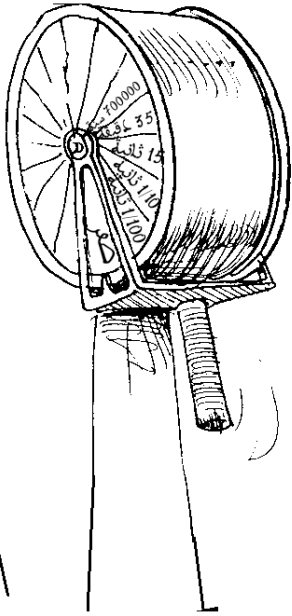


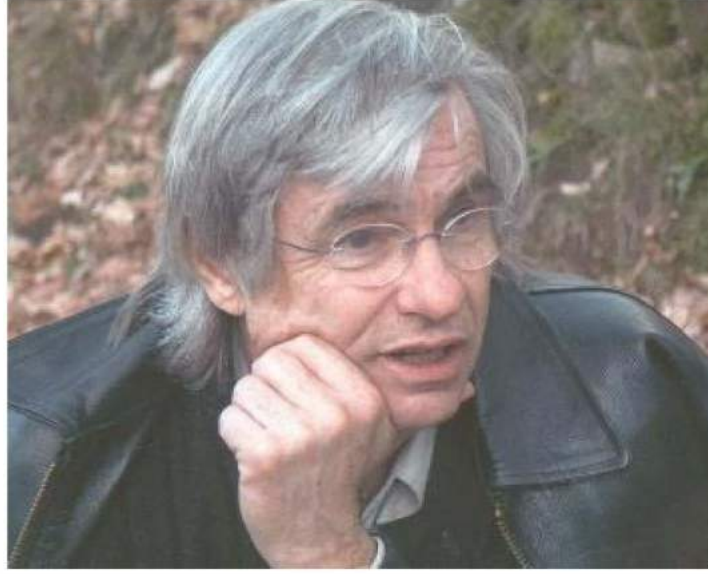
# نموذج

# الإنفجار العنصر



تأليف: جين بيير بوثي

ترجمة وإعداد: 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](http://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.

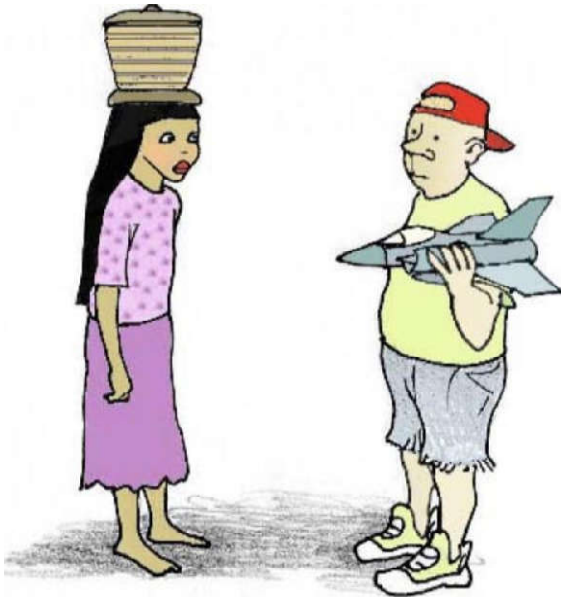


Jean-Pierre Petit

Gilles d'Agostini

بالمال التبرع تم. تماما تطوعية الجمعية للمتريجين بالكامل.

زر استخدم ، تبرع لتقديم:  
الرئيسية الصفحة في PayPal



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



أنا أتساءل دائما يا صوفيا،  
كيف نشأ هذا الكون ومن أين أتت  
كل هذه الأشياء؟

هل كان كل شيء هكذا؟  
الأرض والسماء؟

والنجوم هل لمعت هكذا في خلفية السماء منذ  
الأزل؟

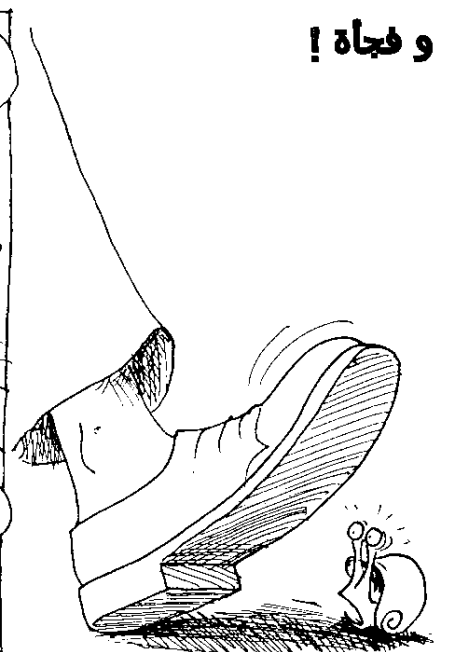
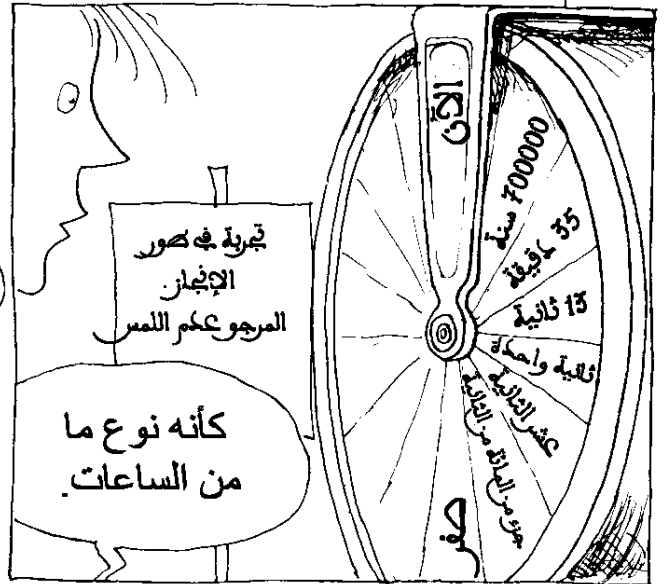
هل كانت السماء زرقاء  
دائما؟

في البدء، كان كوننا صغير وساخن جدا: مثل جسيم مرگز.

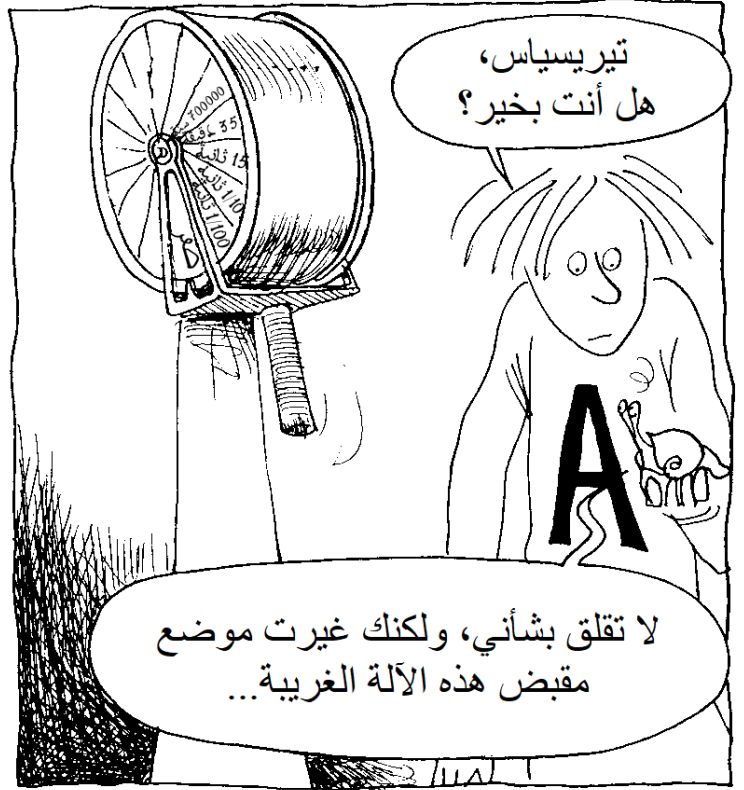
وانفجر كل شيء.

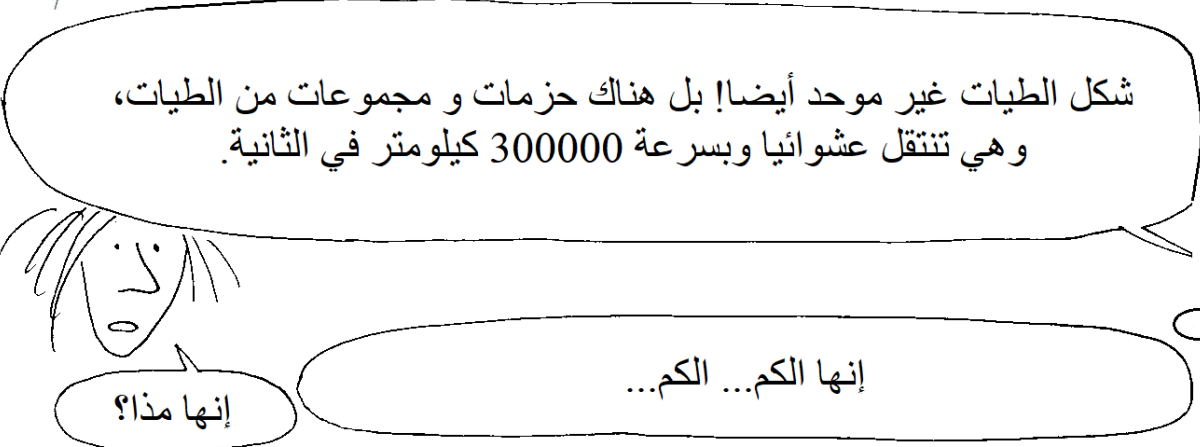
ولكن هذه رواية طويلة جدا، ومن  
اجل حكايتها يجب أن نرجع إلى  
زمن بعيد جدا، جدا.

اه، تعال وانظر!



# بداية للحكاية.





لا يوجد الشيء الكثير  
في هذا الكون.

بلى!  
الأشياء هنا هي نوع  
من الموجات المتجولة.

للكون، المعروف هنا، بعدان فقط،  
وهو بالتالي سطح ذو طيات وانحناءات تمثل الجسيمات والكتل ثم الإشعاع. إذا  
كنت تنتمي إلى هذا الكون ثنائي الأبعاد يا سليم، فسيكون شكلك على هذا النحو.

في عالما الثلاثي الأبعاد، الجسيمات  
هي أيضا تغييرات محلية للانحناء.

هذا غريب... غريب جدا...

معقد؟

ومعقد جدا.

على أي... سأسمي هذه الطيات  
المتجولة فوتونات.



ولكن انظروا إلى هذا!  
إنها في كل مكان!

ماذا؟

هذه مشكلة أخرى!  
مشكلة أخرى!

إنها ليست مجرد نتوءات عادية،  
بل إنها تدور أيضا. يا إلهي!

وكأنها دوامات صغيرة، إنها تشبه  
الطيات والانتشاءات التي تكون أحيانا  
في أغطية السرير.

هذا عجيب، بعضها يدور في منحنى ما  
والبعض الآخر في المنحنى المعاكس

ومثل فوتوناتك، فهي تسير بسرعة 300000  
كيلومتر في الثانية.

سأسمي هذه الدوامات "نوترينو" عندما تدور  
على هذا النحو:

و "مضاد-النوترينو" عندما تدور في المنحنى  
المعاكس:

هذا الكون غير مستقر،  
غير مستقر تماما!

بساطك يهتز بشدة!  
لا توجد بقعة مسطحة واحدة على البساط بأكمله.  
تتكسد الطيات بجانب بعضها البعض. (\*)

هذه فوضى حقيقية ... كل شيء موزع عشوائيا.

أنا لا أحب العشوائية!

لا أحبها بتاتا!

أه...

الكوسوزول النغصية  
الكونية.

أنا لا أحب التعقيد...

أه، أنظروا! يحدث شيء ما هناك.

انتظر، هذه طياتان على وشك الاصطدام  
مع بعضها البعض.

يا لها من وفوضى  
يا أصدقائي.

بلوب!

لقد أصبحتا طيتان منفصلتان من جديد.  
ولكن هذه المرة انعكس منحى انثنائهما  
فالتى كانت في أعلى أصبحت في الأسفل  
والعكس بالنسبة للأخرى.

إنهما يبتعدان عن بعضهما بسرعة تقارب  
300000 كيلومتر في الثانية.

سأدعو النتوءات مادة والتجويفات مادة مضادة. ما دام هناك انحناء  
فهناك كتلة.

الفوتون، تجويف و نتوء في  
نفس الوقت، إنه الجسم  
المضاد لنفسه.

تنتج المادة والمادة المضادة عن الاصطدامات بين  
الفوتونات تتحرك بسرعات نسبية.

لم كل هذا القلق يا عزيزي  
تيريسياس؟ تظهر بعض الأشياء  
على شكل تجويفات والأخرى  
كنتوءات. لا أرى عجباً في  
هذا...

نتوء أو تجويف، كل هذا عشوائي.

هذا لأننا نرى الأمور من خلال هذه الواجهة للبساط. لو كنا في الجهة المقابلة  
ستصبح النتوءات تجويفات والتجويفات نتوءات.

ولكن... أنا لا أرى إلا  
جانب واحد!

تيريسياس!!!



أنظروا! هناك ... عندما يلتقي تجويف ونبوء بسرعة بطيئة، ينتج عنهما طيتان متجولتان أخريان. أنها العملية العكسية.



نشوء وإبطال الجسيمات، عن طريق أزواج من الفوتونات، يتبع بعضها البعض في إيقاع محموم. في هذه الهرج والمرج من التغيير المتواصل، لا توجد بني معروفة. فقط كتلة متدفقة من الفوتونات والنيوترونات ومضادات النيوترونات ومجموعة من الجسيمات والجسيمات المضادة، عابرة ومتنوعة. إنها الفوضى (\*).

إنها جسيمات محمومة.

جسيمات ماذا؟...

إنها جسيمات تقضي وقتها في التكاثر.

لدينا هنا طيات متجولة، نتوءات و تجويفات، من أحجام مختلفة.

سأطلق على طول موجة هذا الطيف  
المتجول  $\lambda$ ، الفوتونات.

لنفترض أنني أحدثت موجة متنقلة،  
تأرجحا، عن طريق هز هذا الحبل.  
إذا أرجحتها بلطف ورفق فأنا  
أمنحها القليل من الطاقة وطول  
موجة كبير.

أما إذا هزرت الحبل بعنف وحدة أكبر، فأنا أمنحه طاقة  
أكبر وسيكون طول الموجة أقصر بكثير.

ممم!

وهكذا كلما زادت طاقة الموجة  
كلما كان طول موجتها أقصر.

طاقة الفوتون (ط)، الجسيم الضوئي،  
متناسبة عكسيا مع طول موجته.  
وهكذا تتغير (ط) حسب  $\frac{1}{\lambda}$ .

هكذا إذا...

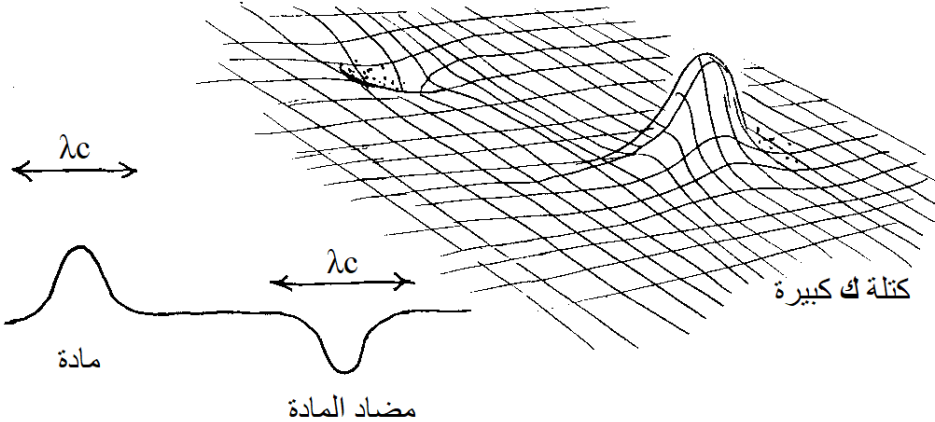
# الأصغر هو الأثقل

حسنا، لا مشكلة مع هذه الطيات المتجولة، أو ما تسميها فوتونات، لكن ما الذي يميز بين النتوءات أو التجويفات العالية والضيقة من جهة والمنخفضة والواسعة من جهة أخرى.

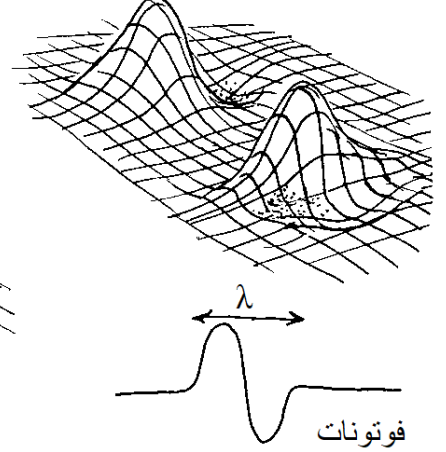
سأسمي عرض تلك التجويفات والنتوءات **الطول الموجي كومبتون  $\lambda c$** ، وستكون الكتلة  $k$  متناسبة عكسيا معها. أي:  
 $k$  تتغير حسب مقلوب  $\frac{1}{\lambda c}$ .

الفوتونات شديدة الطاقة، ذات طول موجة قصير، ستنتج جسيمات المادة، وجسيمات مضادة للمادة، ذات كتلة مرتفعة جدا، ذات عرض ضيق وعالية الطول.

$\lambda$  ضعيفة: طول الموجي كومبتون قصير

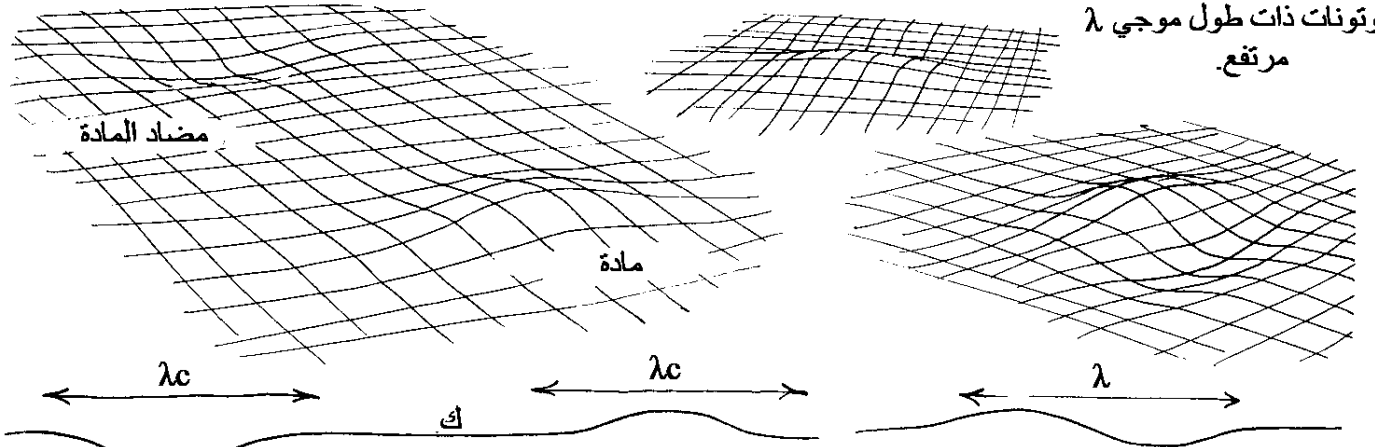


$\lambda$  ضعيفة





فوتونات ذات طول موجي  $\lambda$   
مرتفع.

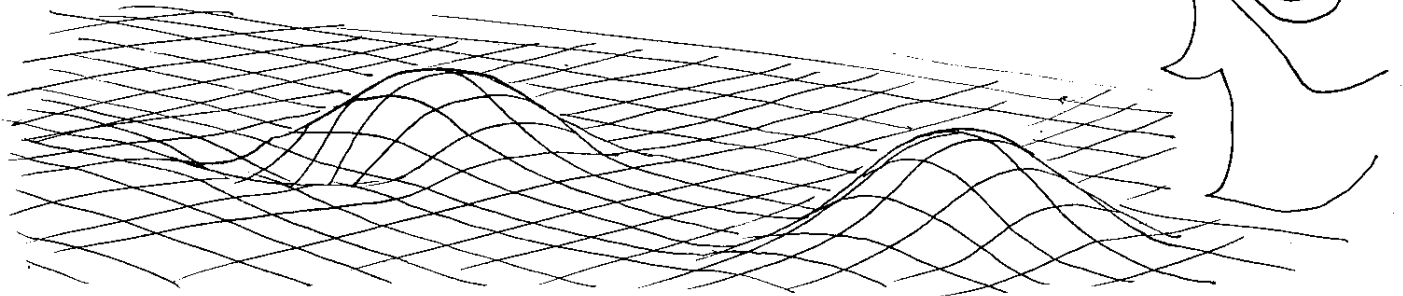


الفوتونات ذات طول موجي كبير تنتج جسيمات ذات طول موجي كومتون كبير.  
وعلى العكس، الفوتونات ذات طاقة منخفضة نسبيًا تنتج أزواج "مادة-مضاد  
المادة" ذات طول موجي كومتون كبير، أي ذات كتلة منخفضة:  
 $\lambda c$  كبيرة وكتلة ضعيفة.



في الواقع، الأمر أبسط من ذلك بكثير. نلاحظ أن:  
$$(*) \lambda c = \lambda$$
  
وهذا يعني أن للجسيمات، والجسيمات المضادة،  
نفس حجم الفوتونات التي تنتجها.

هذا يعني أنه عندما نعرف كتلة جسيم ما، فنحن  
نتعرف فوراً على طول موجة الإشعاع الذي أنتجه.



هيه! إنتظري! هناك شيء ما غير منطقي في  
هذه الحكاية! هذا غير ممكن...

عذرا!

للبروتونات والنوترونات نفس الكتلة تقريبا. إذن لها نفس الحجم.  
ولكن الالكتران أخف وزنا بكثير. منطقيًا سيكون... أكبر منهما حجما!

هذا صحيح. يزن البروتون و النوترون  
 $1,66 \times 10^{-27}$  كيلوغرام. الالكتران يزن  
 $9,1 \times 10^{-31}$ ، أي أنه أكبر ب 1850 مرة.

أه، م... ماذا؟

هل سبق لك مشاهدة  
بروتون؟

إذن!

أنا؟ ... لا.

ماذا تفعلين يا صوفيا؟

نشأة الكون جميلة هذه الأيام !

أنا أصنع نموذجا لذرة الهيدروجين،  
مطابق نسبيا للواقع. حجم الإلكترون كبير  
وهذا البروتون الصغير يمثل النواة.

ما هذه الفوضى! هل تساعدوني لنضع القليل من النظام  
في هذه الفوضى.

# حرارة الإشعاع

ح-أ

لهذه الفوتونات أطوال موجات مختلفة ومتنوعة، وبالتالي طاقات مختلفة، ولكن، بشكل عام، هناك متوسط موجي محدد ومتوسط للطاقة.

واو!

إذن، ستكون حرارة الإشعاع هي قيمة هذه الطاقة المتوسطة للفوتونات.

هكذا إذن...

## حالة الإستقرار

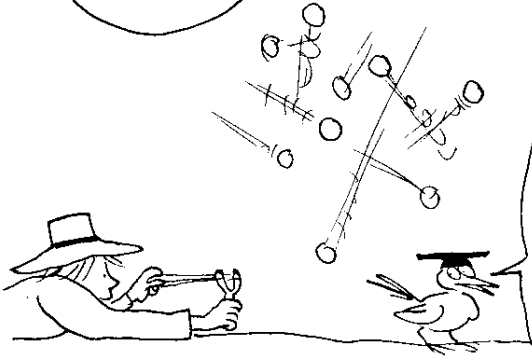
هل يمكن لمزيج من الجسيمات أن يكون له درجات حرارة مختلفة؟

بينغ!

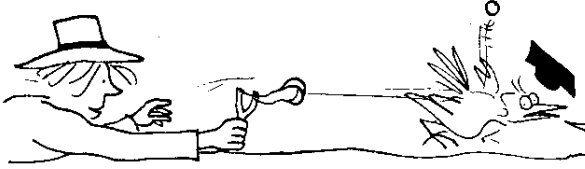
نعم، ولكن لا تتسرع فسندري ذلك في صفحة 46. حتى الان، تتبادل الجسيمات الطاقة مع بعضها البعض أو مع الفوتونات، من خلال الاصطدامات. هذه الآلية تميل إلى إعادة توزيع درجات الحرارة، لتوازن بينها وتوحيدها، وبالتالي وضع النظام في حالة توازن ديناميكي حراري.

# حرارة المادة

ح-م



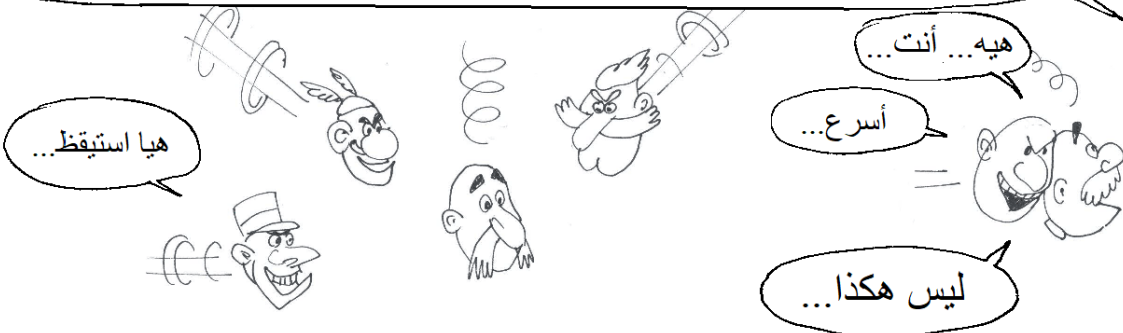
لكل هذه الجسيمات المادية كتل وسرعات مختلفة. الطاقة الحركية لجسيم هي  $\frac{1}{2} \times \text{الكتلة} \times \text{مربع السرعة}$ . ولكن، وبشكل عام، نستطيع أن نتكلم عن طاقة تحريض متوسطة (حرارية).



وحرارة المادة هي قياس هذه الطاقة التحريضية الحرارية المتوسطة.

## الديناميكية الحرارية

إذا كان لجسيم ما الكثير من الطاقة، وكان سريعاً جداً، أو ذو حرارة مرتفعة جداً، فإن الاصطدام بجسيم آخر سيبطئه. والعكس صحيح، أي في حالة ما إذا كان الجسيم بطيئاً جداً. إذا كانت ظاهرة الاقتران الحراري هذه للأنواع عن طريق الاصطدام شديدة بما يكفي، فلن تكون درجات الحرارة متساوية فقط بل ستبقى متساوية حتى في حالة تمدد أو تقلص هذا الخليط.



يا لها من فوضى! تولد أزواج الجسيمات والجسيمات المضادة وتختفي بوتيرة محمومة.

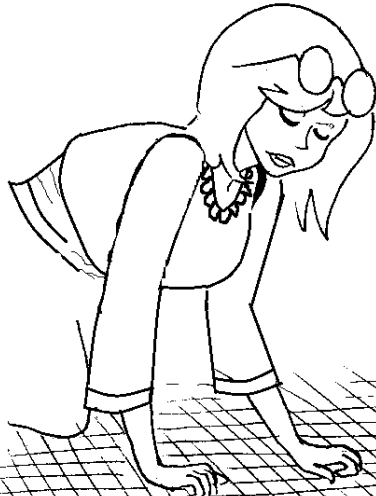
ماهي شروط ولادة زوج من المادة والمادة المضادة؟



# درجة الحرارة الحرجة

﴿العتبة﴾

لإنتاج زوج "جسيم وجسيم مضاد"،  
نحتاج كتلة مشتركة  $K$ ، نحتاج لطاقة  
 $2 \times K$  مربع سرعة الضوء، ينتجها زوج  
من الفوتونات له طاقة أكبر.



$K \times c^2 \geq \tau$

$K \times c^2 \geq \tau$

$K$

$K$

تماما...

إذا كانت الطاقة المتوسطة للفوتونات أصغر من هذه  
الطاقة الحرجة،  $K \times c^2$  مربع سرعة الضوء، أي إذا كانت  
حرارة الإشعاع صغيرة جدا (أصغر من القيمة الحرجة  
أو العتبة) فلن تولد هذه الجسيمات المادية.

$K \times c^2 < \tau$

$K \times c^2 < \tau$

$K$

$K$

# نظرية تكوير الأنواع

إشكالية بقاء نوع ما من الجسيمات دائماً ما تكون مطروحة. من الممكن ضمانه بمعدل إنتاج عالٍ جداً.

انظر جسيمات  
محمومة!

إن من الضروري بأن تكون درجة حرارة الإشعاع أكبر من درجة الحرارة الحرجة للنوع.

بالمقابل، إذا كانت درجة حرارة الإشعاع منخفضة، فستكون هناك عدة طرق يمكن أن تختفي فيها الجسيمات.

وبعدها لقاءات مميتة  
مع أنواع أخرى...

الكون هو سباق  
سرعة كبير جداً.

أخطرها هو الاختفاء  
عن طريق مضاد  
الجسيم.

بالإضافة إلى ذلك، للجسيمات عمر. وبعد مرور هذا العمر (\*)، تتحلل تلقائياً إلى جزيئات أخرى وإلى إشعاع.

المشكلة هي الاستدامة...

(\* ) إحتياطي الكرونونول، ألبوم "كل شيء نسبي".

ماهي درجة الحرارة حاليا؟

خذ فوتونا وقس طوله  
الموجي  $\lambda$ !

يال الهول! عشرون ألف مليار درجة  $2 \cdot 10^{13}$  كلفن.

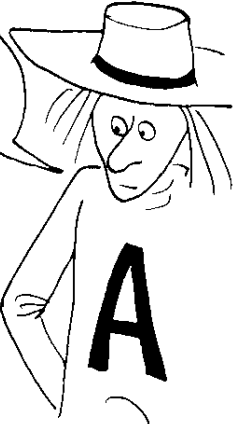
يبدو أن هناك تقريبا نفس أعداد الفوتونات والنيوترينوات  
والبروتونات والنوترونات والإلكترونات (و كذلك  
جسيماتها المضادة).

عند درجة حرارة عالية جدا كهذه، يكون الجميع نسبي،  
وحتى الجسيمات المادية تسير بسرعات قريبة من سرعة  
الضوء.

لقد شاهدنا في ألجوم "كل شيء نسبي"، أنه عندنا تقارب سرعة جسيم ما  
سرعة الضوء فإن زمنه يتوقف.



لكن هناك مشكلة صغيرة... إذا كان الكل يتحرك بسرعة الضوء،  
فسيوقف تدفق الزمن تماما (\*) ... إذن فلن يحدث أي شيء.



لا شيء يتحرك ببطء ليكون له زمن يتدفق  
بشكل ملموس.



عالم بلا زمن وبلا معنى أيضا.

أه!

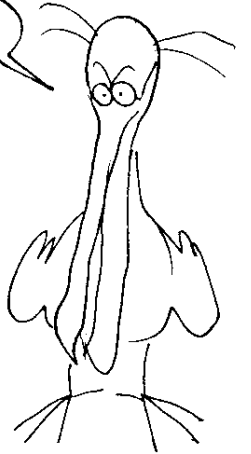


ربما يكون الوقت رفاهية لا يتمتع بها إلا بعض  
الأكوان؟

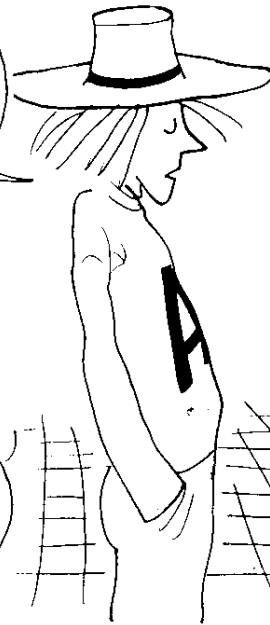


كيف ذلك؟

أه... بعد كل ما سمعت ورأيت ...  
فالمكان والزمان والكون...  
ما هي إلا سراب!



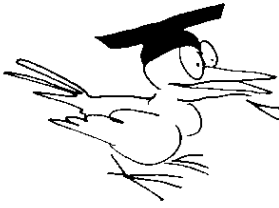
المكون الكوني  
لكل شيء؟



(\*) زمن كوني وقد يكون متوسط الزمن الخاص (أو الفردي).

# الجسيمات الأولية

من فضلكم، بدلاً من أن تبقوا ساكنين، ساعدوني لنمنح بعض النظام لهذه الجسيمات الأولية المجنونة.



لهذه الجسيمات أطوال موجية  $\lambda c$  كونتون قصيرة جداً.



هذه الجسيمات ذات الكتلة الكبيرة تسمى "هيبيرون".

بعد ذلك هناك الهادرون. البروتون والنيوترون (والبروتون والنيوترون المضاد طبعاً) هما من بينها. يمكن تجميعها لتشكيل النواة. ومن أجل إحداث هذه الجسيمات نحن في حاجة لحرارة إشعاع أكبر من  $10^{13}$  كيلو، أي عشرة تريليون درجة.

طول الموجي كومبتون للبروتونات والنيوترونات هو  $1,35 \times 10^{-12}$  سنتمتر. واحد من الترليون من السنتمتر.

إنها درجة حرارتها الحرجة.

المرجو عدم الاقتراء من النيوترونات

(\* افتراضي في الوقت الراهن.

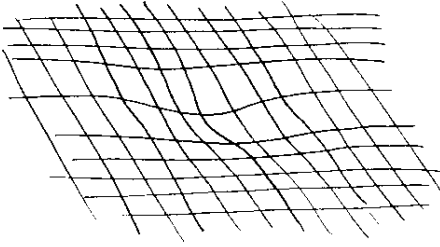


هل تجيد اللغة اليونانية  
يا تيريسياس؟

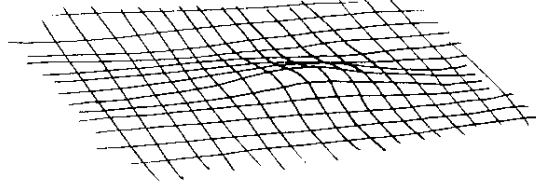
هاردون، مشتقة من كلمة "هاردوس"  
اليونانية ومعناها "ضخم".

من الواضح أن إعداد الهاردون المضادة  
هي نفسها أعداد الهاردون.

مضاد البيتون



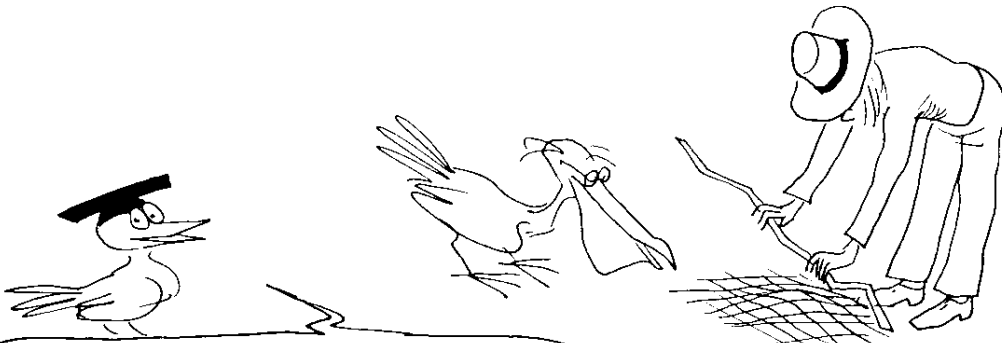
البيتون



والآن، ها هي البيتون (\*).

لإنشائها، نحتاج لدرجة حرارة إشعاع قدرها ستة مليارات  
درجة فقط (درجة الحرارة الحرجة).

أشهر البيتون هو الإلكترون، وتوعمه الإلكترون المضاد (أو البوزيترون). نلاحظ  
أن درجة الحرارة الحرجة (أو العتبة) إنشاء الإلكترونات أقل بمقدار 1850 مرة منها  
بالنسبة للبروتونات والنيوترونات.



هذا أمر طبيعي، فنحن في حاجة إلى طاقة  
أقل ب 1850 مرة لإنشاء الإلكترون من  
تلك التي نحتاج لإنشاء البروتون.

# كل شيء ينهار!



كانت الوضعية زمنية بشكل فضيع (فالزمن لا ينتظر سوى الظهور). بدأ الكرونوترون وكانت ذلك هو الحدث الأول وتلك هي اللحظة الأولى.



أنه التوسع، الكون يتوسع... عذرا...

أين أنت؟ و ماذا يحصل؟

سأغادر هذا  
المكان.

أنا لا أحب التعقيدات!!!

أه!؟

سترى، سوف تهدأ الأمور بعد مدة  
قصيرة...

الوداع،  
... واصل أبحاثك.

لقد تركتنا و رحلت!

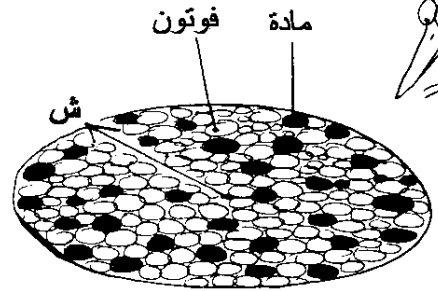
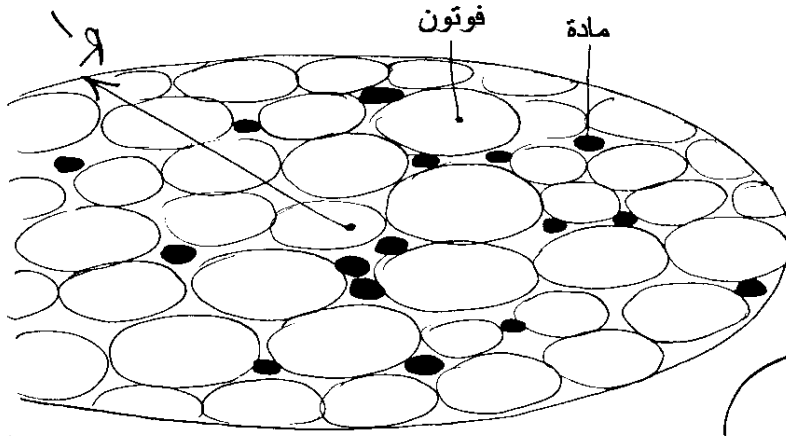
لقد تهت من جديد!

أنها تشبه غطاء البالوعة. هل هي سراديب  
كونية؟

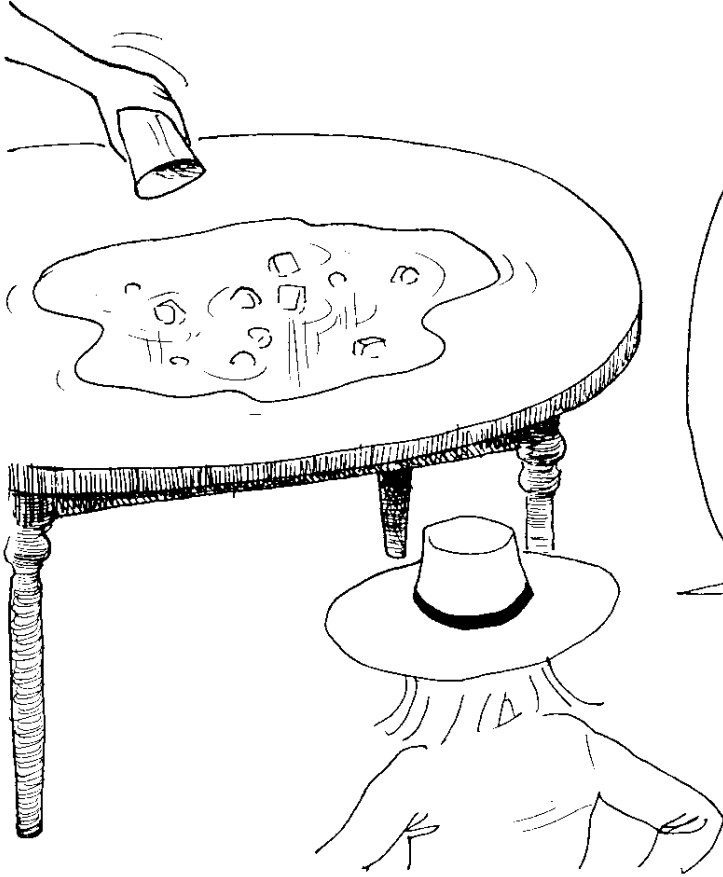
أين ذهبت؟

# العلاقة على الكتلة

لاحظوا ما يجري هنا: الفوتونات تتمدد. أما الجسيمات فلا، بل تحافظ على حجمها و هيئتها.



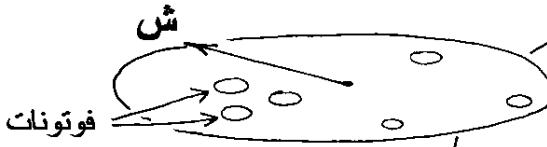
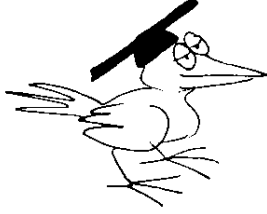
المادة، إنها حيز ثابت.



عندما نسكب كوبا ممتلئا بالماء ومكعبات الجليد مثلا. حيز الماء يكبر ويتوسع بينما مكعبات الجليد تتبع هذا التوسع وتحافظ على حجمها الأولي.

مادامت أبعاد الجسيمات مرتبطة بالكتلة فإننا نستنتج أن الكتلة تحفظ.

بالمقابل، مجموعة الفوتونات التي تتوسع تفقد طاقتها.



إذا اعتبرنا ش هو شعاع الكون، وبما أن الطول الموجي للفوتونات ف متناسب مع التوسع (ف متناسبة مع ش)، نستنتج من ذلك أن حرارة الإشعاع، التي تتغير بشكل متناسب مع مقلوب ف، تتناقص حسب مقلوب الشعاع ش.

يبدوا الأمر وكأن الكون ينشئ مساحته الخاصة، الكوسموتوب، وذلك باكتساحه ... للفراغ.

المادة والضوء هما شكلين يجسدان نفس الوحدة: طاقة مادة. الفوتونات تحتفظ بسرعة 300000 كلم في الثانية ولكنها تفقد طاقتها.

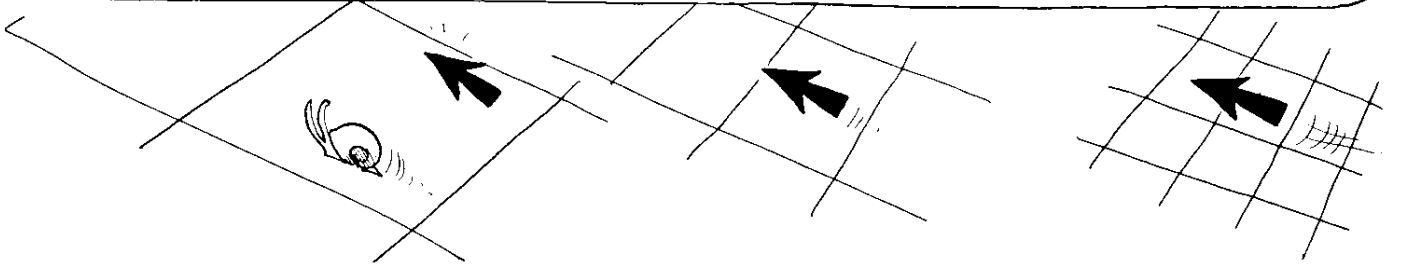
(\* من الكون: "كوسمو" وتوبو: "الزمن".

هذا رسم توضيحي يبين بشكل جلي تمدد الفوتون وفقدان الطاقة الذي يصاحبه.

ولكن كيف تتصرف المادة  
في ظل وضعية التوسع هذه؟



يلتف الكون حول الفضاء كالحلزون. كلما تدفق الزمن كلما كان للجسيمات مسافات أخرى لقطعها. عندما يتضاعف حجم الفضاء، تتناقص سرعة حركة الجسيمات المادية إلى النصف وتصبح طاقاتها الحركية أصغر بأربع مرات: سرعة الارتجاج تتغير حسب مقلوب شعاع الكون ش، بينما تتغير درجة حرارة المادة حسب مقلوب مربع الشعاع  $2ش$ .



ولكننا شاهدنا قبل قليل كيف أن حرارة الإشعاع  
تتغير حسب مقلوب الشعاع، فهل يعني ذلك أن  
المادة تميل إلى البرودة بشكل أسرع؟

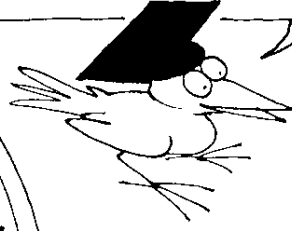
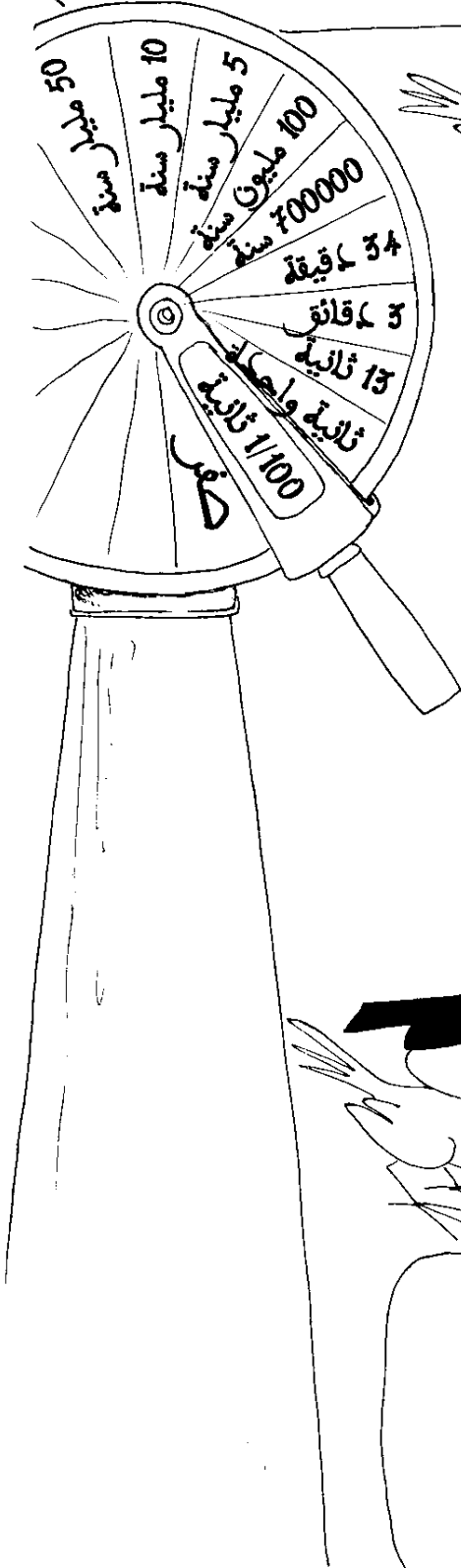


اه،  
لقد تعبت!





طبعاً، ولكن الاصطدامات فوتون-جسيم مادي تسخنها من جديد. هذه الاصطدامات كثيرة وتحافظ على حالة التوازن الديناميكي الحراري لبعض الوقت : ح = ح م.



شكراً يا أصدقائي.

جزء من المائة من الثانية.

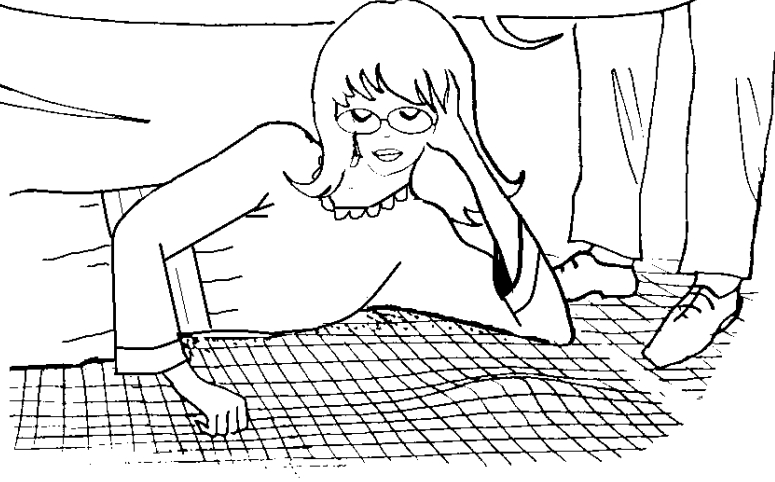
البروتونات والنوترونات ومضادات البروتونات ومضادات النوترونات لا تسير إلا بعشر سرعة الضوء.



نزلت درجة حرارة الإشعاع الى مائة مليار درجة (ح = ح م)، أي أقل بكثير من درجة الحرارة الحرجة (العتبة) والتي تساوي عشرة تيريليون درجة. فتختفي هذه الجسيمات أزواجا أزواجا بوتيرة مهولة حتى لم يتبق منها إلا واحد على المليار.

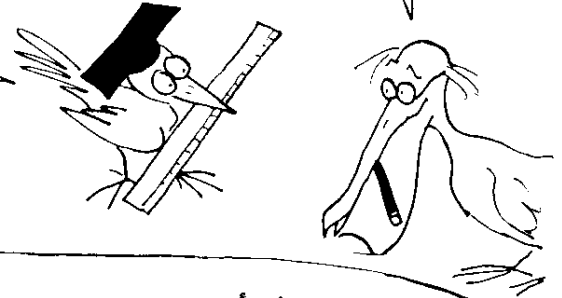
صوفيا، لقد اختفت وتبددت معظم البروتونات والنوترونات ومضاداتهما. ولكن كيف بقية هذه الكمية من الإلكترونات والبوزيترونات (بوزيترون = مضاد الإلكترون).

درجة حرارة الحرجة (أو العتبة) للإلكترونات هي ستة مليارات درجة فقط.



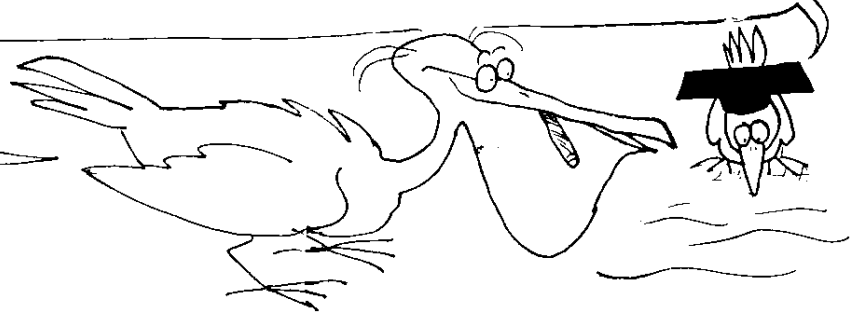
ستة مليارات فقط... هل سمعت ذلك؟!

على كل حال، يجب أن تقبل أن هذه الحرارة أقل بكثير من المطلوب...



هناك أمر غريب حقا: عند درجة الحرارة 100 مليار درجة، تتحرك البروتونات والنوترونات وجسيماتهما المضادة بسرعة تعادل عُشر سرعة الضوء بينما تبقى للإلكترونات سرعات نسبية.

آه، نعم ولماذا؟



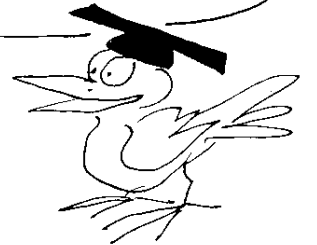
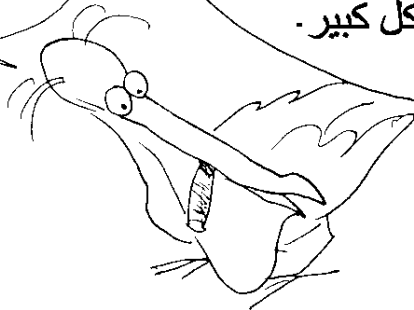
لا يزال النظام في حالة التوازن الديناميكي الحراري: والاقتران بين جميع أنواع الجسيمات والإشعاع شديد جدا. و الطاقات الحركية لجسيمات المادة متساوية في المتوسط:  
 $\frac{1}{2} \times (\text{كتلة البروتون}) \times (\text{مربع سرعة البروتون}) = \frac{1}{2} \times (\text{كتلة الإلكترون}) \times (\text{مربع سرعة الإلكترون})$



انتظري... بما أن كتلة الإلكترون أصغر بمقدار 1850 مرة من كتلة البروتون، ومن أجل التعويض (عند درجة حرارة معينة)، يجب أن تكون سرعة حركته أعلى بكثير.

بعبارة أخرى: بمجرد أن تصبح مجموعات الجزيئات غير نسبية، فإنها تنقرض.

في الواقع، بما أن الطاقة الحرجة (العتبة) لإنشاء جسيم كتلته  $k$  هي ضارب  $k$  ومربع سرعة الضوء ( $k \times \text{م}^2/\text{ث}^2$ )، فبمجرد أن تصبح سرعة حركته  $s$  أصغر بشكل ملموس من سرعة الضوء يتوقف إنتاج هذه الجسيمات و ينخفض عددها بشكل كبير.





ثلاثة عشر ثانية.

انخفضت الحرارة إلى ثلاثة مليارات درجة.

انظروا إلى الإلكترونات ومضاداتها!  
هذه مجزرة كبيرة!

هذا طبيعي، فنحن تحت درجة  
حرارتهم الحرجة (العتبة).

هذا يشبه حفلا أولمبيا كونيا.

هنا أيضا لن يتبقى  
إلا واحد من كل مليار.

يالله من ضياع...

ربما لم تنشأ أكوان  
أخرى لسبب مماثل...

كان هناك احتمال ألا يتبقى شيء سوى الفوتونات...

من أعظم أسرار علوم الكون (أو الكوسمولوجيا)  
هو لماذا لم تدمر المادة ومضادها بعضها البعض  
بشكل كامل.

في هذه المرحلة من حكايتنا، تأتي لحظة نتغاضى فيها  
عن مسألة مضاد المادة! بقف... تختفي مضادات المادة.

تيريسياس، أنا أذكرك بقواعدنا، الحقائق  
فقط، لا مجال للمشاحنات!

مضادات المادة!

# العصر الإشعاعي

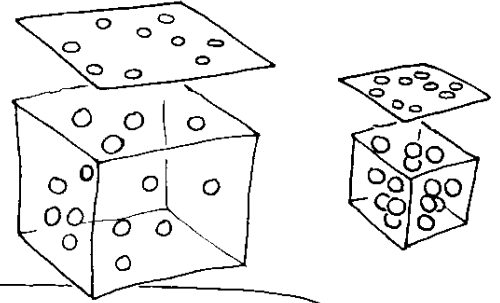
همم، جسيمات...  
والمزيد من الكتل.



لا شيء يذكر أو ذو أهمية حالياً في هذا الكون،  
عدى الضوء.

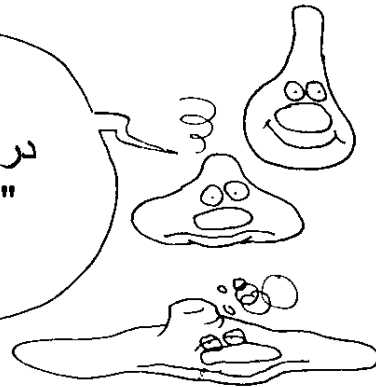
لقد أصبح الزوج "طاقة-المادة"، التي كان مناصف بين المادة ومضاد المادة  
والفوتونات ثم النوترينوات، تقريبا على شكل فوتونات و نوترينوات، أي إشعاعات.  
ولا ننسى أنه كلما تضاعف شعاع الكون مرتين كلما انخفضت كثافة المادة. تخفيف  
بسيط.

على البساط (ذات بعدين)، كلما تضاعف  
الشعاع ش، تصبح الكثافة مقسومة على  
أربعة ( $4=2 \times 2$ ). في كوننا الثلاثي  
الأبعاد، تنقسم هذه الكثافة على  
 $8=2 \times 2 \times 2$



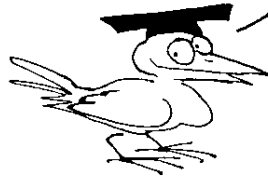
كثافة المادة تتغير حسب مقلوب مكعب شعاع الكون ش.

ولكن بالنسبة لنا نحن الفوتونات فالأمر أكثر  
دراماتيكية. التوسع يسلبنا طاقتنا كلها شيئا فشيئا. وكمية  
"الطاقة-مادة" الخاصة بنا تتناقص بشكل متناسب مع  
مقلوب شعاع الكون ش.



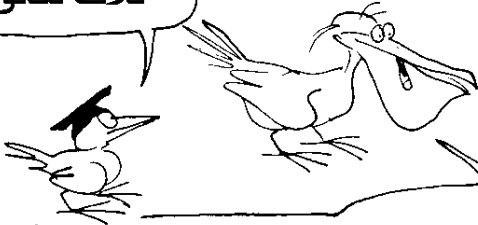
إن كثافة "الطاقة-مادة" المجسدة في الفوتونات تتغير حسب مقلوب ربع الشعاع.

مادامت المادة مقرونة بالفوتونات، فإن هذه الأخيرة تزيد من حرارتها بشكل مستمر. ويستمر الوضع على هذا الحال إلى أن تنخفض درجة حرارتهم المشتركة (ح = ح-م) إلى 3000 كلفن، وذلك خلال 700000 سنة.

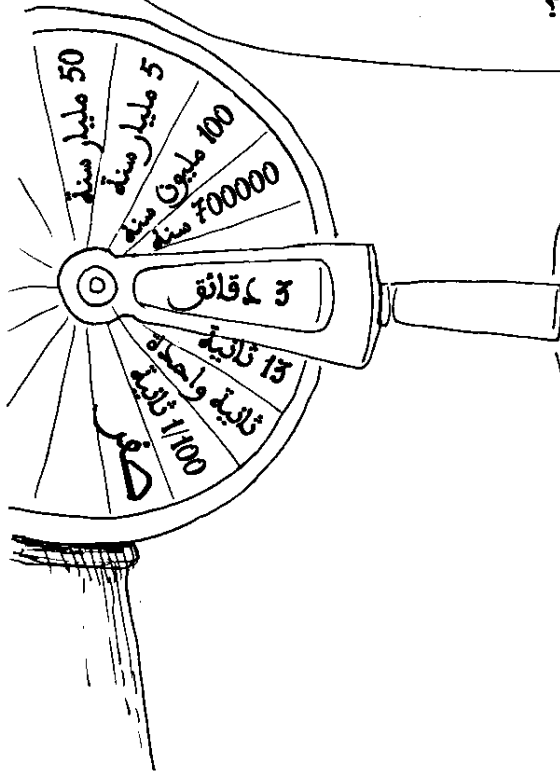


# الاصطناع النووي

ثلاث دقائق.



حسنا، حسب الحالة الموصوفة في الصفحة 31، في الجزء الأول من المائة من الثانية، تضاعف حجم الكون مائة مرة وانخفضت الحرارة (ح = ح-م) إلى مليار واحد. لم يتبق شيء، ومذا بعد ذلك؟



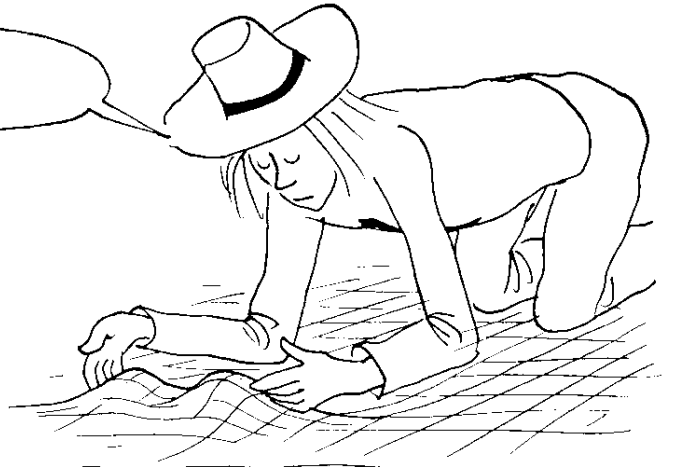
هذان نتوءان. سأحاول أن أدفع الواحد نحو الآخر.



لقد بدأت بالتدافع.



وبعد ذلك تتجذب بينها لتشكل  
شيء واحد.



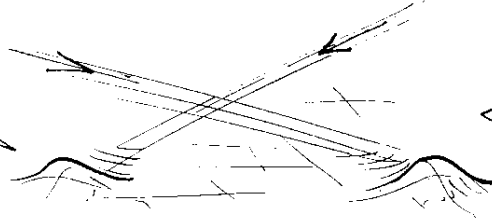
نواجه ثلاثة حالات عند اصطدام  
نتوءان: إذا تمت العملية ببطء شديد،  
فسيقفز الواحد على الآخر.

?!?!

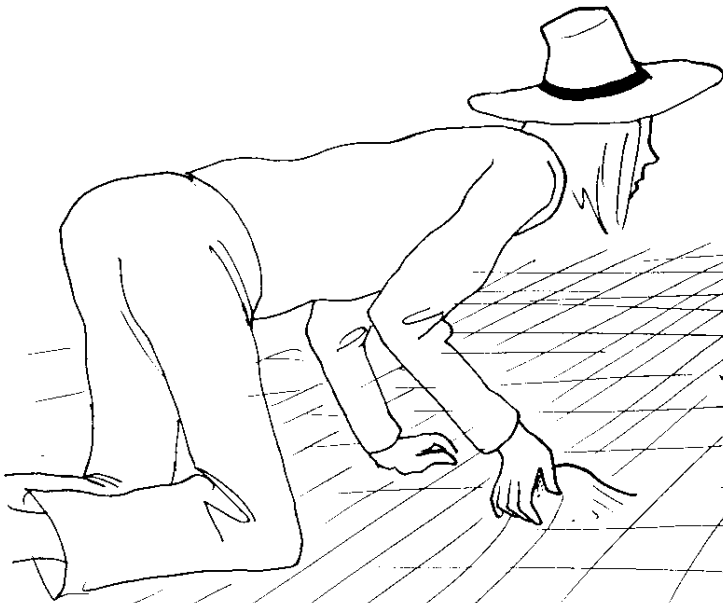


أما إذا كانت النتوءات سريعة جداً،  
فستتقاطع مساراتهما بحيث لا يكون  
لهما الوقت للتفاعل.

أه، عذرا..



إنن لن يتحدا إلا في ظروف خاصة:  
سرعة الحركة ودرجة الحرارة.



الحالة الأخيرة هي حالة اصطدام  
شديد مع عنصر ثالث تهدم الهياكل  
المشكلة.

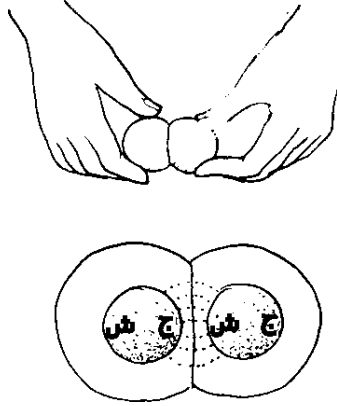


تنتج تفاعلات الاندماج هذه أولى نواة ذرية.  
ويؤدي ذلك إلى أحداث أولى الأشكال،  
وأولى الهياكل في الكون.

هذه حكاية ممتعة جدا. في وجود قوتين أحدهما جاذبة والأخرى  
طاردة. ففي المسافات الكبيرة، تتفوق القوى الطاردة، ويحدث  
العكس في المسافات القصيرة.

سوف أحجز مجموعة من المغناطيسات في كرات  
من المطاط الرخو.

ينضغط المطاط بسهولة  
عندما أضغط كرتين  
الواحدة مع الأخرى  
وستبقيان ملتصقتان  
ببعضهما.



الآن، سوف أضع هذه الكرات في وعاء  
كبير ممتلئ بالماء.

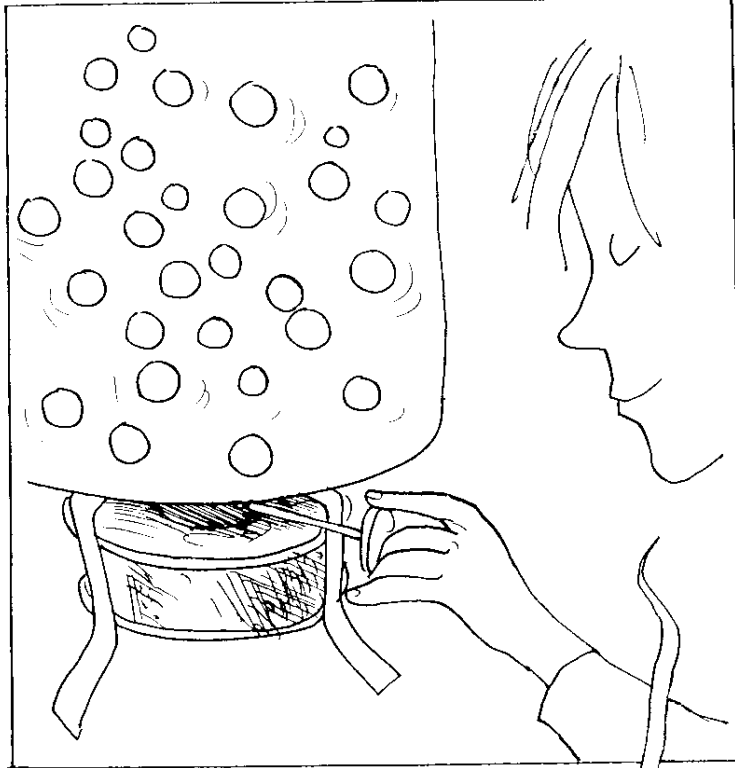
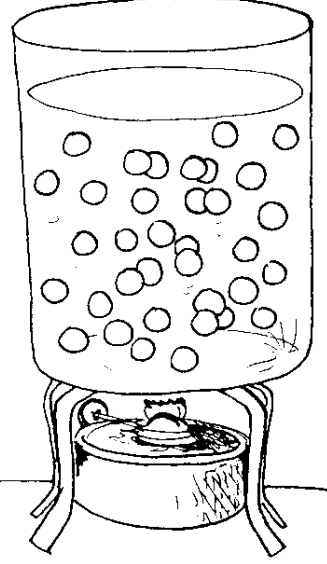
... وذلك حتى تتمكن من الحركة  
في الماء بحرية.



تتدخل في هذه الحالة قوتان. قوى جاذبية: المغناطيسات وقوى طاردة: مرونة المطاط. ما إن تلمس الكرات بعضها البعض حتى تتدخل القوى المرنة الطاردة. القوى المغناطيسية تتدخل عندما يضغط المطاط بشكل كافٍ. ثم هناك وضع تتوازن فيه القوى.



المطاط المرن (أو الرخو) يمنح الكرات كثافة تساوي كثافة الماء تقريبا. سأحرك الآن الخليط بتسخين الماء.



عندما تكون درجة الحرارة منخفضة، ترتد وتتقافز الكرات بلطف حول بعضها البعض ولا يحدث شيء مطلقا. فعندما تصطدم الكرات فيما بينها فهي لا تملك من الطاقة ما يكفي لضغط المطاط بشكل يسمح بتدخل القوة المغناطيسية (لا تتصرف القوة المغناطيسية إلا في مسافة قصيرة جدا).

حسنا، سأرفع درجة الحرارة.



لقد نجحت! انها درجة الحرارة المطلوبة  
(أكبر من درجة الحرارة الحرجة). مقدار الحركة  
والتحريض مناسب تماما.

هذا صحيح، فالكرات تجتمع  
مع بعضها أزواجا!

عندما أرفع درجة الحرارة أكثر،  
تتكسر هذه الهياكل بفعل التحريض  
الحراري.

وإذا خفضت درجة الحرارة؟

أتاح سليم الفرصة للماء ليبرد. لقد انخفض  
الاضطراب على إثر ذلك وفي لحظة معينة  
التصقت بعض أزواج الكرات ببعضها معا.  
ولكن، ومع استمرار انخفاض درجة الحرارة،  
توقف هذا التركيب النووي.

لا نستطيع القيام بشيء الآن. الحرارة منخفضة أكثر  
من اللازم وحركة الكرات ليست كافية لتلتحم فيما  
بينها من جديد.

نحن تحت درجة الحرارة الحرجة  
(العتبة).

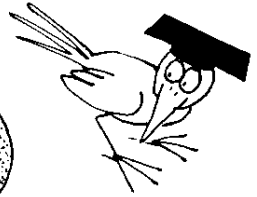
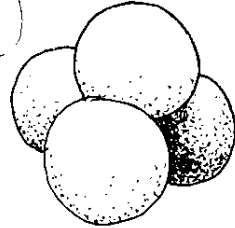
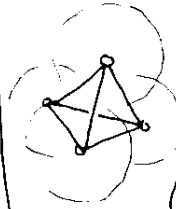
نفس الأمر يحدث عندما تنخفض درجة حرارة الكون إلى أقل من مليار درجة. أي خلال بضعة دقائق. وهكذا تتشكل هيكل من زوج وثلاث وأربع "كرات".



ولكن الديتريوم والتريتيوم المشكلتان ستفاعل نوويا:  
ديتريوم + تريتيوم = هيليوم + نوترون.  
هذه مرحلة يكون فيها الكون عبارة عن قنبلة هيدروجينية.

إن، سيتحول كل شيء إلى هيليوم.

نواة الهيليوم متماثلة للغاية فهي مضغوطة وصلبة جدا. إذا بقيت درجة الحرارة على حالها، فستتحول كل المادة إلى هيليوم. ولكن بعد 34 دقيقة، ستتنخفض درجة الحرارة إلى 300 مليون درجة وتتوقف عملية التركيب النووي. لم تعد البروتونات والنيوترونات تتمتع بالسرعة الكافية للتغلب على التنافر الكهروستاتيكي.



وهكذا سينتهي الأمر.

لقد تفككت النوترونات الحرة المتبقية. فهي غير مستقرة طبيعياً، وستتحول - في غضون 109 ثوان - إلى زوج من "البروتون والإلكترون".

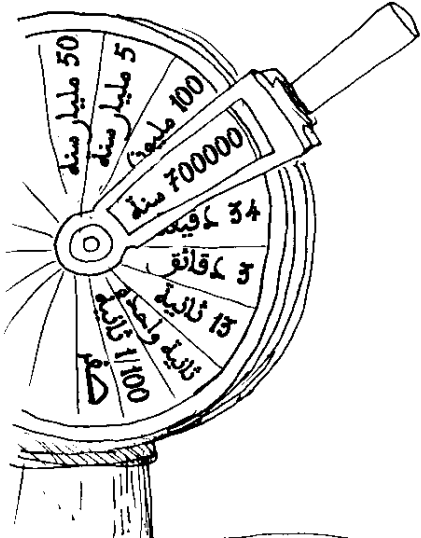


في نهاية هذه المرحلة، يمكن تشبيه الكون بحساء بدائي من الفوتونات والنوترونات والبروتونات والإلكترونات ثم نوى الهيليوم. توزيع المادة حسب الوزن هو على هذا الشكل: 25% من الهيليوم و75% من الهيدروجين (بروتونات حرة).

لمدة 700000 سنة... لا شيء يحدث. يستمر الكون في التوسع و تتوسع معه الفوتونات. ويستمر أيضا غاز الفوتون في تسخين المادة وتبقى حرارة المادة = الحرارة الديناميكية الحرارية (التوازن الديناميكي الحراري).



# الكون الشفاف



تتدخل هذه المرة آلية أخرى. إنها القوى الكهربائية، التي تميل إلى جذب الإلكترونات إلى النوى لتشكل الذرات. جميع العوامل مائة هذه المرة، فالتحريض الحراري منخفض بما فيه الكفاية لعدم كسر هذه الهياكل بمجرد تشكيلها (الاصطدام مع ذرات أخرى أو مع مكونات أخرى من الحساء الكوني).

هذه ذرات الغريبة... هي وإلكتروناتها العملاقة!

شينا فشيئا تتجذب جميع الإلكترونات الحرة نحو النوى.

ماذا تعني بكلمة شفاف؟ هل كان الكون مظلمًا قبل ذلك؟!

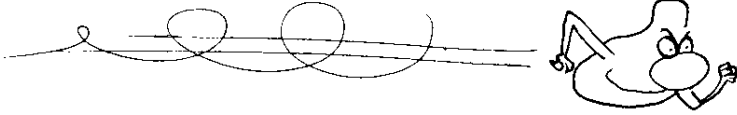
وأصبح الكون شفافاً...

قبل ذلك، كانت الفوتونات تتفاعل بشكل مستمر مع المادة. لم ينجح أي فوتون في شق طريقه بعيداً عن هذا الوسط.

ممم!

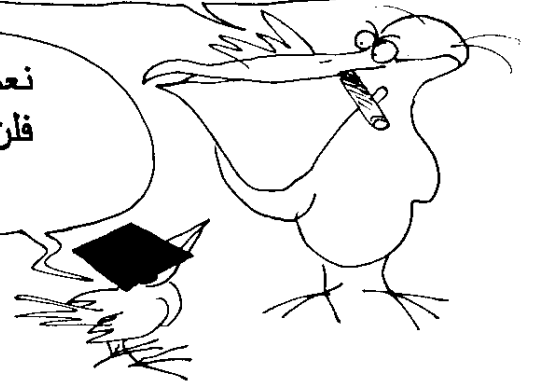
# الفصل

لقد تجاوزنا مرحلة مهمة الآن، فالفوتونات تستطيع عبور الكون دون أن تأبه لوجود المادة: هناك فصل. يود سببين لذلك. فأولا هناك مساحة كافية. وثانيا تتفاعل الفوتونات بشكل ضعيف جدا مع المادة المحايدة (الذرات).



ولكن، لنكن واقعيين، التلسكوبات ترسل لنا صورا إلتقطتها، بشكل أو بآخر، "مباشرة من الماضي" ...

نعم، ولكن حتى لو كان بحوزتنا تلسكوب قوي بشكل خيالي، فلن نستطيع مشاهدة ظاهرة ما حدثت عندما كان عمر الكون أقل من 700000 سنة.



اذن، سيبقى الماضي البعيد للكون مبهما وضبابيا.

نعم، من المستحيل مشاهدة ماضي الكون في هذه الفترة.



توقف التفاعل وتبادل الطاقة بين المادة والفوتونات، واختل التوازن الديناميكي الحراري وهكذا بدأت حرارة المادة (حـم) تنخفض بشكل سريع (حسب مقلوب مربع شعاع الكون) ومعها حرارة الفوتونات (حـف)، هذه الأخيرة تنخفض حسب مقلوب شعاع الكون فقط.

مرحبا!

أصبح الجميع أنانيا هذه الأيام.

هيه! ماذا يجري!  
لقد حل الظلام فجأة!  
وأصبح الجو باردا جدا...

يشهد الكون الآن نوعاً من ظواهر الشفق. فهو لا يزال يبرد. و يتحول لون السماء من البنفسجي إلى الأحمر الداكن، بينما يحل الليل كغطاء فراش متجمد. لا يزال هناك مليار فوتون لكل ذرة من الهيليوم أو الهيدروجين. لكن هذه الفوتونات، المنتشرة خلال عملية التوسع، تعاني من نوع من فقر الدم الكوني...

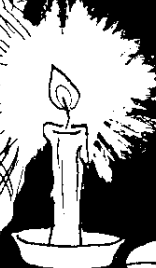
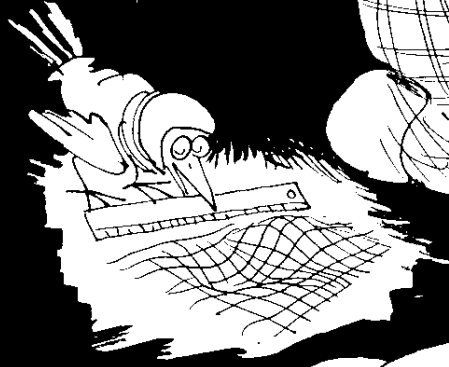
لقد انتهى الانفجار العظيم. لو هلة، خلنا أنه لن يتبقى أي شيء (جسيم واحد في المليار!). و يسود ظلام يشبه عتمة الانفاق.



يالاه من برد قارس.

الطول الموجي للفوتونات هو  
0,15 ميليمتر وهو يوافق درجة  
حرارة إشعاع قدرها  
(ح-) =  $173^{\circ}$  درجة.

أما الذرات فهي تتجول  
بسرعة 150 متر في الثانية،  
وهذا يوازي درجة حرارة  
المادة (ح-م) =  $267^{\circ}$



حسنا... أعتقد أنني بدأت افهم كيف يعمل الكون.

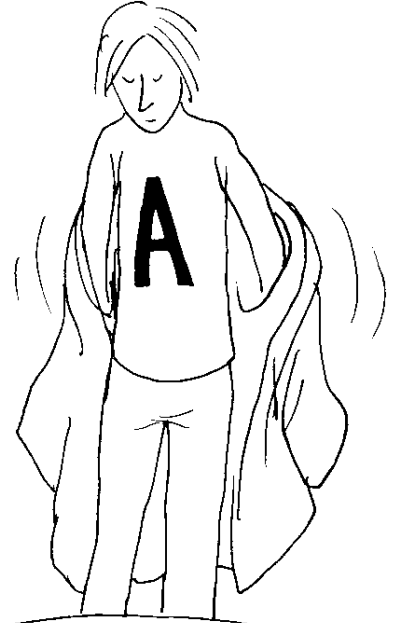
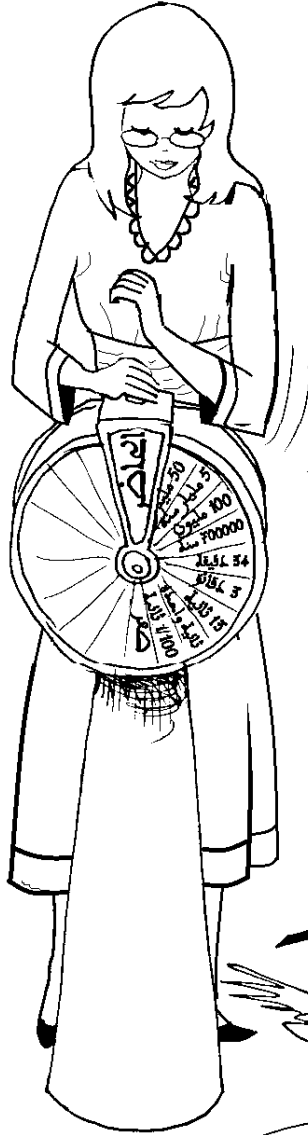
ولكن هناك سؤال مهم:  
لمذا يصلح كل هذا؟

هل كان كل ذلك  
نوعاً ما؟

نعم، سليم محق، ما المغزى  
من هذا؟



للإجابة عن سؤال ليون، سنغادر عالم البسط هذا ونعود إلى الحاضر.



وعن تكون المجرات والنجوم؟ ...  
هل سننسى تنمة هذه الحكاية؟

لا، سأروي تلك الحكاية في ألبوم:  
"ألف شمس"

# تأثير "كوبلر"

ماذا تفعل؟

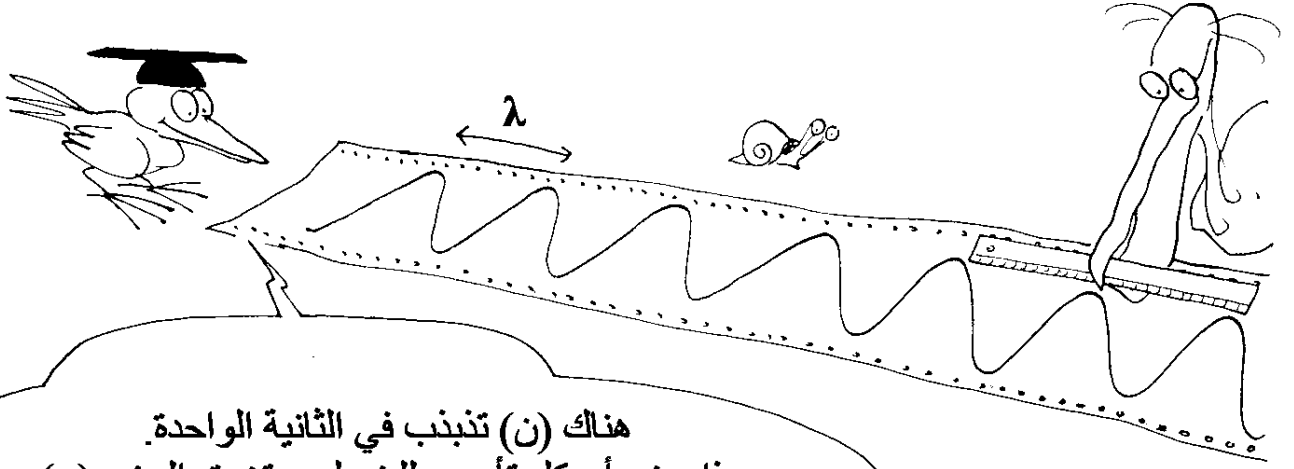
سترى بعد قليل، سأرسل بعض الرسائل.

في هذا الحد، هناك نظام تدوير نو سرعة ثابتة (س) دوره هو سحب الشريط.

في الطرف الآخر، يقوم نظام متذبذب (بندول) بتخطيط (رسم) جيب على الورق.

أستطيع أن أضبط التردد (ت)، عدد الترددات في الثانية، بتغيير موضع الوزن على الميزان.

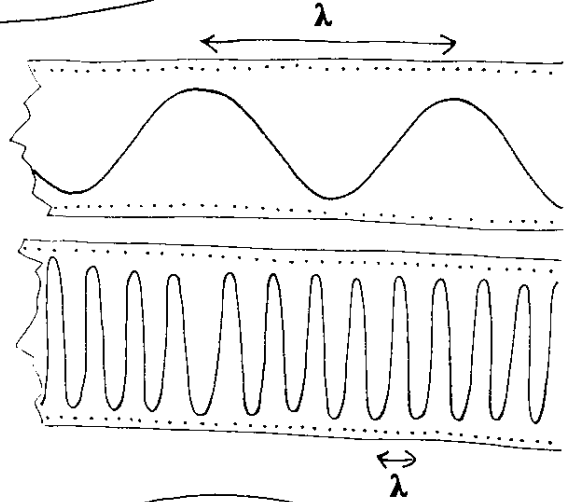
أه، حسنا. وأنا أستطيع أن أقيس طول الموجة المستقبلية.



هناك (ن) تذبذب في الثانية الواحدة.  
هذا يعني أن كل تأرجح للبندول يستغرق الجزء (ن)  
من الثانية. وهو التردد الموجي. خلال هذا الوقت، يتقدم  
الشريط بمسافة: (م) = (ن)/(س)، أي الطول الموجي.

تردد منخفض ودور كبير  
و طول موجي كبير. تردد عال  
ودور قصير و طول موجي قصير.

هذا يمكنني من  
التواصل.

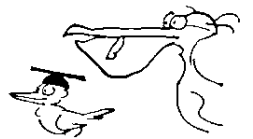


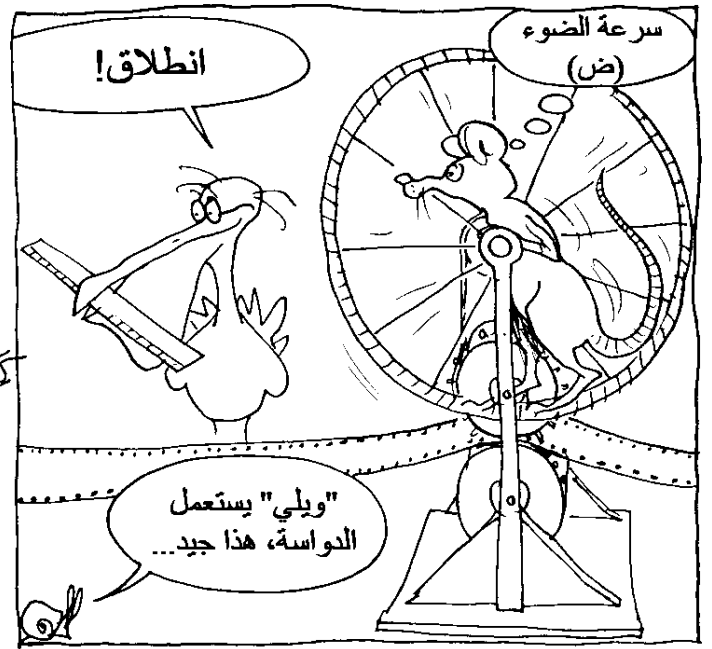
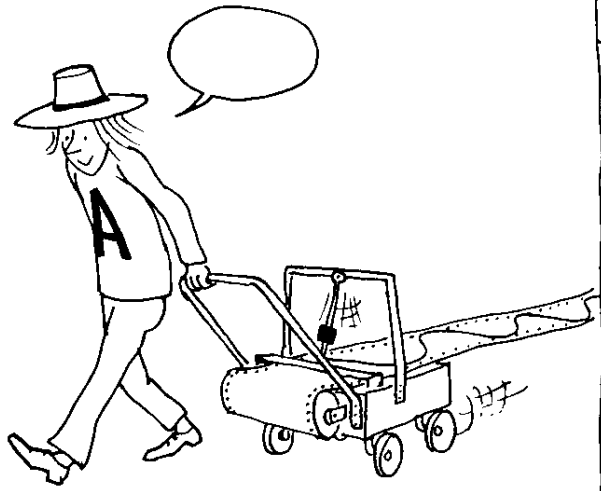
التواصل مهم جدا.



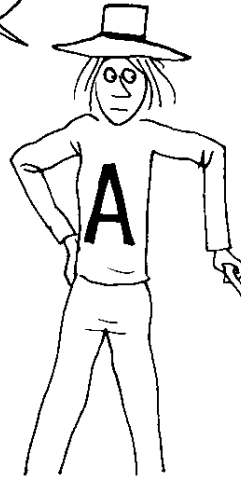
مستعدون؟

حسنا، سأقوم بتجربة التواصل من خلال  
مسافات كبيرة.

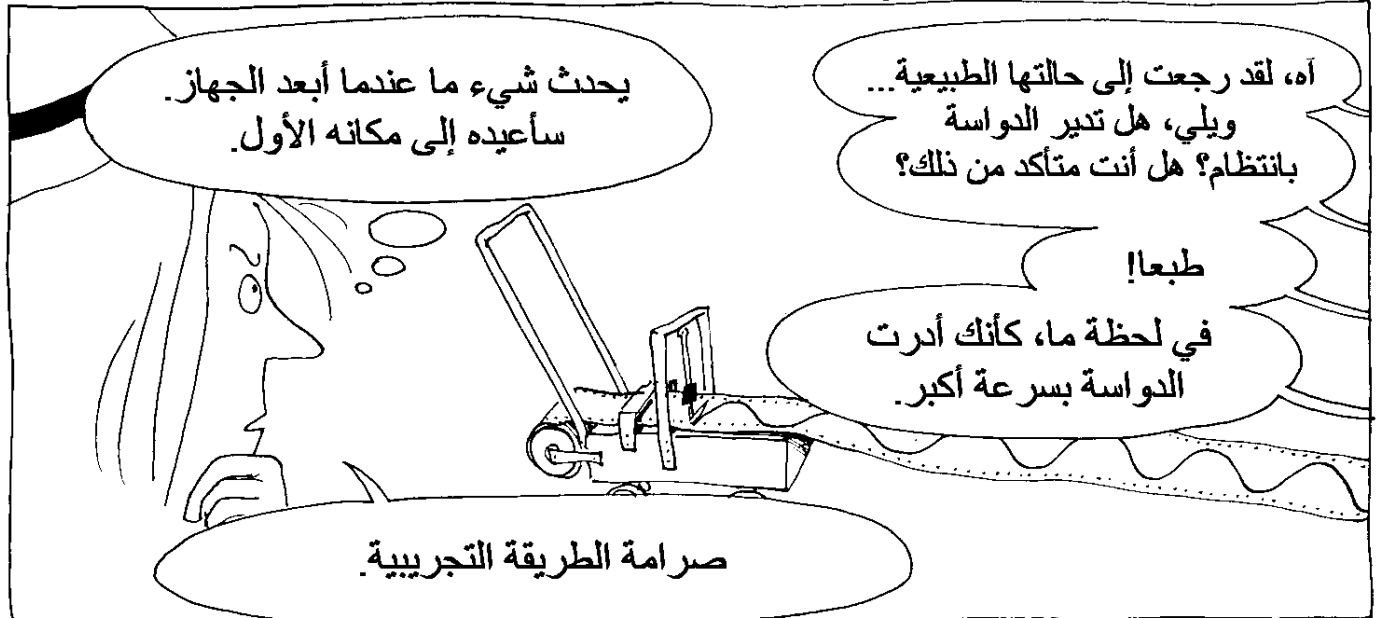
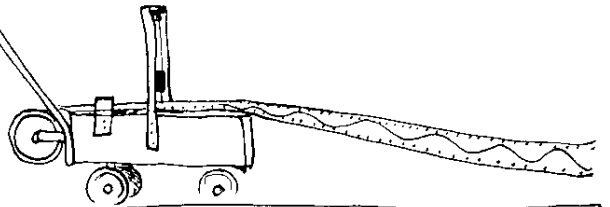


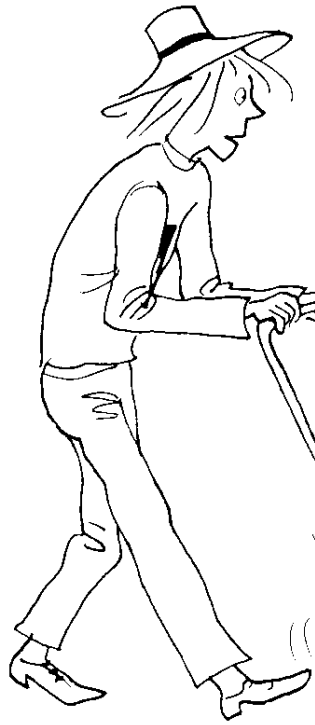


أنا! أبدا!



أه!!! ماذا تفعل؟ هل غيرت التردد؟





!!!

ويلي!!! هل تدير العجلة أم لا؟!

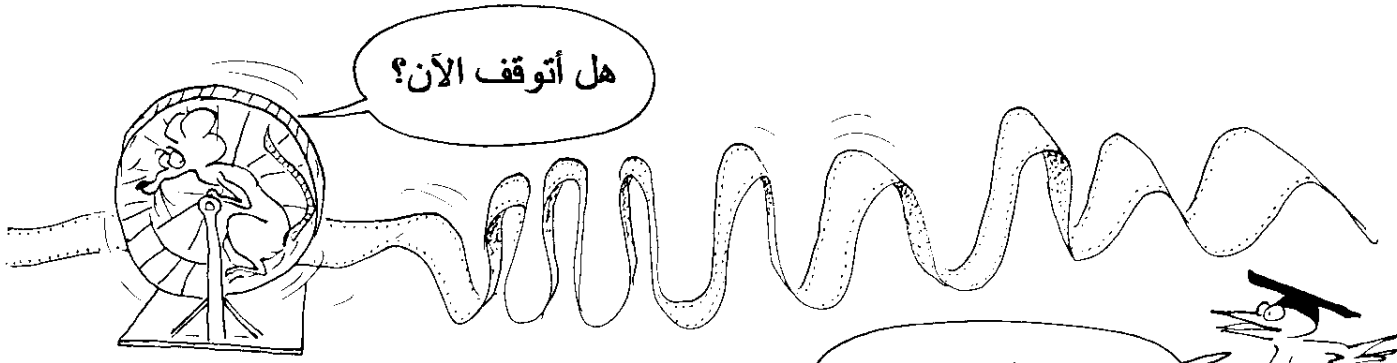
ولكنني أحرك العجلة!

إذا لم يعجبك الأمر، تعال وقم بالتحريك  
مكاني!

والآن يا أصدقائي!  
ما معنى كل هذا؟



عادت الأمور الى طبيعتها مرة أخرى.  
لكن منذ فترة وجيزة كان هناك تزايد في الطول  
الموجي (عند النقطة أ)، أي تناقص واضح في التردد،  
عند الإستقبال. بعد ذلك، وبعد فترة من الاستقبال العادي (ب)  
هناك تزايد في التردد عند الإستقبال (تناقص في الطول الموجي).



هل أتوقف الآن؟

نعم يا ويلي، توقف.

ربما كان الشريط الورقي  
يتمدد ويتقلص.

"ويلي" يقول أنه كان يحرك العجلة  
بانتظام طوال الوقت.

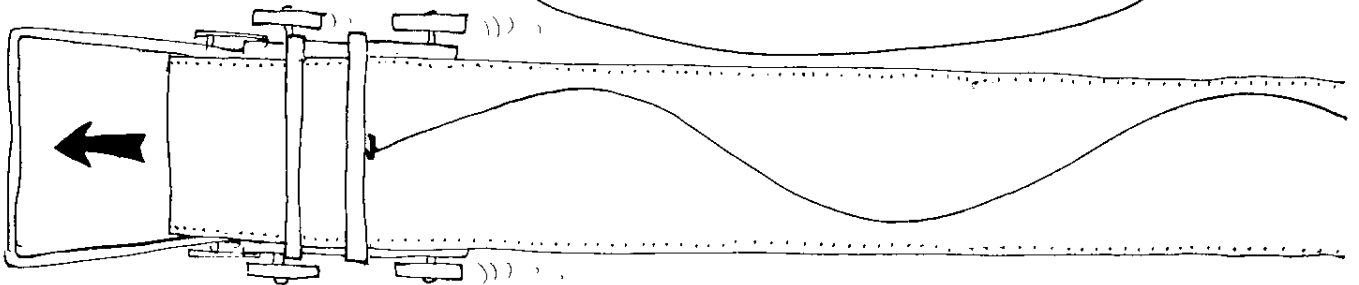
لا يا سليم، إنه تأثير  
"دوبلر و فريزر".

عندما تنقل وتحرك العربة، تسببت في تغيير  
التردد الظاهري.

تأثير من؟

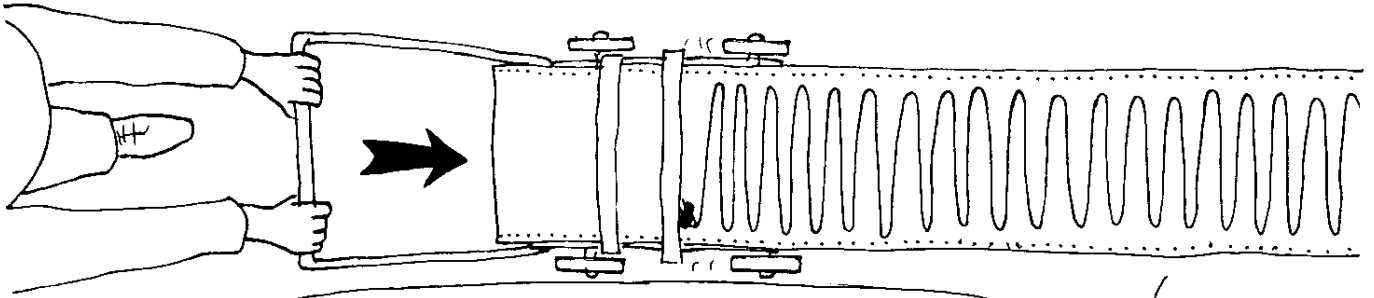


عندما تبتعد العربة، يتمدد الجيب  
ويبدو التردد ضعيفا.





عندما تقترب العربة، تتقدم على طول الشريط، يتقلص الجيب ويبدو التردد مرتفعاً.



هذا هو بالضبط ما يحدث عندما تستمع إلى صفير قطار يمر بسرعة عالية. على مسافة قريبة من القطار يكون الصفير عالياً. وعندما يبتعد هذا الأخير يبدو الصفير أكثر حدة.



هذا مثير للاهتمام فعلاً... بنظام مماثل وعندما نعرف الطول الموجي لإشارة تنبعث من مصدر ثابت نستطيع حساب سرعة الاقتراب أو الابتعاد عن هذا المصدر.

وما ينطبق على الصوت ينطبق أيضاً على الضوء. فنبدو الأشياء التي تبتعد أكثر احمراراً بينما تلك التي تقترب تبدو أكثر زرقة.

حسنًا، لنعد إلى تجاربنا.

هيا يا "ويلي"، استعد!

هل غير التردد؟

أو إنه يبتعد الآن.

هذا يحدث كالمرّة السابقة  
تمامًا.

لا، أيها السدج. أنا لا أبتعد،  
أنا هنا أمامكم، إلا تروني؟

هذا صحيح!  
أعتقد أنه يبتعد.

وهكذا بقي التذبذب في مكانه.

# تبعد المجرات

ولكن... كيف هذا؟

هذا يعني أن...

الكون يتحرك.

يا إلهي!

هذه هي حكاية البساط الذي يتمدد...

هذه الحكاية معقدة فعلا!...

نعم، هكذا اكتشف "إيدوين هابل"، في 1930، توسع الكون، عندما لاحظ أن المجرات البعيدة تبتعد عنا: وذلك بفضل تأثير "دوبلر و فريزو"، فهي تميل إلى الاحمرار كلما ابتعدت.

عموما، ذرات الهيدروجين تبعث الضوء في طول موجي 21 سنتيمتر: تأثير دوبلر يشير إلى سرعة ابتعاد وهروب تعادل: 2000 و 4000 و 6000 كلم/ث

تمكن "هابل" من تحديد المسافات التي تفصلنا عن المجرات بالاعتماد على الضوء المنبعث منها. واستنتج أن هذه السرعات متناسبة مع المسافات التي تفصلها عنا.

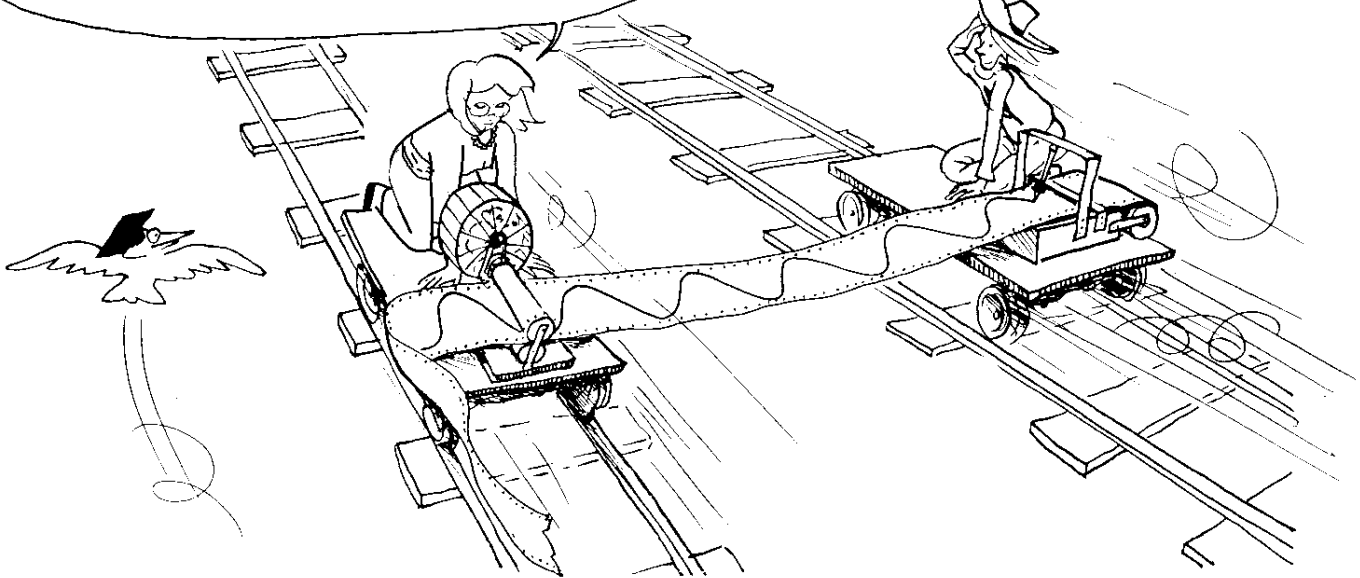
انتظروا، ماذا يعني هذا؟ هل تتسارع الأشياء  
عند ابتعادها عنا؟

ليس تماما. يتمدد البساط في كل الإتجاهات.  
تصور نقطة أتبعد عنك، في اللحظة البدئية  
 $t = 0$ ، بمسافة متر واحد. في غضون ثانية  
واحدة أصبحت على مسافة 1,20 سنتمتر.  
إن سرعة هروبها هي 20 سنتمتر  
في الثانية.

في نفس الوقت، أصبحت النقطة ب،  
والتي كانت تبعد في اللحظة البدئية بمترين،  
على مسافة 2,40 سنتمتر (النقطة ب') و  
سرعتها بالنسبة لك هي 40 سنتمتر في  
الثانية.

ليس هناك تغير في طول الموجة عندما  
يسير المصدر والمستقبل بنفس السرعة  
وفي مسارات متوازية.

تأثير "دوبلر" يشير  
إلى السرعات النسبية.



هل يعني هذا أن كوننا يتوسع؟

انتظروا، لدي فكرة أخرى. لنفترض أن الزمن... يتسارع.

ولكن هذا لا يعني شيئاً!؟

تذبذب الذرات، ذرات الهيدروجين على سبيل المثال، يشبه نبض الكون. تصور كونا يتزايد نبضه. كلما تقدمنا في العمر كلما ازدادت سرعة نبضاتنا. صور الماضي تصل إلينا وكأنها فيلم بالعرض البطيء. وتأثير "دوبلر" ليس إلا وهما.

طبعاً يا تيريسياس، نستطيع تصور أي شيء، وما تقوله يعني أن قوانين الفيزياء تتطور مع الزمن، وهو ما درسه "فريد هويل".

## أعمق وأغوار السماء بلرحة جدك

هناك حجة أخرى تدعم نظرية توسع الكون وتوعمها، الانفجار الكبير.

مي...

رأينا منذ قليل أن فوتونا واحدا فقط في المليار من نجح في التحول إلى مادة.

ومضاد المادة!

اذن، سيتبقى عدد كبير من الفوتونات الأولية، حوالي 500 في السننيمتر مكعب (وعدد مماثل من النوترينوات التي يصعب الكشف عنها).

سيكون طولها الموجي هو خمسة ميليمترات وهو ما يوازي درجة حرارة إشعاع (ح-1) 3 درجات مطلقة (-270°).



نجح "بانياس وويلسون" في الكشف عن هذه الفوتونات في 1964. وهذه حجة مهمة تدعم نظرية توسع الكون.



هيه!

مي!!

# الأفق الكوني

صوفيا، حسب قانون هايل، يتسارع هروب الأشياء بشكل متناسب مع المسافة.

منطقيًا، يوجد هناك أشياء تبتعد عنا بسرعات أكبر أو تساوي سرعة الضوء!؟

في هذه الحالة لن نستقبل هذا الضوء!؟

لمذا؟ إذا ابتعدت طائرة عني بسرعة فوق صوتية، سأسمع ضوضاءها حتمًا، أليس كذلك؟

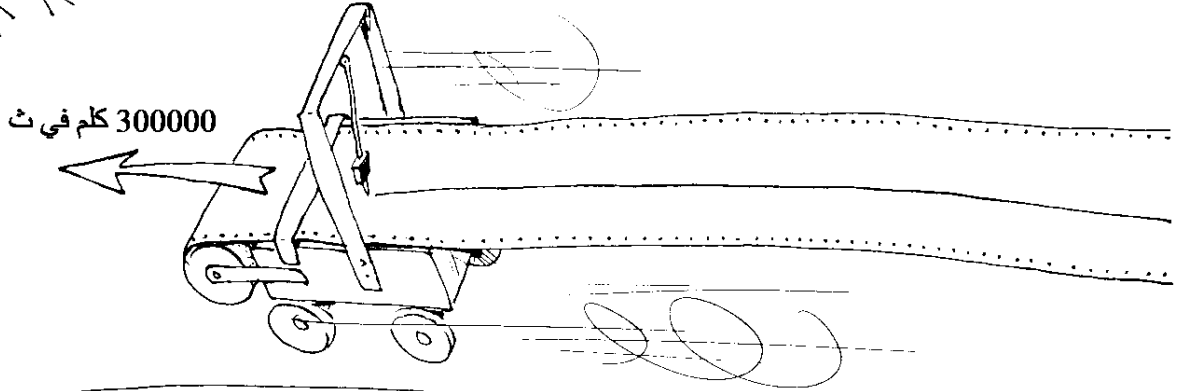
يا أعزائي، عليكم أن تشاهدوا الأشياء من زاوية مختلفة.



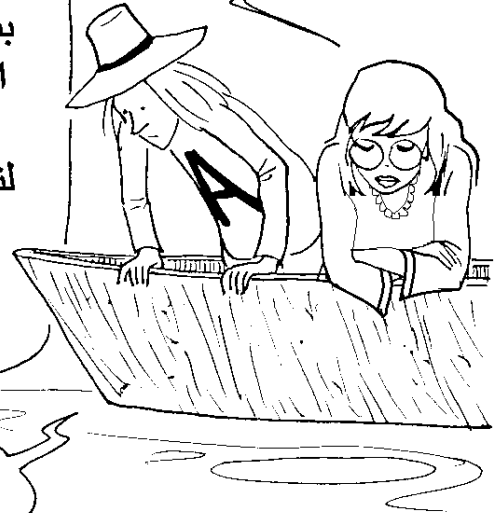
للتنقل تأثير في الزمن (\*). شيء يتنقل بسرعة تعادل 300000 كلم في ث، سرعة الضوء، يوجد بالنسبة لنا نحن الملاحظون في فقااعة زمنية مختلفة. سنستقبل إشارته وكأنها فيلم يعرض بالعرض البطيء.



وإذا ابتعد عنا هذا الشيء بسرعة الضوء، سيصبح انفصال وانزلاق الزمن كاملاً. سيتجمد وقته.



بسبب هذا الانفصال الزمني، سينخفض التردد الموجي عند الاستقبال. وهكذا تتضاف هذه الظاهرة، النسبية، إلى تأثير دوبلر. عندما تصل سرعة ابتعاد الشيء المرسل، بالنسبة لنا، سرعة الضوء، يصبح تردد الموجات المستقبلية منعدماً. لا طاقة ولا طول موجة ولا إشارة.



موجات ذات تردد منعدم! هذه ليست موجات.

(\* أنظر "كل شيء نسبي"، لنفس المؤلف.



بالنسبة للأشياء التي تحيط بنا، تصبح السرعة نسبية أي 300000 كلم/ثانية عند كرة تسمى الأفق. إنها لا تمثل حدود الأشياء الموجودة؛ ولكن حدود الأشياء التي يمكننا معرفتها. ربما كان هذا الكون القابل للاستكشاف مجرد جزء صغير من كون أوسع. يوجد هذا الأفق على مسافة عشرات المليارات من السنين الضوئية. أقوى تلسكوب على وجه الأرض حاليا هو "بالومار"، ومداه هو نحو مليار سنة ضوئية.

ومذا كنت تعنين منذ قليل بمصطلح شعاع الكون ش؟

بدأت الحكاية عندما كان عمر الكون جزء من مائة من الثانية. تخيل أننا قمنا في تلك اللحظة برسم دائرة أو كرة ذات شعاع ش وتتبعنا توسع تلك الكرة المرجعية مع تدفق الزمن. هذا كل ما في الأمر.

من خلال كل هذا، لا نستطيع أن نجزم مسبقا ما إذا كان الكون محدودا أو بلا نهائية (\*).

هيه، أنتما!

ألم تنته هذه القصة المصورة بعد!

هي هي!

عيناها جميلتان.

ما زلنا في حاجة إليك.

# نماذج "فريدمان"

أنها قوى الضغط. يجري الأمر  
وكان الكون ينفجر كالقنبلة تماما.

صوفيا، ما الذي يسبب  
في توسع الكون؟

ولا شيء يقف ضد  
هذا التوسع؟

إلا نستطيع تصور كون تكون  
فيه قوى الضغط وقوى الجاذبية  
متوازنة؟

تميل قوى الجاذبية إلى  
تجميع وتكثيف الكون حول  
نفسه (ينفجر نحو الداخل).

نستطيع أن نبرهن أن التوازن  
مستحيل. أقل اضطراب في التوازن،  
يجعل هذا الكون الثابت ينفجر، ويتوسع،  
أو ينفجر عكسيا نحو الداخل.

انفجار نحو الداخل

انفجار

ولكن، هل تعني أنه كان من الممكن أن... ينفجر كوننا نحو الداخل؟

بشكل ما، كان من الممكن ذلك.

ومذا يمنعنا من القول إن الزمن كان سيتدفق... نحو الخلف...

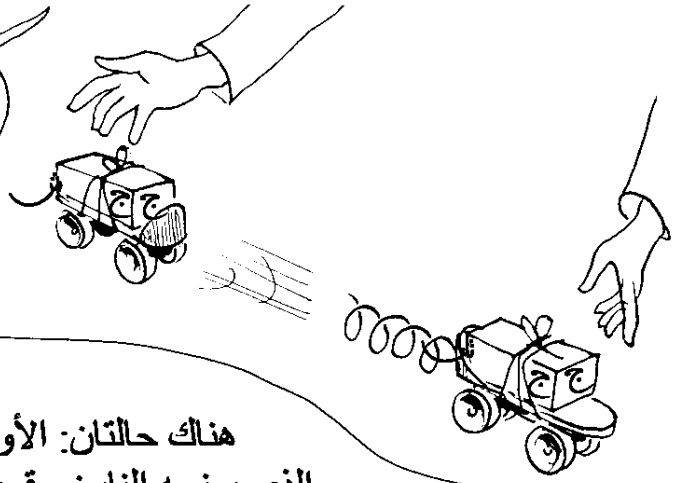
تسس!...

مذا تفعل يا سليم؟

ألصق سليم مغناطيسين مع مزلاجين بعجلات، مما جعلها تتجذب نحو بعضها البعض. لكن نابضا مضغوطة يحاول دفع الزلاجتين بعيدا عن بعضهما مرة أخرى.

هل فهمت الان؟ المغناطيسان يمثلان قوى الجاذبية والنابض يمثل قوى الضغط.

عندما أحرر المزلجين فهما  
يندفعان بعيدا.

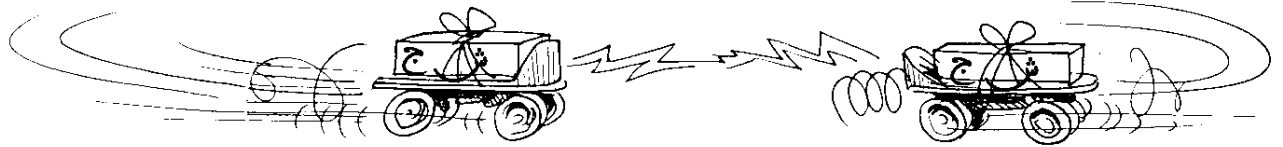


هناك حالتان: الأولى، إذا كان الدافع  
الذي يمنحه النابض قوي بما فيه الكفاية،  
فسيتعد الزلاجان عن بعضهما نهائيا. كلما ابتعدا  
عن بعضهما ستتناقص قوة الجذب بينهما، وهي متناسبة مع  
مقلوب مربع المسافة، وستصبح مهملة.



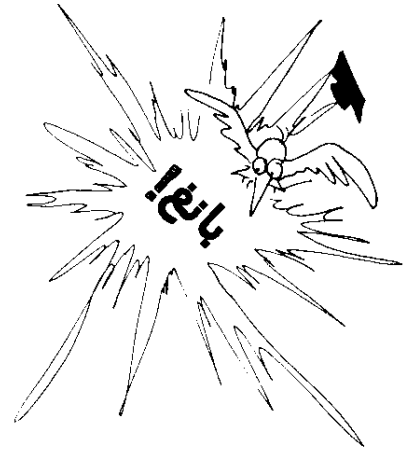
إذا لم يكن هناك احتكاك، فسيكتسب الزلاجان سرعة ثابتة  
في نهاية المطاف.

الحالة الثانية هي إذا كان قوة دفع النابض ضعيفة جدًا،  
أو إذا كانت قوة المغنطيسان كبيرة جدًا، فعندئذ سيعود  
الزلاجان، ويلتحما من جديد بسرعة متزايدة.



هذا يستدعي وجود نوعين من الأكوان الممكنة:  
السيناريو الأول هو أن التوسع يتواصل بشكل لا نهائي. وعندما تنطفئ آخر النجوم  
سيعم الظلام الدامس والبرد القارس المطلق، إنه الموت الديناميكي الحراري.

السيناريو الثاني: تفوق قوى الجاذبية. بعد وصول التوسع إلى حده الأقصى، فإن الكون «يطبق على نفسه». تسحق وتتبخر جميع المجموعات الموجودة كالمجرات والنجوم. حتى الذرات تكسر. "الانفجار الكبير" يعيد نفسه مرة أخرى ولكن هذه المرة نحو الخلف... في انتظار انتعاش وانطلاق جديد للكون ومرحلة جديدة من التوسع.



لو كنت أعرف أن الكون غير ثابت، لكان بإمكانني اكتشاف ذلك قبل فريدمان (\*).

عالم الرياضيات الروسي فريدمان هو أول من اخترع النماذج الأولى الغير ثابتة للكون وذلك عام 1930.



السيد ألبرت، والذي عبر حسابات ومعادلات رياضية معقدة ومستحيلة تماماً، تدبر أمر نمودجه الثابت في عام 1917، وقد كان هذا النموذج خيبة كبيرة. وهكذا سرق فريدمان انتصاره وسيطر على النسبية العامة لسنوات طويلة جداً.

ووفقاً لنماذج فريدمان، فسيخضع الكون لتوسع غير محدود ما دامت كثافة المادة (الحالية) أقل من  $5 \times 10^{-30}$  جراماً لكل سنتيمتر مكعب. سيكون لهذا الكون حجم ومدى توسع لانتهائي.



(\* ملاحظة حقيقية لأينشتاين.

# هندسيات الكون

ما هو شكل... الكون؟

مشكلة أخرى...

الكون، بالنسبة لنا، هو هيكل عملاق ذو أربعة أبعاد، يمتزج فيه المكان والزمان. تتطابق الأفكار التي نوقشت في الصفحات السابقة مع عروض مختلفة من هذا الكيان الكوني الذي هو الزمكان.

نذكر بأن عدد أبعاد فضاء ما، هو ما نحتاجه من إحداثيات لتحديد موقع نقطة ما.

موعدا يوم الثلاثاء على الساعة الحادية عشر<sup>1</sup>، عند ملتقى الشارع الثاني<sup>2</sup> والزنقة الخامسة<sup>3</sup> في الطابق الرابع<sup>4</sup> أربع إحداثيات.

في هذه الرسومات المصورة، يمكننا فقط تمثيل المسافات في بعدين، أي في سطح مستو. حتى نتمكن من دراسة الزمكان مع بعدين، أولهما الموقع وثانيهما الزمن.

وهكذا يمكننا تمثيل النموذج الأول  
المغلق للكون، نموذج إنشيتاين الثابت،  
على هيئة أسطوانة.

انتظر، هل تعني أننا... داخل  
هذه الأسطوانة.

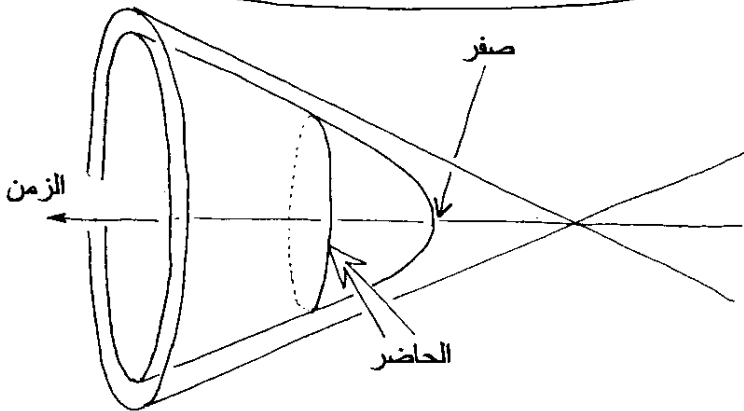
لا، بل فوقها!

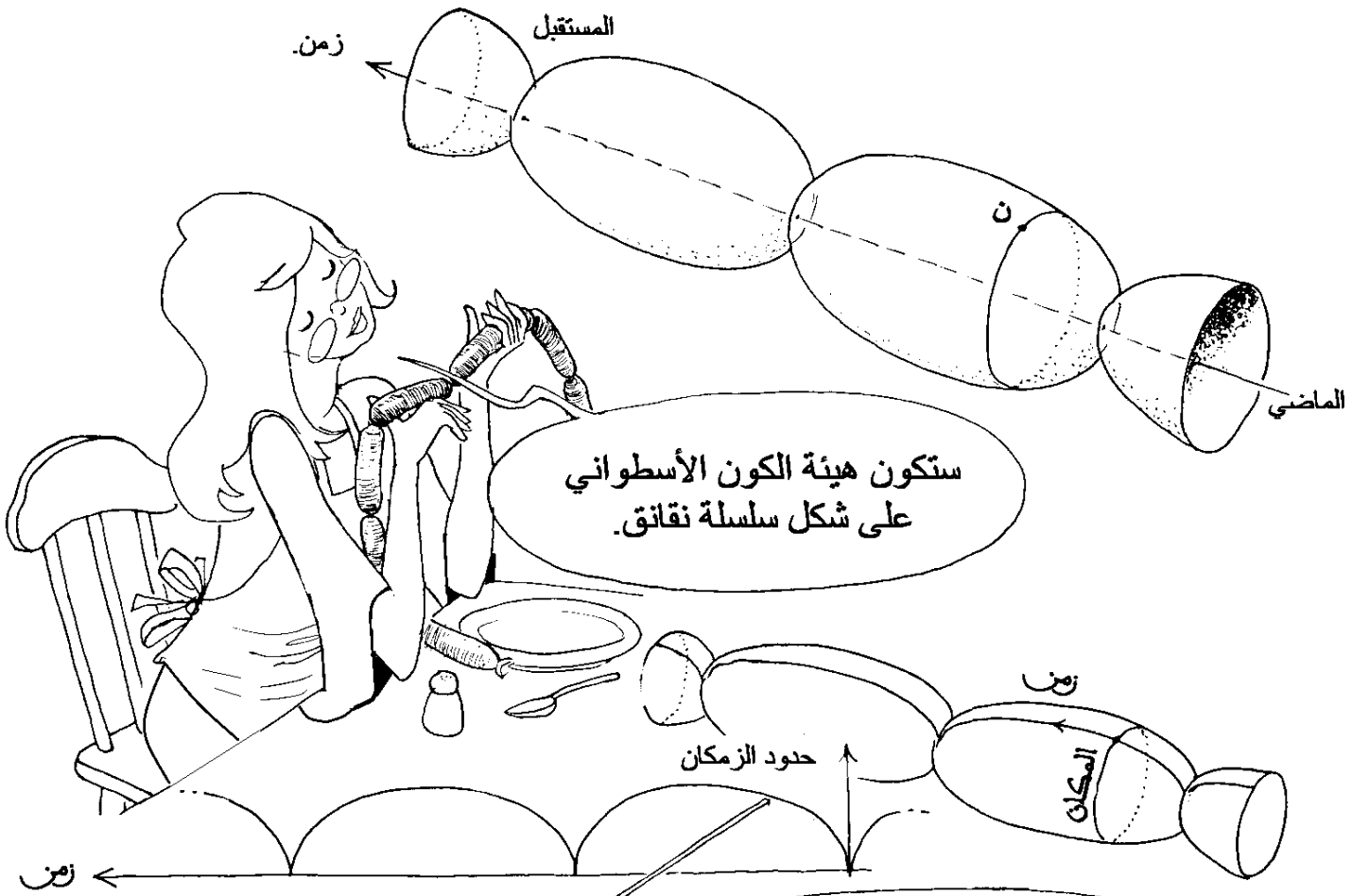
في لحظة ما، تمثل النقطة ن الشيء على  
السطح، سيبدو مجمل الكون مقتصرًا على  
هذه الدائرة. كون مغلق - وبعد واحد.

عندما يكون الشيء ساكنًا،  
فهو يرسم أسطوانة مع مرور الزمن.

من السهل تمثيل تمدد هذا الكون  
المغلق بالنسبة للزمن، وهو يعطينا  
نموذجًا للأكوان غير الثابتة.

مثلًا، تمثل هذه الصورة  
الثنائية الأبعاد الزمكان في تمدد  
لا محدود.





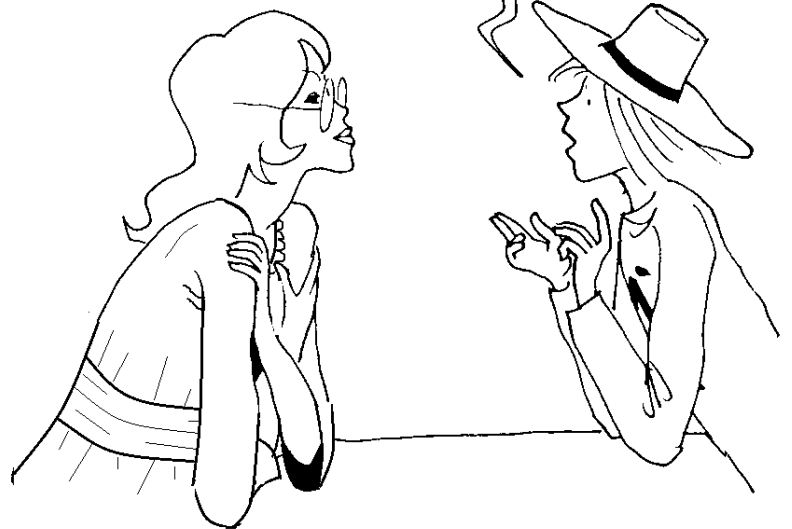
ستكون هيئة الكون الأسطواني  
على شكل سلسلة نقاط.

سنكون  
هنا إذن.

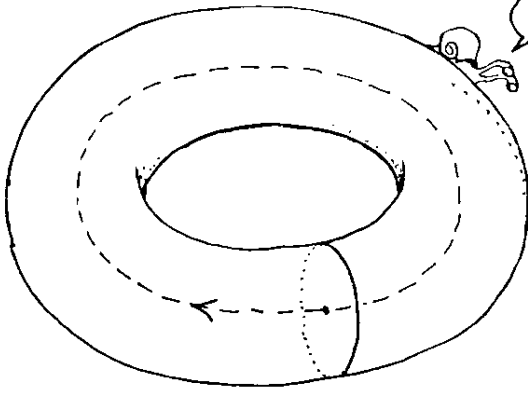
ولكن، لماذا سيكون الزمن مفتوحا  
بالضرورة، أي لا نهائيا نحو المستقبل  
والماضي.



هل تعني أننا نستطيع...  
إغلاق الزمن حول نفسه.







لا مشكلة في ذلك... إذا أغلقنا  
نموذج إنشائين حول نفسه سنحصل  
على... طارة.

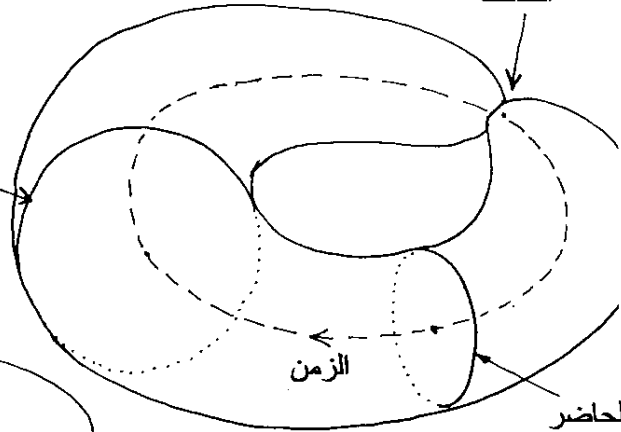
في هذا الزمكان المغلق بشكل كامل، نفس الأحداث تحدث من جديد  
وذلك خلال فترة ما (ز) وهو دور هذا الكون الغريب.



حالة الانفجار العظيم  
الخاصة

نستطيع أن نغلق كونا اسطوانيا  
حول نفسه.

حالة توسع قصوى.



إنها سلسلة من النقاتق، مُغلقة حول نفسها،  
بسجق واحد فقط!

أه، انظروا إلى ليون!!!



لقد أغمي عليه...  
لقد توقعت ذلك.

# خاتمة



هذا ما نعرفه عن بداية الكون.

أخيراً... ما نجزم معرفته.  
لقد تغير العديد من المرات  
منذ 5000 سنة!



"إن محاولة فهم الكون هي واحدة من الأشياء  
القليلة التي ترفع حياة الإنسان قليلاً فوق مستوى  
المهزلة، وتعطيها بعض من نعم المأساة". ستيفن  
واينبرغ - "أول ثلاث دقائق"

تتمة "نظرية الانفجار الكبير" (تشكل المجرات، النجوم، إلخ) في اليوم "ألف شمس".

# الحراما الكونية



الظواهر	الكثافة	الحرارة	الزمن
..?		$10^{12}$ درجة الحرارة	قبل
حساء من الفوتونات، النيوتريونات، مضادات النيوتريونات (الفوتون هو جسيم مضاد لنفسه)، البروتونات، النيوترونات، المضادة، الإلكترونات والإلكترونات المضادة (البوزيترونات)		300 مليار درجة	1/1000 ثانية
معركة بين البروتونات و النيوترونات المضادة و النيوترونات ثم النيوترونات المضادة. سيبقى واحد في المليار. سيبدأ الباقي مع مضادات الهدرون الموجودة، لانتاج الفوتونات	4 مليارات غرام في السنتمتر مكعب	100 مليار درجة	1/100 ثانية
لا شيء ينكر. درجة حرارة كبيرة جدا لا تسمح للنواة الذرية بالتشكل.		30 مليار درجة	1/10 ثانية
تتوقف النيوتريونات عن التفاعل مع المادة.	380000 غرام في السنتمتر مكعب	10 مليار درجة	ثانية واحدة
معركة بين الإلكترونات ومضاداتها. مرة أخرى ينجو واحد في مليار فقط.		3 مليار درجة	13 ثانية
تركيب نووي: تشكل نوى الهيليوم. اختفاء النيوترونات الحرة (عمر 109 ثانية).		مليار درجة	3 دقائق
انتهى التركيب النووي: 25 من الهيليوم و 75 من هيدروجين.	حوالي غرام في السنتمتر مكعب	300 مليون درجة	35 دقيقة
بعد إبادة كل المادة تقريبا (مضاد المادة)، يعيش الكون "عصرا إشعاعيا"، حيث يكون الزوج "طاقة-مادة" بشكل رئيسي في شكل إشعاع. عندما تنخفض درجة الحرارة إلى 3000 درجة، تتشكل الذرات المحايدة وتتوقف الفوتونات عن التفاعل مع المادة: يصبح الكون "شفافا".		3000 درجة	700000 سنة
تتجاوز درجة حرارة الذرات المحايدة للهيدروجين والهيليوم بعد امتناع الفوتونات عن تسخينها. تشكل المجرات والنجوم الأولى.		ح-1 = 173 درجة ح-م = 276 درجة	100 مليون سنة
تشكل الأرض			5 مليار سنة
ظهور الحياة	$10^{-30}$ غرام في السنتمتر مكعب	ح-1 = 270 درجة 3 درجات كلفن	10 مليار سنة
اختراع القنبلة الذرية			حاليا