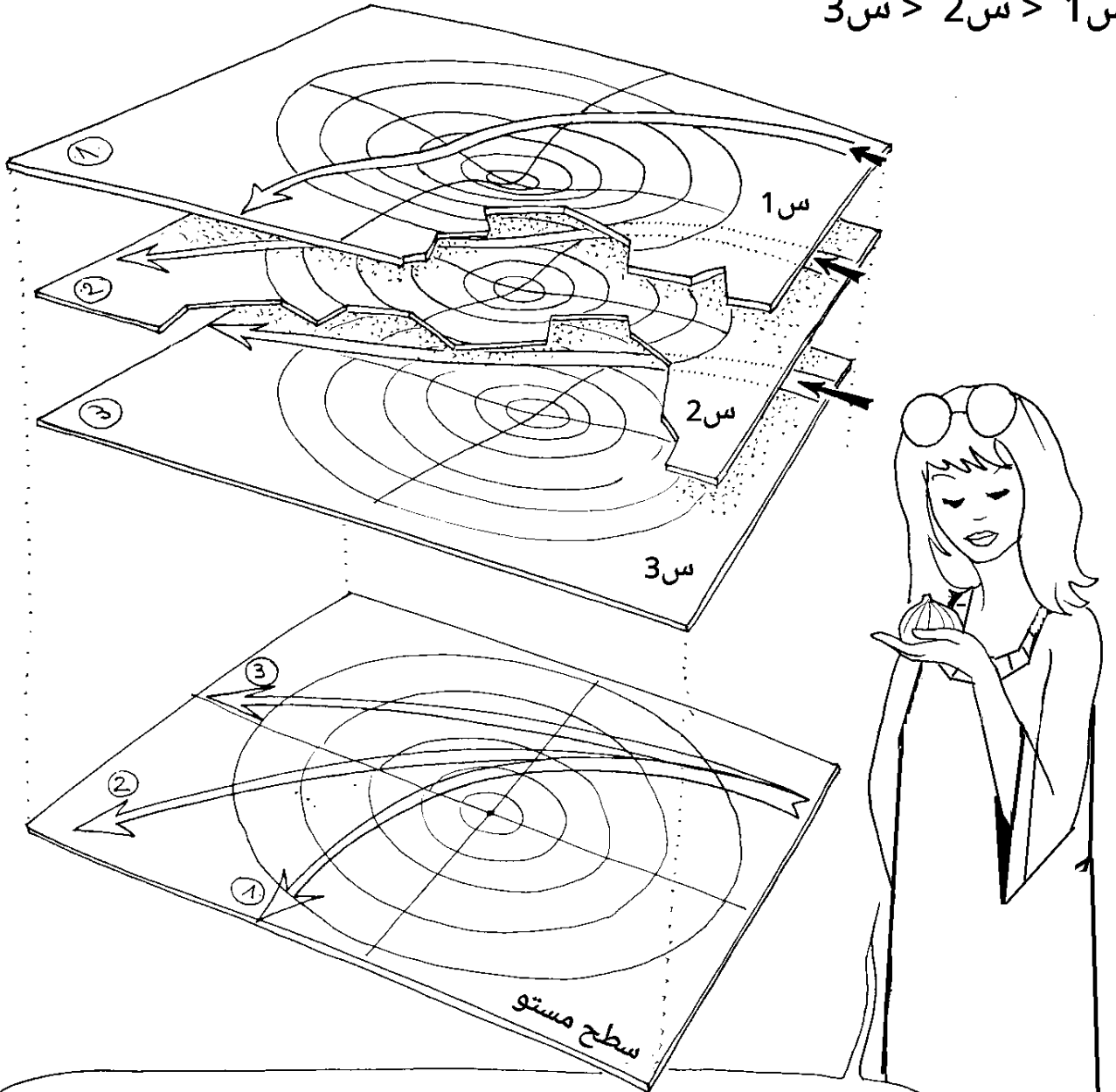


هذه هي نتيجة ضربة مطرقة
السيد ألبرت. فكما هو واضح،
فإن التأثير يتلاشى كلما اقتربنا
من المركز.



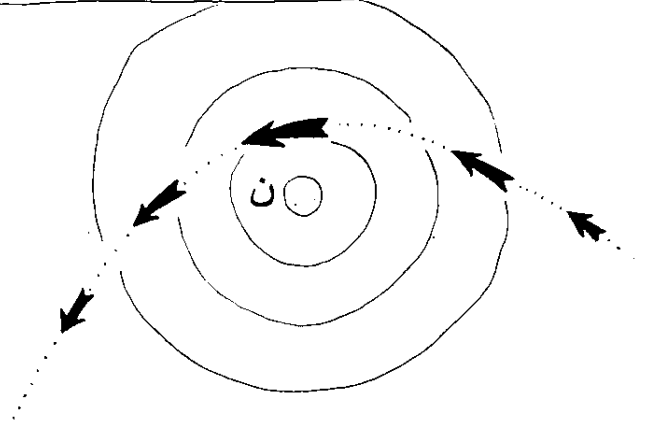
هذه حفرة (أو نتوء)، لقد رسمنا خطوط المستوى (وهي ليست الجيوديسيا!)
إلى جانب جيودسية معينة.

1س > 2س > 3س



كلما كانت السرعة الأولية أبطأ، كلما كان التشوه أكثر وضوحًا و بروزًا، وكلما كبر الانحناء في المسار.

تحت تأثير قوة الجاذبية، تزداد سرعة الجسم في البداية و تنخفض بعد ذلك. يصل الجسم إلى سرعته القصوى عندما تكون المسافة بينه و بين الجسم الجاذب في حدها الأدنى (الحضيض)



ما هذه الآلة؟!

إنها "آلة الزمن".

إنها تتيح لنا تتبع
جيوديسيا الحديقة الكونية

ولكن لماذا سنستقلها؟

لن أضع
رجلي داخلها
مهما حصل!

الحديقة الكونية
بأكملها مغمورة بسائل
"إستخدام الوقت" (*)

الرحلة و المسار
الذي تقطعه "آلة الزمن"
يسمى قدرا.

حسب تعبير الكاتب "الكرونول" CHRONOL (*)



(*) مذكرة : المبدأ الثاني للديناميكا الحرارية يخبرنا أنه ليس من الممكن تتبع جيوديسيا الزمكان (الحديقة الكونية) بطريقة عكسية.

الإدارة.



و بما أن الضغط (ض أ) مرتفع عن الضغط (ض ب) فإن سائل "استخدام الزمن" سيتدفق و ستتكفل وحدة قياس التدفق بحساب الوقت الذي مضى

كلما تعمقنا في سائل "استخدام الزمن"، كلما ارتفع الضغط (ض ب) أكثر، و بما أن التدفق يتناسب مع الفارق بين (ض أ) و (ض ب) فإن الوقت سيمر بسرعة أقل. (ض أ - ض ب).

وعندما نصل سرعة الضوء، يصبح الضغط (ض ب) مساويا للضغط (ض أ)، عندها سيتوقف الزمن.

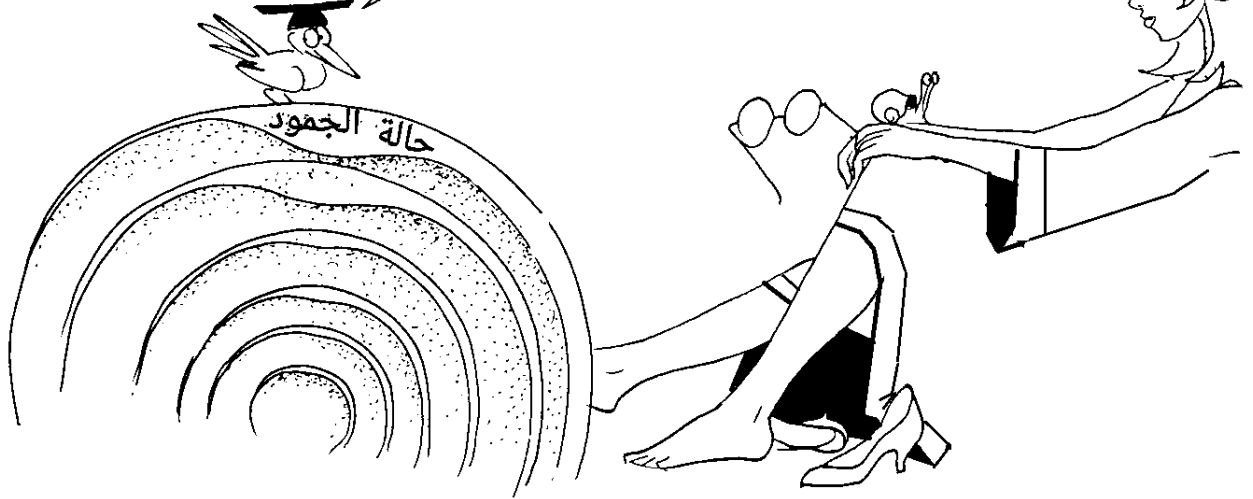
و العمق يمثل السرعة. فكلما تنقلنا أسرع، كلما كان الوقت أبطأ. (*)

لا يمكننا السفر أسرع من سرعة الضوء، كما لا نستطيع أن نتوغل أعمق من مركز "الحديقة الفضائية".

(*) انظر "كل شيء نسبي"، لنفس المؤلف.

سطح الحديقة الكونية هو الجمود، والراحة.

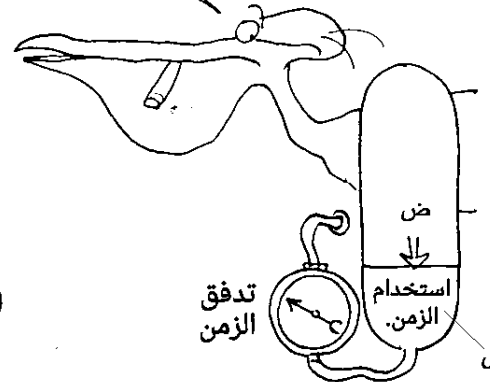
عندما نبقى بلا حراك،
نشيخ بسرعة أكبر!



عندما يكون الجسم ضخماً و ذو كتلة مهمة للغاية، فإنه يحدث انحناء قويا في "الزمان". هذا يعني أنه في منطقة كهذه، و حتى في حالة الراحة، سوف يكون ضغط جسم ما، مغمور في "استخدام الزمن"، أعلى. وسوف يتدفق وقته بسرعة أقل من جسم مماثل في حالة راحة و جمود ولكن بعيد عن أي كتلة. سيكون هذا هو الحال في محيط جسم بالغ الكثافة مثل أي نجم نيوتروني.

ربما سنصاب بضربة
شيخوخة مفاجئة.

ماذا سيحدث إذا غادرنا
"آلة الزمن" فجأة؟

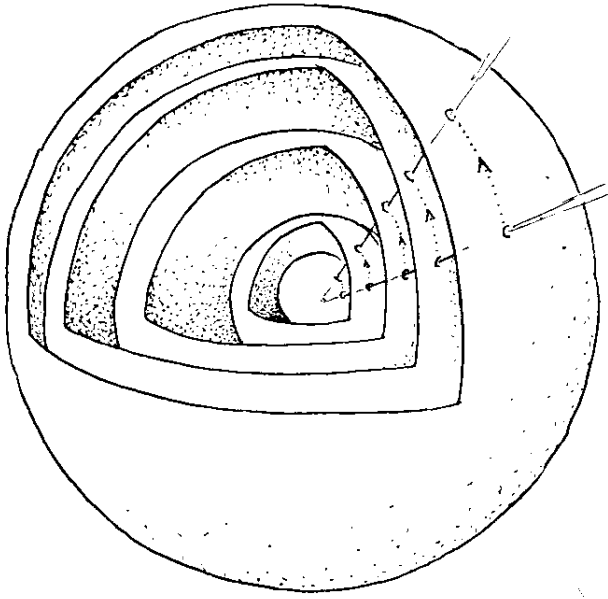


وعندما نستنفد سائل "استخدام الزمن"
من الخزان بالكامل، هل هي... الموت؟

التواصل

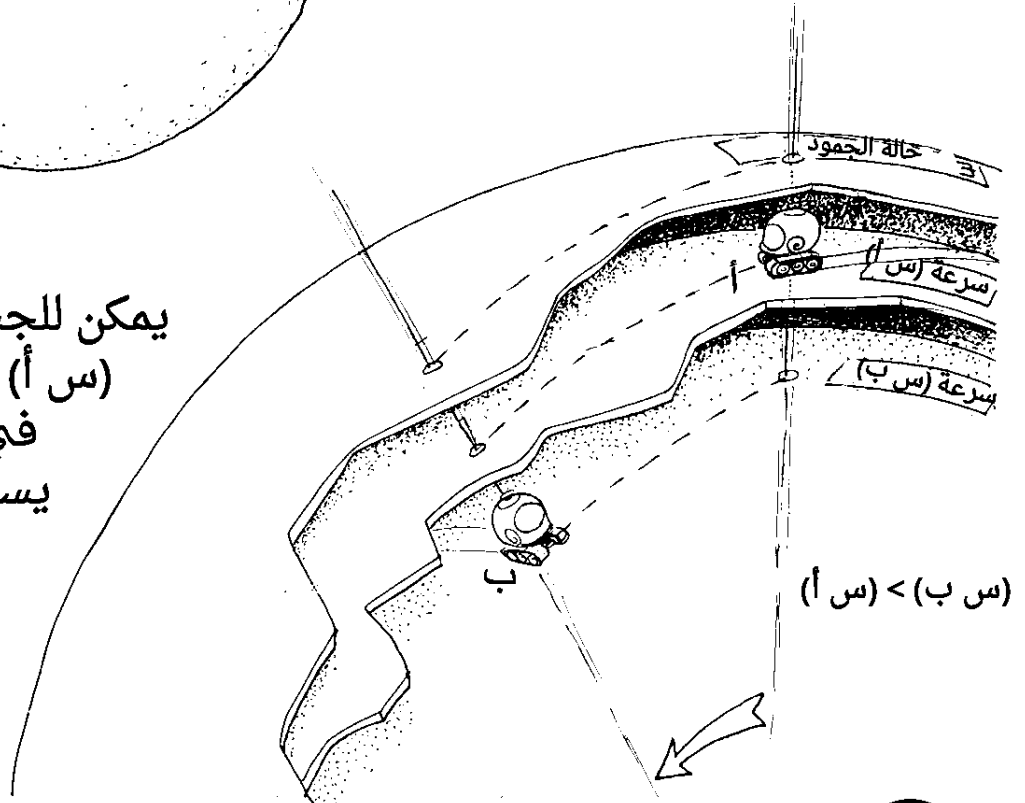
حسناً، ها نحن الآن داخل
"آلات الزمن". كيف يمكن لنا
أن نتواصل فيما بيننا الآن؟

باستخدام الفوتونات.



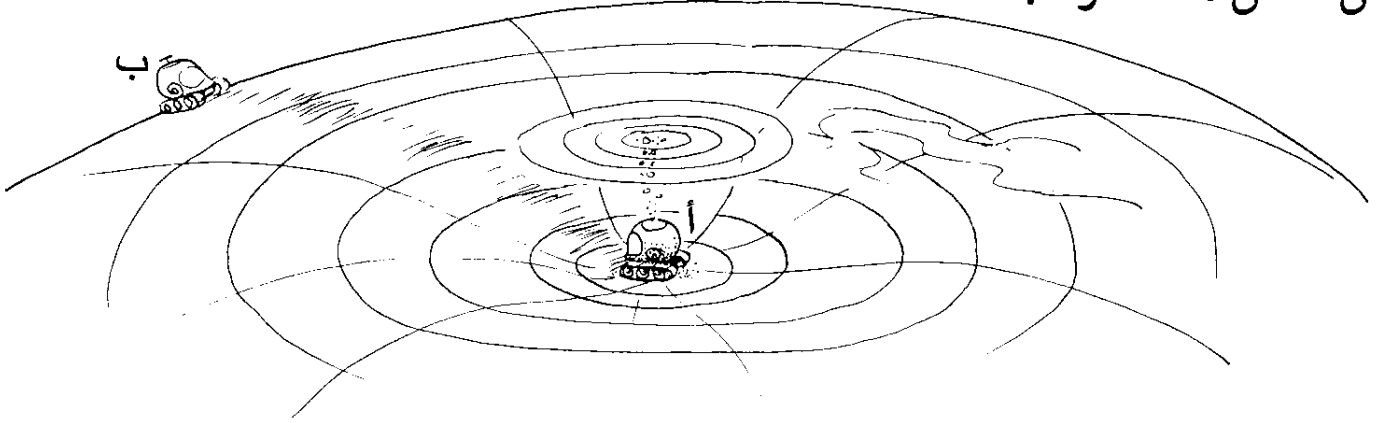
الفوتونات تلعب دور حزمات
ضوئية يخترق شعاعها جميع
طبقات "الحديقة الكونية"
من خلال سرعة زاوية ثابتة.

يمكن للجسم أ الذي يسير بسرعة
(س أ) أن يرسل حزمة ضوئية
في اتجاه الجسم ب الذي
يسير بسرعة أكبر (س ب).





يتم تحديد اللون من خلال هذا التردد.

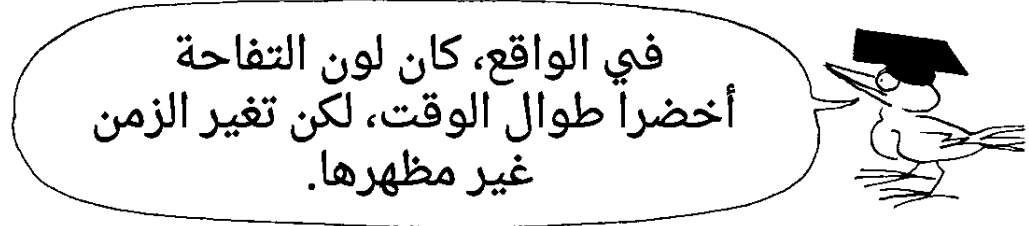


تقاس الترددات (المرسلة أو المستقبلية) من خلال مقارنة الزمن الذي يتدفق داخل "آلة الزمن" بالنسبة للمرسل أو المتلقي. من "آلة الزمن أ" يرسل سليم ضوء أزرقا. لاحظ أنه يتواجد في منطقة من الفضاء حيث يسود انحناء قوي، قرب نجم نيوتروني مثلا (ذو كثافة عالية جدا). صوفيا تتلقى هذا الضوء. إنها تتواجد على متن "آلة الزمن ب"، بعيدا جدا عن هذا الجسم الكثيف. سيتدفق الزمن عندها بشكل أسرع و ستقيس ترددا منخفضا، لدرجة أن لون الضوء سيكون بالنسبة لها مائلا إلى الحمرة.

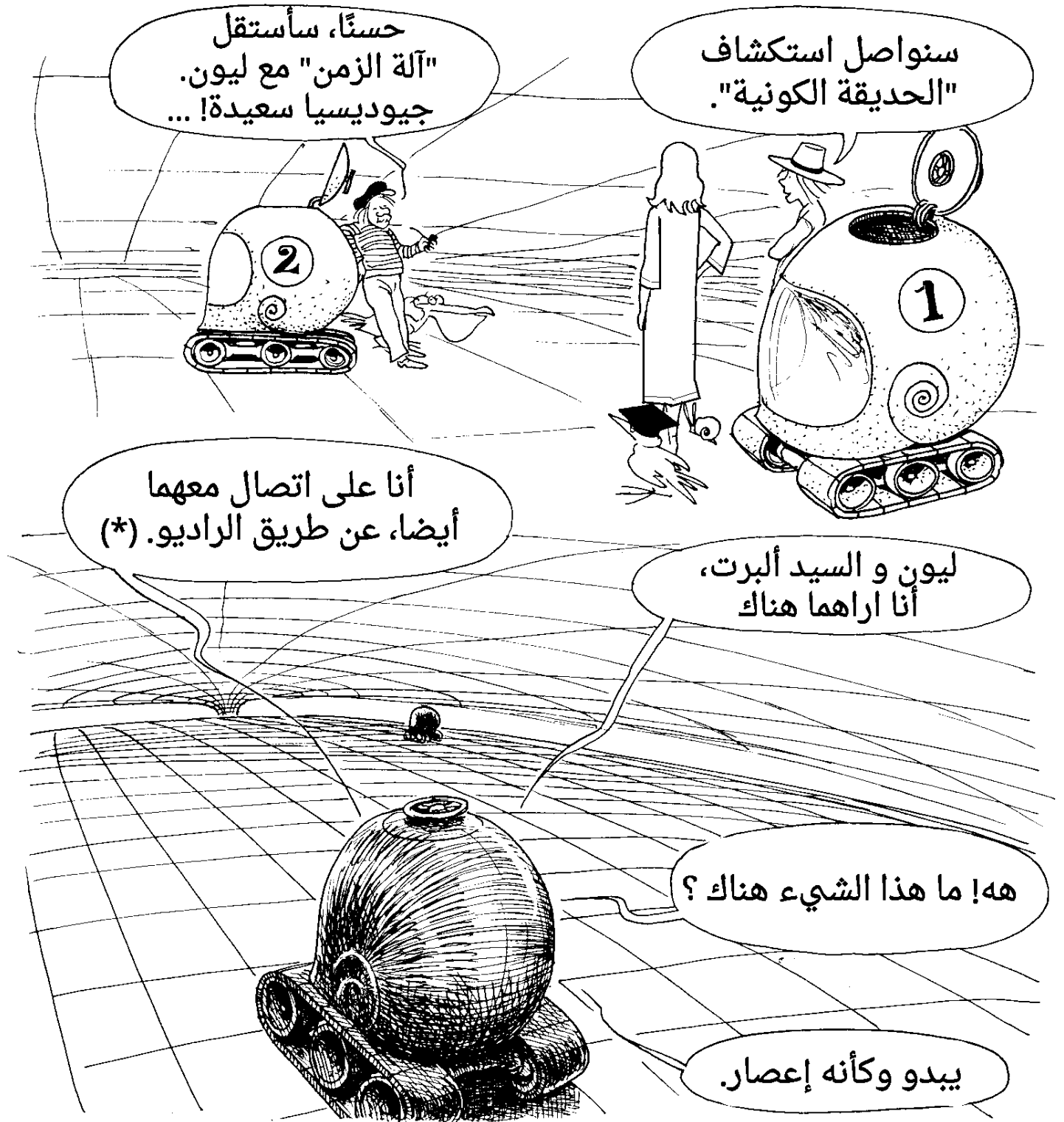
هذه الظاهرة تسمى "انزياح أحمر جذبوي" (*).

RED SWIFT (*)

يقف الآن سليم على نجم نيوتروني. (تم تحريره من قوى الجاذبية حتى لا يسحق على سطح النجم تحت تأثير وزنه).



مقاربة ثانية للثقب الأسود



إنه ثقب أسود!

لقد وقع السيد ألبرت
و ليون داخل الثقب مباشرة.

هل يمكننا مساعدتهما؟

نحن نمر
بمحاذاته، أتعلم
ذلك!

لا أعتقد ذلك،
فلا يبدو لي أن
الجيوديسيا الخاصة
بنا ستتقاطع.

يبدو قاع الثقب الأسود
معتماً تمامًا.

هل تستطيعين رؤيتهما؟

ما زلت أراهما، ولكن "آلة الزمن"
الخاصة بهما أصبحت ذات لون أحمر داكن.

ألو! سيد ألبرت،
ليون، هل تسمعاني؟

لم أعد أفهم شيئاً!
أصبح صوته حاداً و يتحدث
بسرعة كبيرة.



أصبح صوته جهورياً أكثر فأكثر،
و كأنه صوت تسجيل بطيء.

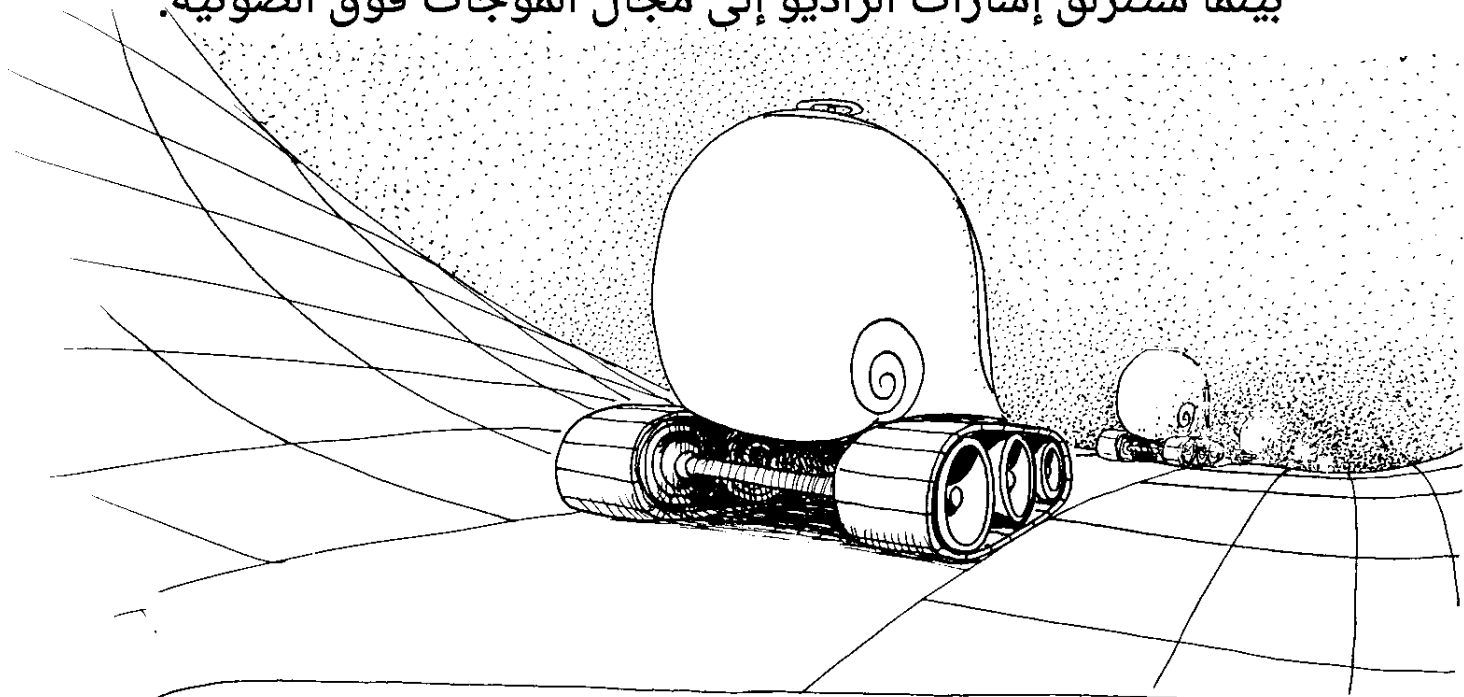
مشاكل التواصل، عندما نعيش
في "فقاعات زمنية" مختلفة.

مسألة الوقت

كلما توغل ألبرت و ليون في أعماق "الكرونول" (أو "إستخدام الزمن")، كلما ارتفع الضغط الخارجي (ض خ) و كلما انخفض تدفق الوقت في "الساعة" و كلما تباطأ الوقت داخل "آلة الزمن"

عندما سيبلغا نهاية المسار و سرعة الضوء، فإن "الساعة الهيدروليكية" ستضخ كمية محدودة من "الكرونول" (أو سائل "استخدام الزمن")، هذا يعني أن الرحلة تمت في وقت منته.

في المقابل إذا واصلت صوفيا وسليم وماكس و تيرياسياس وقوعهم، فستبدو سقطتهم لا نهائية. الضوء المنبعث من "آلة الزمن" الخاصة بهم، سيتحول بسرعة إلى الأشعة تحت الحمراء خارج المجال الضوئي المرئي، بينما ستنزلق إشارات الراديو إلى مجال الموجات فوق الصوتية.

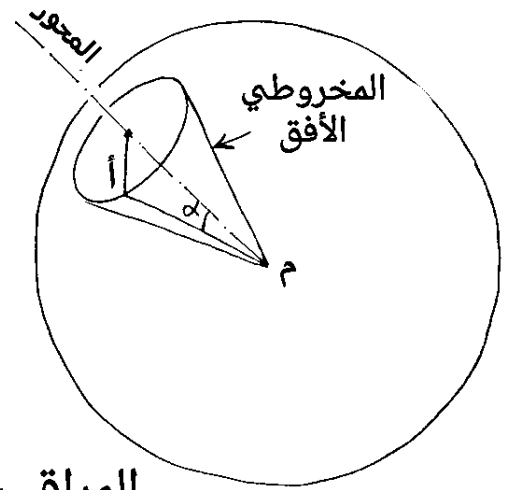
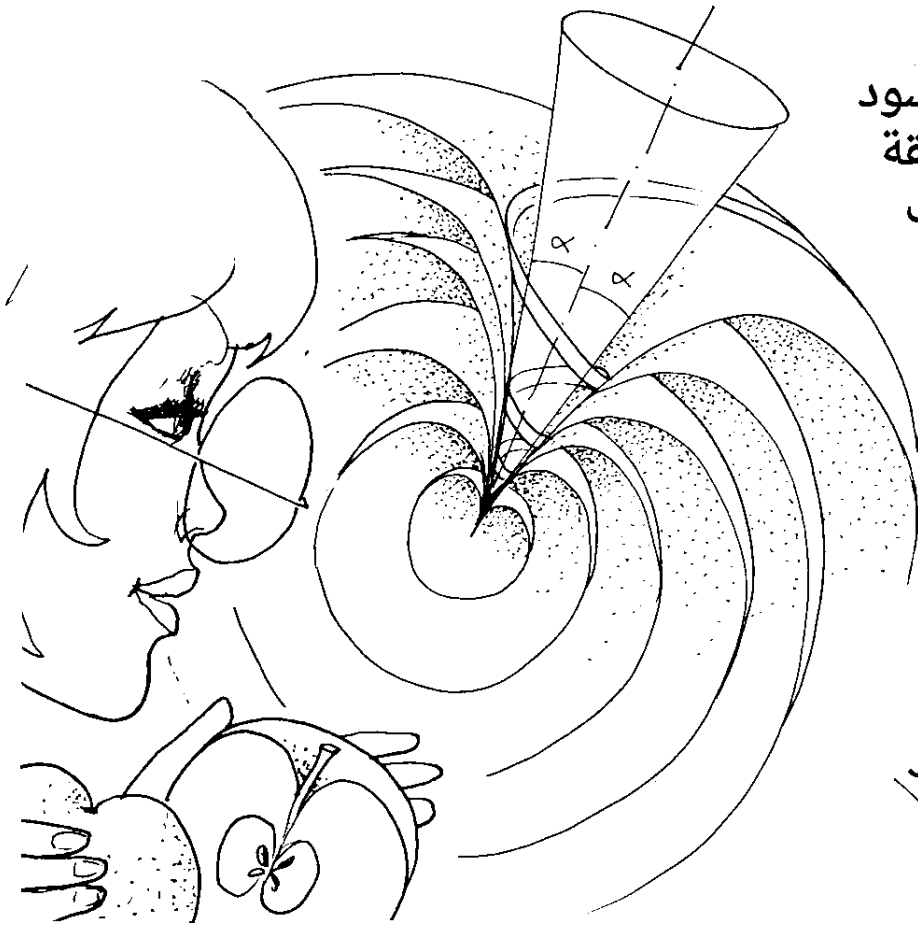


هذا يذكرني بمفارقة "أخيل" و السلحفاة (*)، فهو يحاول الاقتراب من السلحفاة عن طريق خفض المسافة التي تفصل بينها إلى النصف في كل مرة. لقد نجح في وقت محدود.

(* مفارقة أخيل:

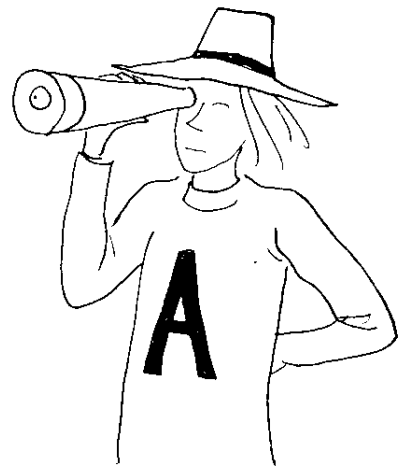
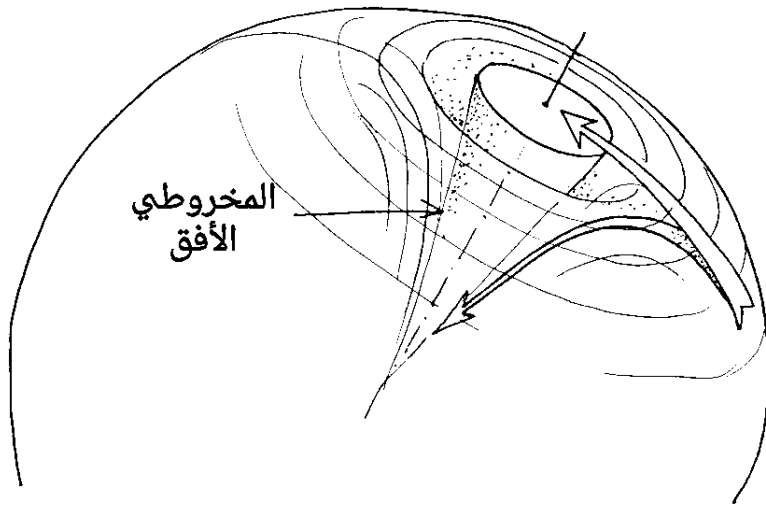
إن جسما ما لكي يتحرك إلى نقطة (أ) لا بد أن يصل إلى النقطة (ب) وهي منتصف طريقه إلى (أ)، ولكي يصل إلى (ب) يجب أن يصل أولا إلى (ج) (منتصف طريقه إلى (ب))، وهكذا إلى ما لا نهاية. هذه السلسلة اللانهائية من الحركات تتطلب زمنا لا نهاية له، و بالتالي فإن تحرك أي جسم إلى أية نقطة في زمن محدد أمر مستحيل.

لنتأمل صورة هذا الثقب الأسود
في هذا النموذج من "الحديقة
الكونية". لقد إخترق المثقاب
كرة "الزمان" تماما حتى
المركز، حيث تسود سرعة
الضوء. لقد أصبحت جميع
الطبقات المتراكمة مماسة
و محاذية للمخروطي
ذو نصف زاوية α .



المسافة في هذا النموذج، هي في الواقع زاوية
بين شعاعين متجهيين : مثلا م أ و م ب.
بالنظر إلى الرسم أعلاه، نلاحظ أننا لا نلج ابدا
إلى داخل المخروطي ذو نصف زاوية الرأس α .

المراقب المتواجد على سطح "الكرونول" (أو سائل "استخدام
الزمن")، سيكون في حالة الراحة، و على اعتبار أنه لا يدرك انحناء "الزمان"، فحدود
هذا الثقب الأسود، و التي نسميها أفقا، سترى على شكل دائرة تخترق بسرعة الضوء.





مهلا، ها قد عدنا إلى نقطة البداية،
قرب "آلة الزمن" رقم 3، التي بقيت
ساكنة و لم تتحرك أبدا.

إن نزهتنا حول الثقب الأسود قد أبطأت شيخوختنا.
لو بقي أحدنا داخل "آلة الزمن" هذه في حالة الراحة،
فربما انتظر عودتنا مئات أو آلاف السنين!

لا أحد يعلم. نظريا، يمكننا إثبات
وجود ثقب مضاد للثقب الأسود.



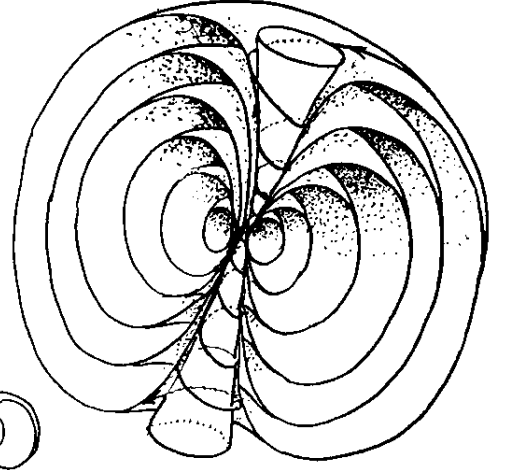
نافورة بيضاء.

إلى أين تؤدي الثقوب السوداء؟

هذا يعني أنه سيكون شيئا ما
لا يمكننا الدخول إليه مطلقا. كل ما
يمكننا فعله هو الخروج منه فقط.

هكذا سيبدو الزوج ثقب أسود/نافورة بيضاء
في نموذج "الحديقة الكونية".

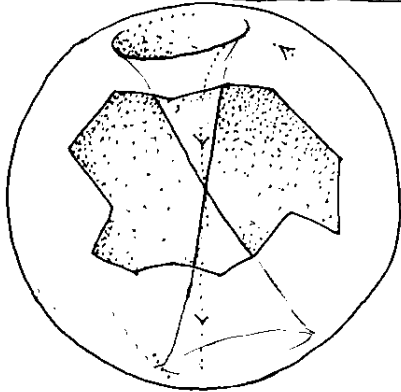
إنه نفس الشيء تماما،
ولكن الجيوديسيا معكوسة
الاتجاه.



هل يسود الفراغ و العدم
الخالص داخل الثقب الأسود؟

ولكن ماذا يوجد داخل
الثقب الأسود، ما وراء
الأفق؟ ... الفراغ؟!؟

لا! ببساطة، سيكون "داخل"
الثقب الأسود هو "خارج" النافورة
البيضاء المرتبطة.

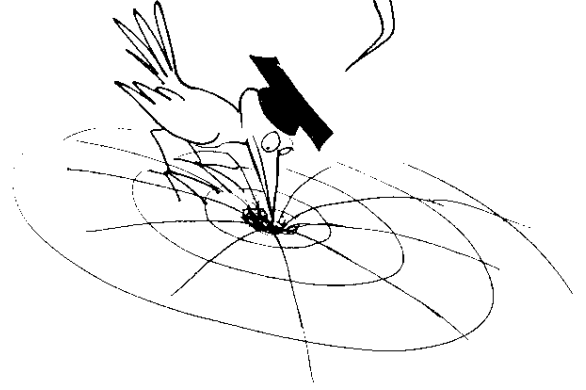


نلاحظ أنه في هذا النموذج ، يمنح
التركيب ثقب أسود / نافورة بيضاء لأوراق
"الحديقة الكونية" مظهر مساحات ذات اتجاهات
غير منتظمة. فتظهر الأشياء معكوسة من خلال
نفس الجانب. مثلما ستصبح ٥

زجاجة الحبر

و لكن هناك نظريات أخرى. بعضهم يعتقد بأن الثقوب السوداء تصل كوننا بكون توأم.

أو حتى مع عالم
ينعكس فيه كل شيء
بما في ذلك الزمن.



علاوة على ذلك،
إذا تجرأ أي شخص بالإقتراب
من الثقب الأسود، فلن يعود
ليخبرنا بما يجري هناك.



أمي !

أمم... قد يكون
عمق قوقعة تيريسياس
ثقبا أسودا!

ليون، اترك
تيريسياس و شأنه!

هيا يا عزيزي
تيريسياس، المهم
هو أن تكون مرتاحا
في قوقعتك.

مي!

خاتمة

أوه، هذا الكوسمول!
أنا أشعر بالصداع...

مهلا، الفراغ و المادة
هما نفس الشيء و الكون
يمكن أن ينغلق على نفسه
و نحن ليس في استطاعتنا
الا الانطلاق في خط
مستقيم!

هذا الصنبور
يطفو في الفضاء،
فمن أين يتدفق
الماء إذن؟

همم...!

وأين يذهب هذا الماء،
فمستواه في الدلو ثابت!

ومع ذلك،
فهو يتدفق!



