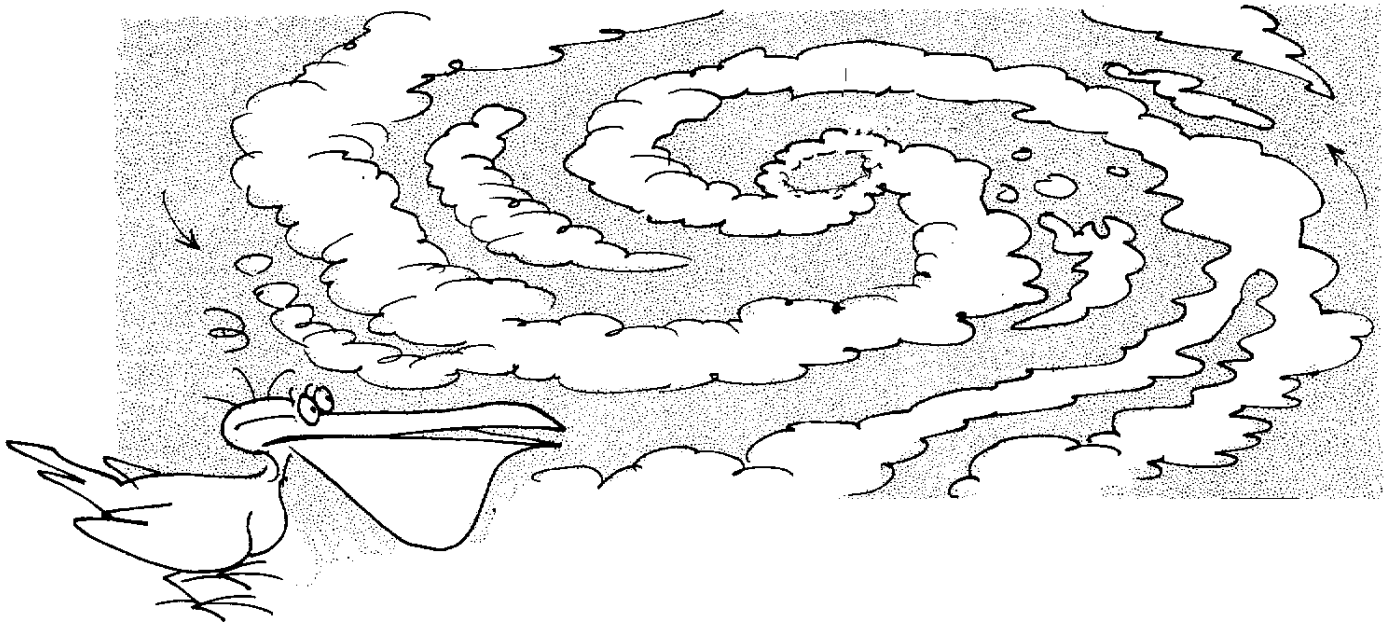
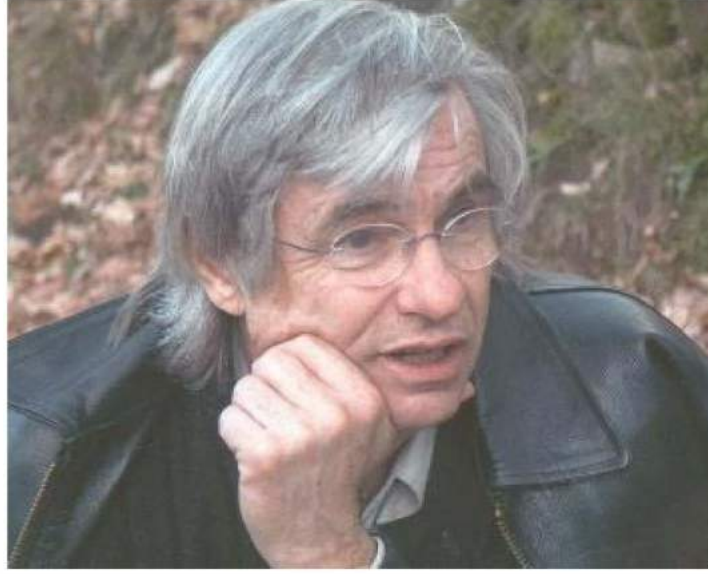




مغامرات سليمان

تريليون شمس





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

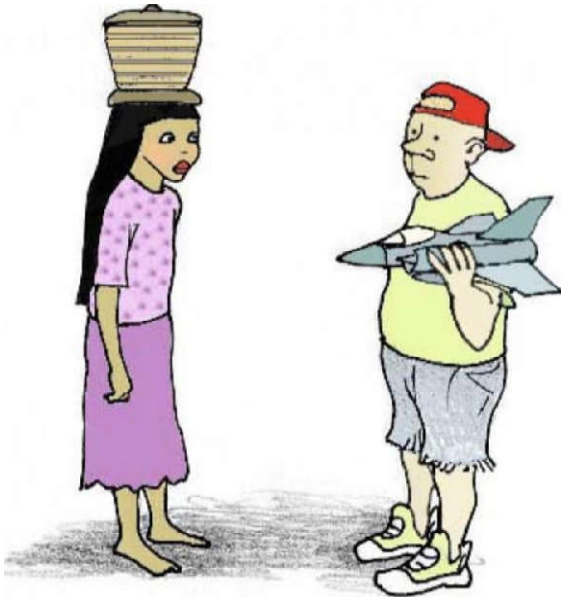


Jean-Pierre Petit

Gilles d'Agostini

بالمال التبرع تم. تماما تطوعية الجمعية  
للمترجمين بالكامل

زر استخدم ، تبرع لتقديم  
الرئيسية الصفحة في PayPal

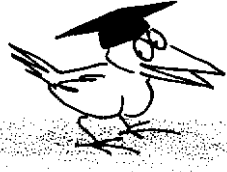


<http://www.savoir-sans-frontieres.com>



# ملحوظة

إن الفيزياء الفلكية هي علم حديث. وحتى السنوات الأخيرة كان الإنسان يتلقى المعلومات والبيانات الفلكية عبر نافذة الجو الضبابية (الأتومسفير).



في هذا المجال، مازالت حيرة العملاء مستمرة منذ أزيد من قرن من الزمن!

مازالت ديناميكا المجرات في انتظار علماء كبار من طينة كيبلر أو لابلاس. فحن لا نستطيع لحد الآن برمجة معادلات رياضية كافية تحاكي بشكل مقنع هذا الشيء الذي نسميه مجرة.

من المفارقات الغريبة أن طفولة الكون (نموذج الانفجار الكبير) مفهومة بشكل أفضل من مرحلة مراهقته، والتي تبقى ... ضبابية.

نحن بعيدون كل البعد عن الإجماع وتوجد عدة نظريات متناقضة تماما حول ولادة وتطور المجرات.

المعلومات التي يلتقطها التلسكوب الفضائي، وتعالجها أقوى الحواسيب، قد تسمح لنا بالتوصل إلى نظريات و حلول مرضية في المستقبل القريب ... ربما.

لذلك قام المؤلف باختيارات شخصية. قد يكشف لنا المستقبل، يوما ما، مدى صدق روايته وبعد نظره...

... أو كم كان مخطئا.

أعياء الميلاء 1985

الكوميديا التي سنقدمها هذا المساء  
هي تتمة لرواية "نموذج الانفجار العظيم"  
وستبدأ الحكاية عندما كان عمر الكون  
100000 سنة. لأسباب فنية تم تعديل  
المشهد.



# كوكب الكون

سليم، صوفيا، أين أنتما؟

هنا، نحن هنا...

أه...

لا موطن قدم لنا...

و تيريسياس، أين هو تيريسياس؟

أنا هنا!

أه...

أنا لا أجيد السباحة  
يا سليم!

ولم القلق؟ فأنت تطفو أيها الساذج!

أين نحن؟

وما هذا الحساء؟

نحن في الكون مرة أخرى...

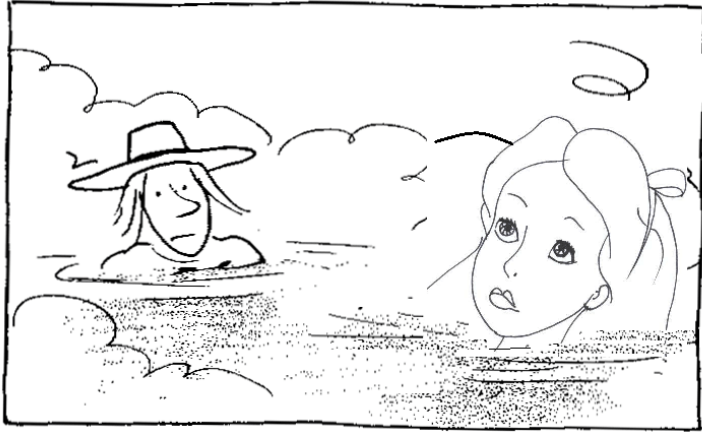
الجو حار جدا!

هذا الحساء يمثل المادة أيها الفتى.

نعم سأصاحبكم في هذه  
المغامرة الجديدة.



أه، هذه أنت  
من جديد!

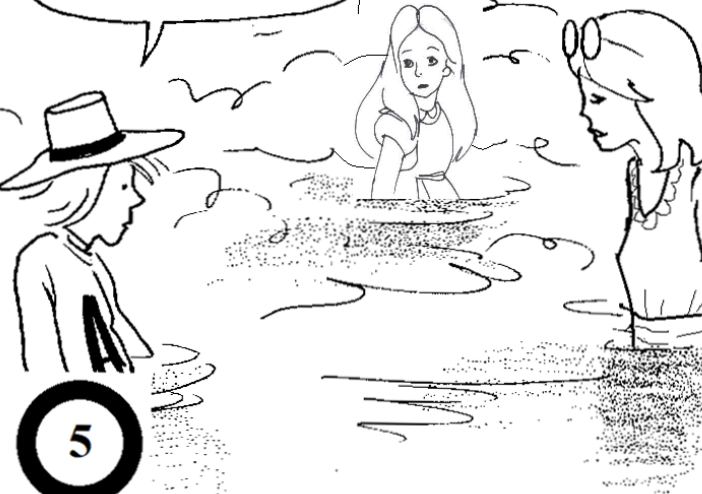


توقف أيها  
السادج...



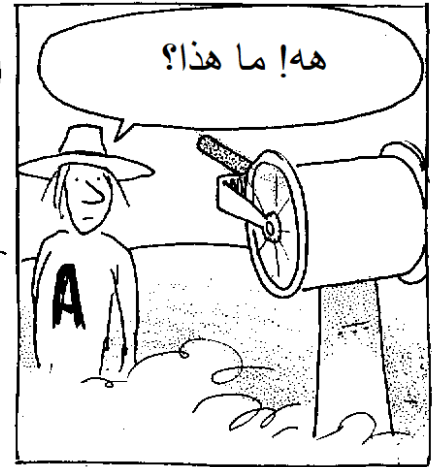
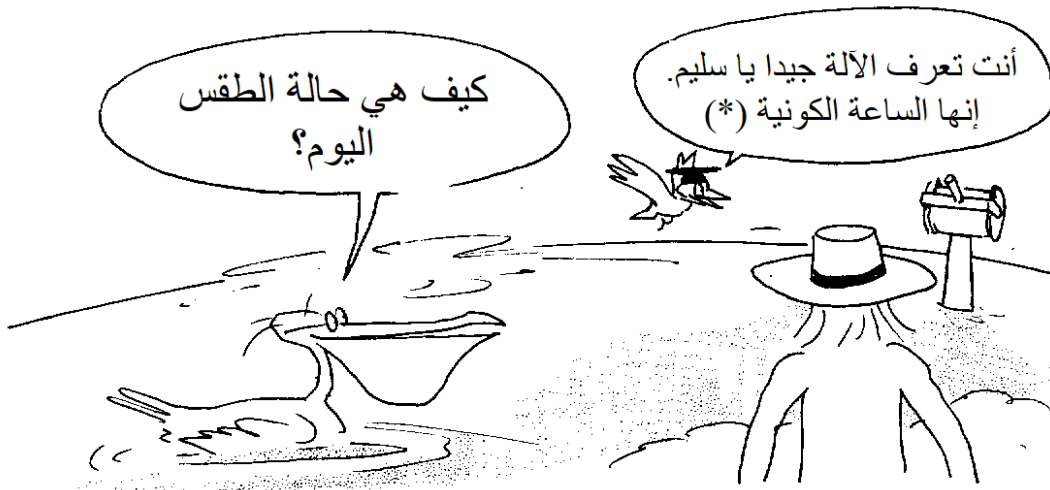
لا، بل إنها تظاً أرضية صلبة فقط...

أه، هذا صحيح!



أنظري، إنها معجزة!





هذا السائل المادي غريب جدا. وكأنه يلتصق بالقاع.





الوهلة الأولى، يبدو الكون مستديرا؟

نعم، إنه نفخة من نوع ما كروية الشكل وهي تتضخم  
ويزداد حجمها باستمرار...

وصفة مطبخية جميلة!...

تتصرف المادة كسائل على السطح.

ولكن، ماذا يوجد في  
الأسفل؟

يوجد فضاء في الأسفل. مساحته أكبر بكثير  
من المادة.

هل تعني

بأن هذا الكوكب الكوني مجوف؟

يا آنستي، أنت تعلمين أنه لا وجود لشيء اسمه  
الفراغ. الفراغ الكوني هو عبارة عن مجموعة  
مزدحمة من الفوتونات. وهي الفوتونات الأصلية  
التي نتجت عن الانفجار الكبير ومنذ ذلك الحين  
هناك مليار فوتون في كل جسيمة مادية.

مرنة؟ هل ترى ذلك حقا؟ هذه الرغوة تشبه  
خرسانة حقيقية!

بعبارة أخرى، هذه النفخة هي عبارة عن  
رغوة مرنة، حيث كل خلية تمثل فوتونا.

مادة

الفضاء  
= إشعاع  
= فوتونات

اكتناز هذه الرغوة هو ما يمثل  
ضغط الإشعاع.

(\* قطر الخلية يمثل الطول الموجي للفوتون.

يرتبط الضغط بالسوائل، أليس كذلك؟

نعم، ولكن مجموعة من الفوتونات هي أيضا غاز له ضغطه الخاص...

ولكن الفراغ هو مجموعة من الفوتونات. إذن الفراغ هو نوع من الغازات! هكذا إذن!

في الحقيقة، تشكل المادة والفراغ، هذا الغاز المكون من الفوتونات الأصلية، مزيجا متجانسا. ولكنك فارقت بينهما في نموذجك هذا، حسب ما أعتقد. توسع هذا الكوكب الكوني، الذي يتصرف كنفخة ماء، يتسبب في تخفيض ضغط الإشعاع. بالمقابل فإن سمك "المادة-السائل" يمثل كتلته الحجمية التي تتناقص بدورها.

وكيف يتفاعل هذان الوسطان فيما بينهما؟

# التفاعل بين المادة والإشعاع

عندما تكون درجة حرارة الكون أكبر من 3000° درجة، تقترن المادة بإحكام مع الخليفة الإشعاعية مع الفوتونات الأصلية.

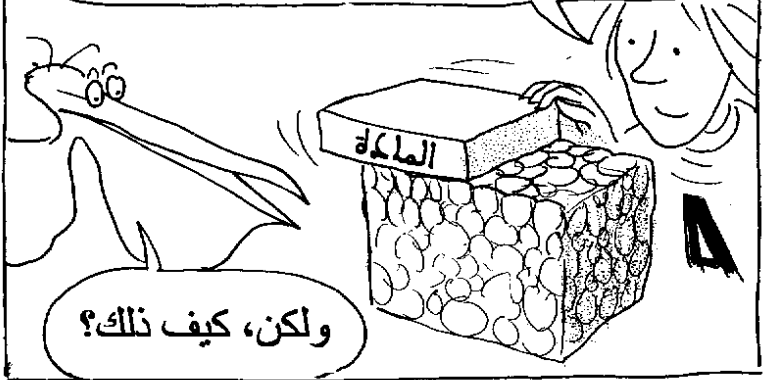
ماذا؟

في النهاية، تبدو المادة وكأنها ملتصقة على الفراغ.

تتكون الذرات،  
يا ليون، من نوى محملة  
إيجابيا وإلكترونات محملة  
سلبيا.



عند درجة حرارة أقل من 3000° درجة،  
تتزلق المادة بحرية فوق الخلفية الإشعاعية  
الكونية.



ولكن، كيف ذلك؟

لقد أصبحت الإلكترونات حرة  
والمادة متآنية.

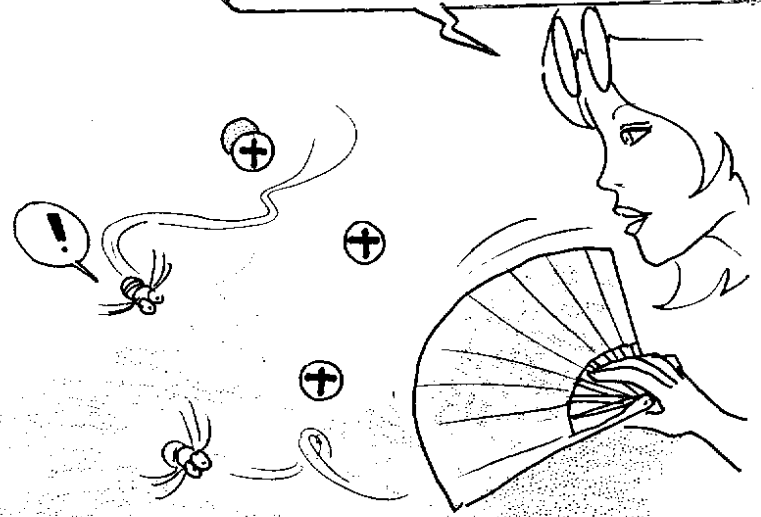
فوق 3000° درجة، يصبح التحريض الحراري  
شديدا، وتحول الاصطدامات بين الذرات دون  
دوران الإلكترونات حول النوى بحرية.

حسنا، ومذا بعد ذلك؟



الضوء ليس حركة فوتونات فقط، بل هو موجة إلكترو مغناطيسية  
أيضا، إنه تردد في الفضاء.

تشعر الإلكترونات الخفيفة بتأثير هذا  
التردد بشكل ملموس ولكن الأمر ليس  
كذلك بالنسبة للنوى الثقيلة.



في الغازات، سرعة تحريض العناصر تساوي تقريبا سرعة الصوت. وكذلك الحال بالنسبة لغاز الفوتونات.

في الغازات، انتقال تردد ما هو موجة ضغط، موجة صوتية (\*)، الضوء إذن موجة ضغط إشعاعي تنتقل بسرعة 300000 كلم/ث.

أعترف بأن غاز الفوتونات هي واحدة من أهم اختراعاتي. في هذه الحالة الموجات والجسيمات هي شيء واحد.

حسنا، لنفترض أن:

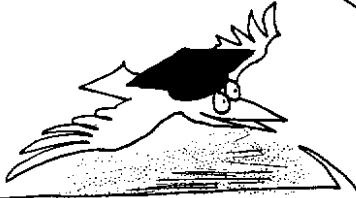
1. يتفاعل الغاز المويّن بالإحتكاك مع غاز الفوتونات.
2. الفراغ هو غاز من الفوتونات.
3. إذن، المادة المويّنة تلتصق بالفراغ.

ينهار الرابط بين المادة والخلفية الإشعاعية وتتمكن الذرات من التزلق بحرية في الفراغ.

عندما تنخفض درجة حرارة المادة في الكون إلى ما دون 3000° درجة، تلتصق وترتبط الإلكترونات بشكل أكبر بالذرات وتصبح أقل عرضة للترددات الإلكترونية مغناطيسية.

إنها محتجزة من قبل النوى.

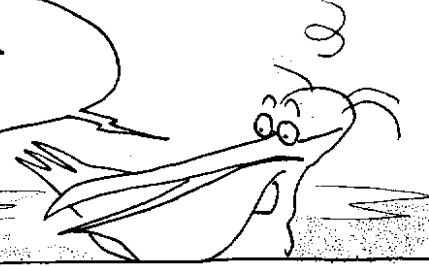
أممم... ولكنك تقول بأنه  
يوجد تحتنا رغوة من الخلايا.  
لا أفهم... أليست الفوتونات  
ثابتة؟



فكرة الرغوة، يا ليون، هدفها تمثيل الفضاء والإشعاعات  
الأصلية التي يحتوي.

حسنا، يقال إنه لا وجود للفراغ. ولكن إذا حذفنا  
الفوتونات، ماذا سيبقى؟

لا شيء...



# الفصل

هيه، لقد أعدت تشغيل الساعة الكونية!

نعم، لقد انخفض المستوى. أصبحت  
حرارة المادة أقل من 3000 درجة.

أحسننت!

لقد تجاوزنا  
700000 سنة!

تترحل المادة الآن بحرية في الخلفية. يبدو وكأنها تطلع...

أصبحت الخلفية أكثر مرونة. يبدو أنها أصبحت تتجمع في أماكن مختلفة تتجمع فيها المادة.

ليس هذا كل شيء. ها هي المادة تتجمع في مستنقعات صغيرة.

المادة-السائلة ثقيلة. إنها تؤثر بوزنها على الدعامة التي تتهاوى.

# عدم الإستقرار الجانبي

هذا أمر طبيعي، فعندما يظهر تركيز ما للمادة فهي تحدث انحناء في الفضاء وتجذب المادة المحيطة بها.

وهكذا سيتشكل نظام برك من المادة المكثفة.

(\* نقول بأنه أنشأ مجالا جانبيا

في الواقع، هذه التجويفات ليست عميقة للغاية.

كل شيء راكد هنا.

لا تزال الرغوة مكتنزة للغاية بشكل لا يسمح بتشكيل أحواض عميقة. حتى البرك الكبيرة لا تحدث سوى انحناءات وتقوسات صغيرة. علينا انتظار توسع الكون بشكل كاف حتى يكون للدعامة نسبة كافية من المرونة.

ولا يزال الضغط الإشعاعي يعادل ثلاثة أعشار الألف أتموسفير.

ثلاثة أعشار الألف أتموسفير! ... وتسمى ذلك الضغط مفرطاً؟

إن قوة الجاذبية ضعيفة جداً، بحيث أن هذا الضغط كاف لمواجهة تأثيراتها.

آه نعم... إنها أضعف القوى المؤثرة في الكون.

وبالتالي فإن اكتناز الرغوة (ضغط الإشعاع) يمنع الدعامة من الانحناء والمادة من التكثيف. تمدد الكون يقلل من هذا الاكتناز، أي من هذا الضغط. لكن، إلى متى علينا الانتظار حتى تنتصر قوة الجاذبية؟

حوالي 4.5 مليار سنة

ماذا تمثل هذه التكتيفات؟

في انتظار ذلك، أنا أريد أن أعرف لماذا لهذه البرك نفس القطر بشكل عام و لم هذا القطر بالذات و ليس قطر آخر...

من عشرة إلى مائة كتلة شمسية.

## مسافة "جينز"

الى جانب ذلك، لم هذه البرك؟ لماذا لا يبقى الكون متجانسا؟ أود أن أعرف السبب الكافي لهذه الظاهرة.

سنرى أولا سلوك تركيز معين من المادة على سطح صلب.

بكل تأكيد، لا يوجد شيء أفضل من تجربة جيدة.



القوة التي تتسبب في انتشار هذه المادة هي الضغط والتي تحفزها على شغل أكبر حيز ممكن.

إنها تستغرق بعض الوقت للترقق والانتشار.



من الظاهر أن الوقت الذي تستغرقه البركة للانتشار، مضاعفة حجمها، متناسب مع شعاعها الأولي.



من جهة أخرى، كلما كانت المادة ساخنة  
كلما انتشرت بسرعة أكبر.

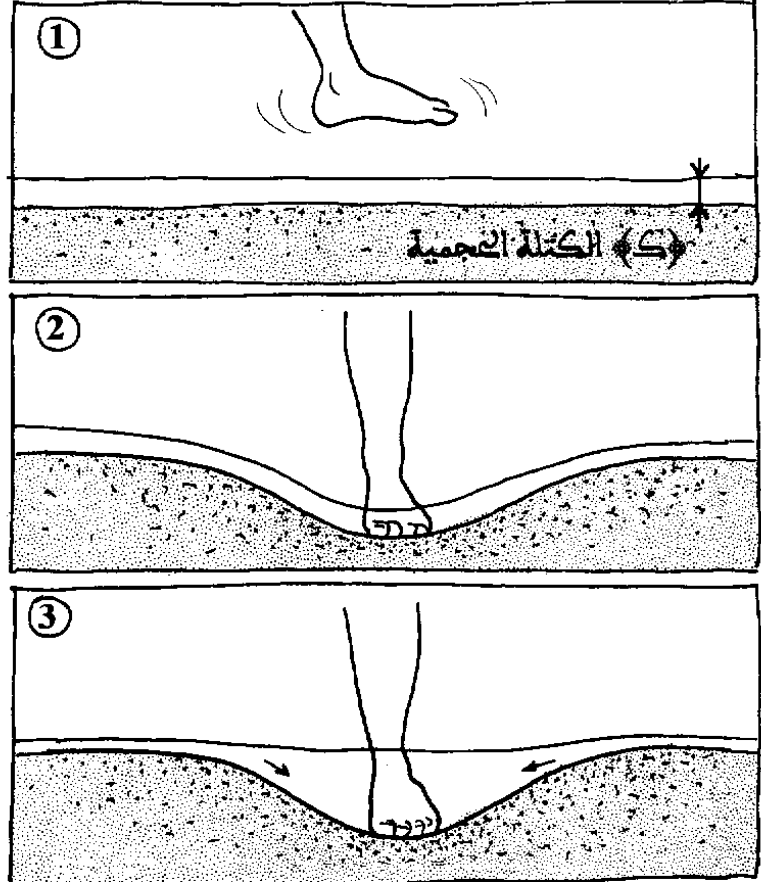
هذا أمر طبيعي: الحرارة تعادل الضغط:  
كلما كان الوسط ساخنا كلما كانت القوى  
التي تحاول أن توزعه، أي قوى الضغط،  
شديدة.

يا له من ورش!

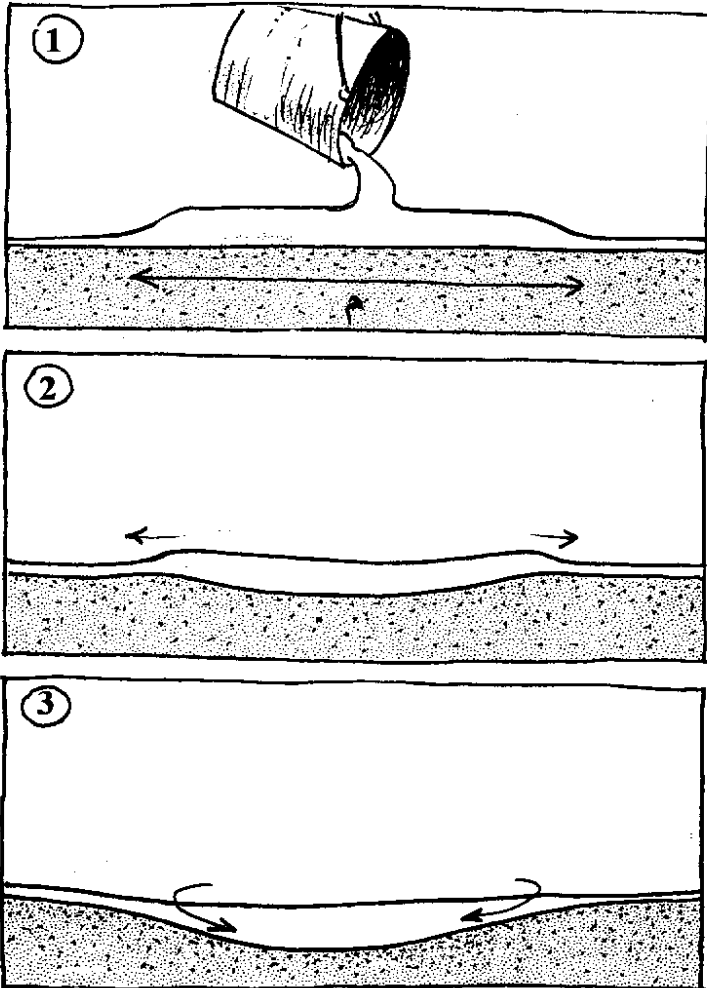
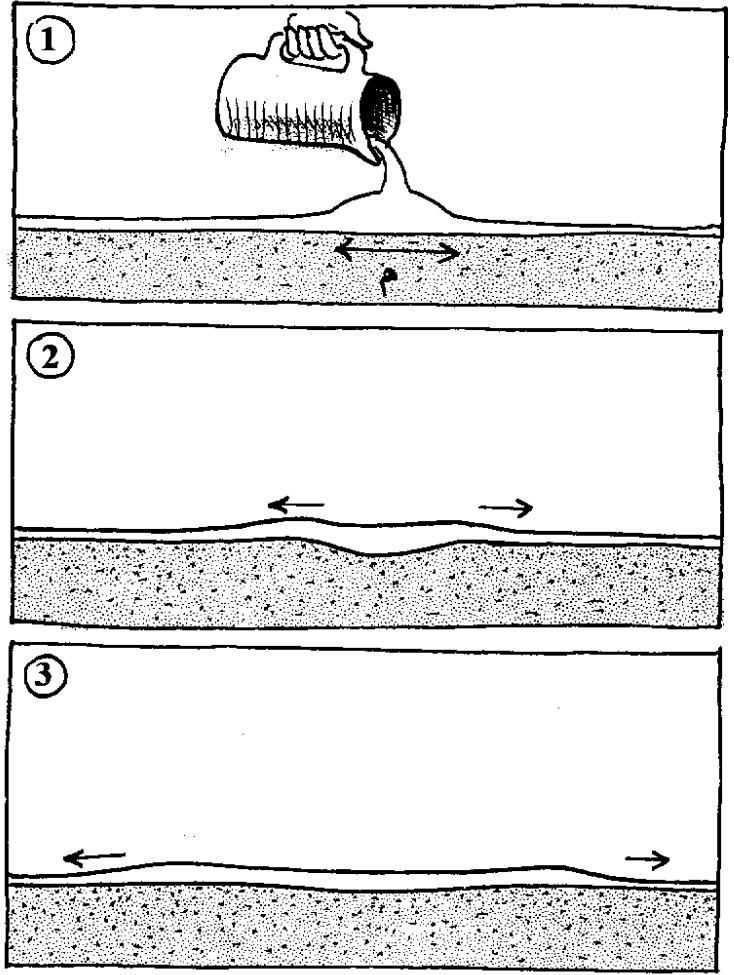
لدي بعد المعلومات حول طرق توسع وتمدد  
البرك المادية. حسنا، المرحلة الثانية: أنا لا أزيد  
من التكثيف ولكنني أشدد صناعيا تقوس وانحناء  
الدعامة المرنة.

يتم ملئ هذا الضغط  
المنخفض المصطنع في  
زمن نسميه زمن التنامي  
وهو زمن أقصر كلما كان  
سمك السائل كبيرا (يحاكي  
الكتلة الحجمية).

علينا الآن أن نصنف التأثيرين...



سيكون لأي اضطراب صغير زمن انتشار قصير. فلن تكون له فرصة للتضخم و بالتالي سيفرغ الانخفاض نفسه في زمن أسرع من زمن الملاء.



بالمقابل، سيكون لاضطراب ذو أبعاد أكبر زمن انتشار أكبر. سوف تملأ بسرعة أكبر من سرعة افراغها وستميل إلى التضخم والنمو.



وأفترض وجود شعاع حرج يحدث بعده التضخم؟

بالضبط، إنه شعاع (أو المسافة) جينز (\*). جميع البرك التي تكونت طول شعاعها قريب من هذا الشعاع الحرج.

حسناً، ظاهرة عدم الاستقرار الجاذبي هذه تتسبب في تقسيم المادة إلى نوع من البرك شعاعها يقارب شعاع جينز، ومذا بعد ذلك؟

في هذه البرك، تكون المادة مضغوطة وساخنة. درجة حرارتها ترتفع إلى  $3000^{\circ}$  درجة. النتيجة: تتأين المادة وتصبح غنية بالإلكترونات الحرة. الاقتران بين المادة والخلفية الإشعاعية يعاود الظهور من جديد. تتخرط المادة من جديد في الفراغ.

ستميل المادة سحب الدعامة، غاز الفوتونات، معها. ولكن، وبما أن هذه الخلفية الإشعاعية تفتقد للمرونة، سيمنع ذلك البرك من مواصلة حركة التكثيف.

بشكل آخر، سيملى الكون بهذه الأشياء، ذات الحرارة التي تقارب  $3000^{\circ}$  والكتلة التي تناهز عشرة آلاف مجموعة شمسية.

حسنًا، لا يحصل الآن شيء ذي أهمية. فقط، يبعد التوسع هذه البقع عن بعضها البعض شيئًا فشيئًا. في السابق، كان الكون مزيجًا من ذرات الهيدروجين والهيليوم، والآن، أصبح مثل خليط يمتد مرمى العين.

سهل كوني ممل...

# الماكروكون

ومذا لو غيرت المقياس؟

بهذا المقياس، أصبحت المادة خليطًا من البرك.

بعبارة أخرى، ستجري نفس التجارب السابقة بمقياس أكبر.

للوسط الجديد حرارته الخاصة، والتي نستنبطها من خلال سرعة حركة وتحريض البرك في هذا الخليط.

بمعنى آخر، هناك نزوع جديد للتجزء بمقياس أكبر.

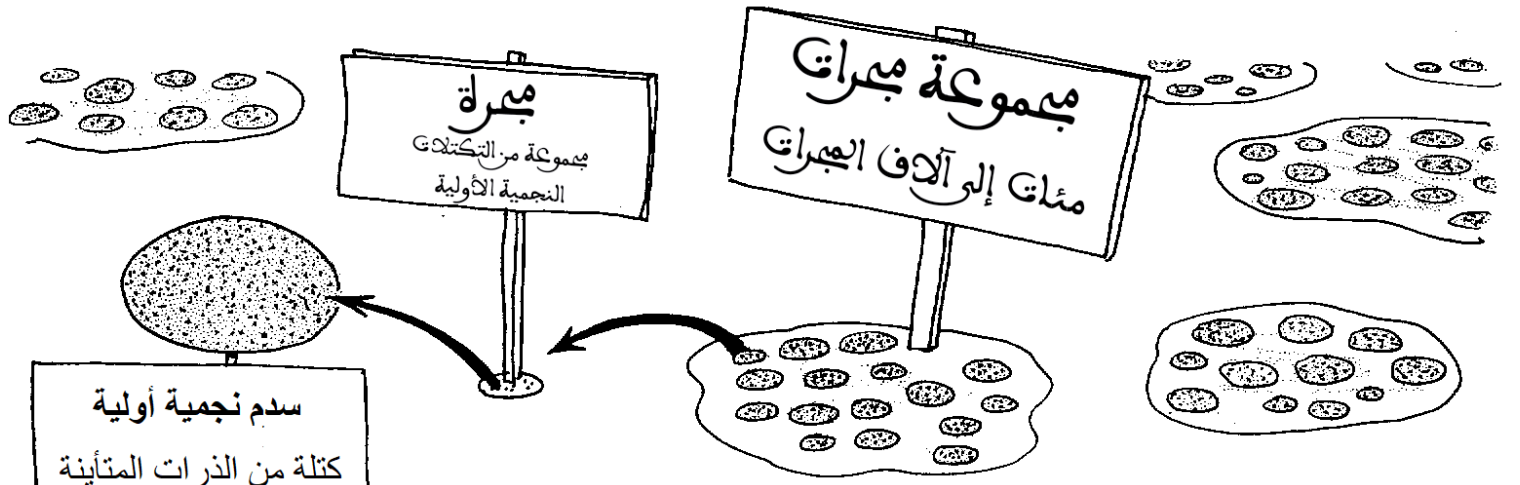
وهذه هي طريقة تكون المجرات. إنها جميلة أليس كذلك؟

لنغير المقياس مرة أخرى.

الأمر بسيط، هذا السائل، أو خليط المجرات، سيؤدي إلى ظاهرة تجزء بقياس أكبر.

هذا التجزء سينتج سديم المجرات.

(\* درجة الحرارة هي قيمة الطاقة الحركية المتوسطة لعناصر وسط سائل.



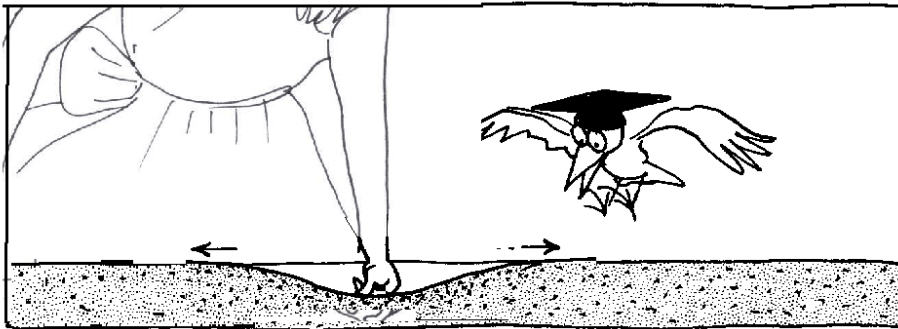
مجرة  
مجموعة من التكتلات  
النجمية الأولية

مجموعة مجرات  
مئات إلى آلاف العجرات

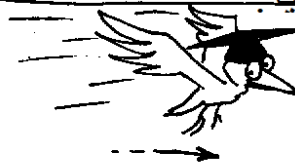
سدم نجمية أولية  
كتلة من الذرات المتأينة  
عند درجة حرارة 3000  
10000 إلى 100000  
كتلة شمسية

يشهد الكون ظاهرة تفكك طبقي.

أجزم بأن ذلك سيتواصل لا نهائيا.



... سينتشر هذا الانحناء، التقوس في الدعامة، في جميع الأنحاء المجاورة بسرعة 300000 كلم في الثانية.



لا، إنها موجة انحناء، موجة جاذبية.

ولكن، ما ينتشر في حالتنا هو ...  
الضوء؟

يتنقل المجال الجاذبي بسرعة الضوء.

من خلال انتشار الإنحناء، كل تكثف للمادة يدعو المادة المجاورة للالتحاق بها.

300000  
كلم في ث

إذا حدثت ظاهرة عدم استقرار جاذبي، في حيز معين من الفضاء قطره ق، سيعني ذلك منطقة أصغر بالضرورة من (ض × ع)، حيث ض هي سرعة الضوء و ع هو عمر الكون.

ولماذا هذا الشرط؟

أعتقد أنني فهمت الأمر، لنفترض أنك تريد دعوة مجموعة من الأشخاص للقاء مهم بالبريد العادي. تاريخ اللقاء سيكون بعد 4 أيام (\*). ستستطيع كحد أقصى دعوة الأشخاص الذين يقطنون التراب الوطني، أما بالنسبة للآخرين فحضورهم مستحيل نظرا لعامل الزمن.

هذا صحيح، لا نستطيع دعوة أشخاص للقاء سيعقد في وقت أقصر من وقت انتقال البريد.

الساعة الكونية تشير إلى 100 مليون سنة. إذن فأوسع الهياكل التي من الممكن أن توجد سيكون قطرها أقل من 100 مليون سنة ضوئية. هذا يجعلنا نقتصر على المجموعات المجرية.

أولئك الذين سيكون لديهم الصبر الكافي وانتظار عشرة مليارات سنة سيكونون قادرين على رؤية تشكل مجموعات عناقيد المجرات.

سنرى ذلك معا...

ولكن الكون يتوسع. إنه يتمدد بشكل عام ويتقلص محليا.

إنه لا يعرف ماذا يريد!

(\* على افتراض أن البريد في التراب الوطني يصل في أربعة أيام، و أكثر من أربعة أيام بالنسبة للخارج



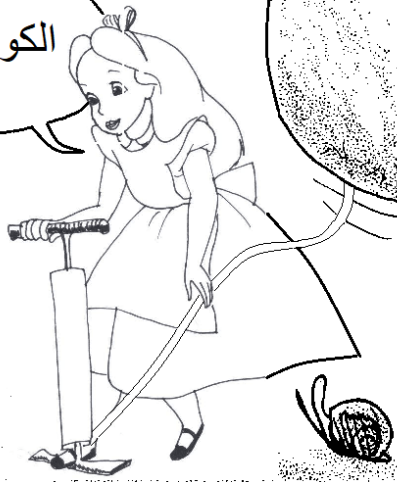
700000 سنة... ظهور  
الشقوق والتصدعات الأولى.



سأنفخ الكون  
قليلا...

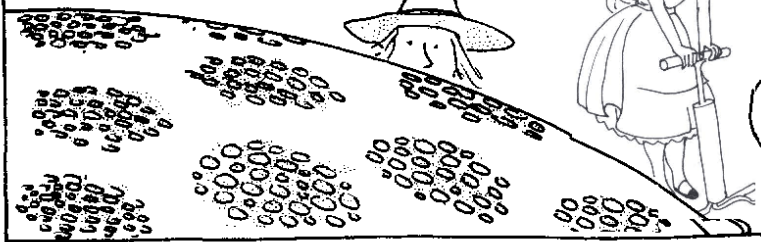


100000 سنة:  
الكون ساخن وسلس مثل  
البيضة.



مائة مليون سنة

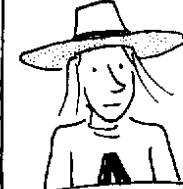
إنها تتصدع مرة أخرى



درجة الحرارة...

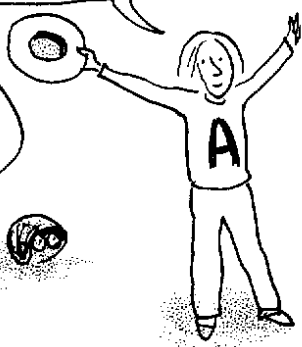
تتشكل التجمعات  
النجمية الأولية

أقل من 3000°



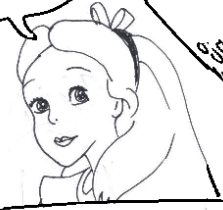
أه، الكون يتصدع مجددا!

كأنه يرفض التضخم أكثر.



إنها المجرات

واصل التضخم، هذا ممتع حقا.



وها هي مجموعات المجرات.

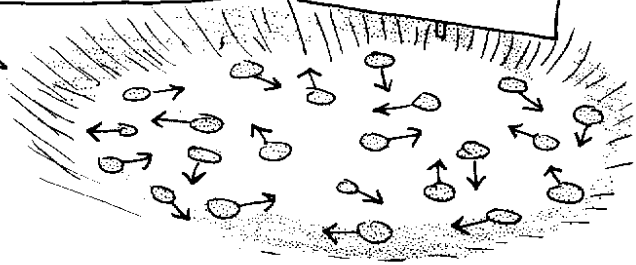
ألا تخشى...



نحن في زمن = 500 مليون سنة. لقد تشكلت المجرات، رغم أنها لا تزال تتكون من كتل من الغاز عند 3000 درجة، أي من المجموعات النجمية الأولية. إنها متجمعة في ضغوط منخفضة: أي في مجموعات نجمية. إنها تتصرف الآن مثل جزيئات غاز له تحريض شارد.

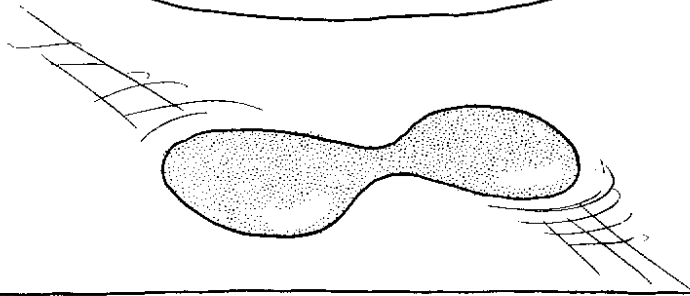


ما زال الكون مضغوطا، اذن ستتفاعل المجرات وستتصادم فيما بينها.

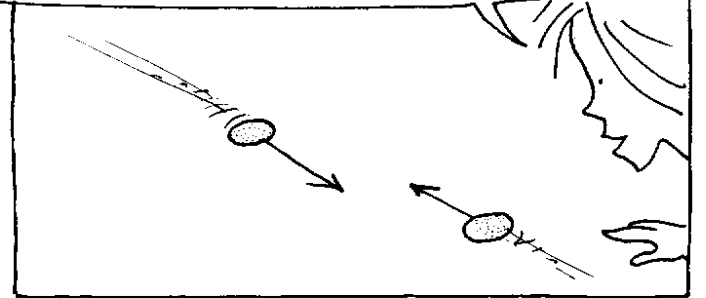


# عامل الاحصصامات

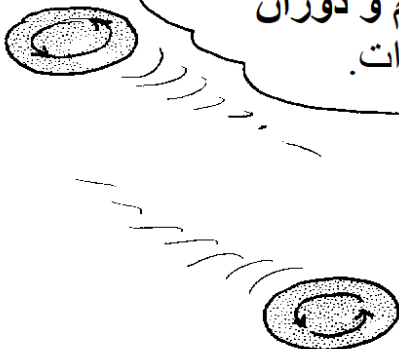
لقد نجم عن تلامسهما تكون نوع من الجسور بينهما.



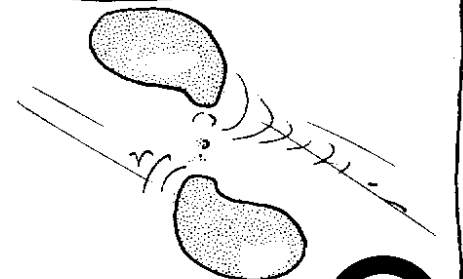
أنظر إلى هاتين المجرتين، أو بالأحرى المجرتين الأوليتين، سوف تتلامسان.



تتسبب هذه اللقاءات في حركة عزم و دوران المجرات.



لقد إنكسر هذا الجسر...



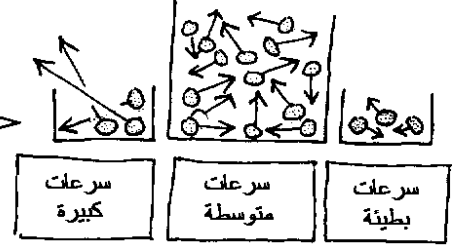
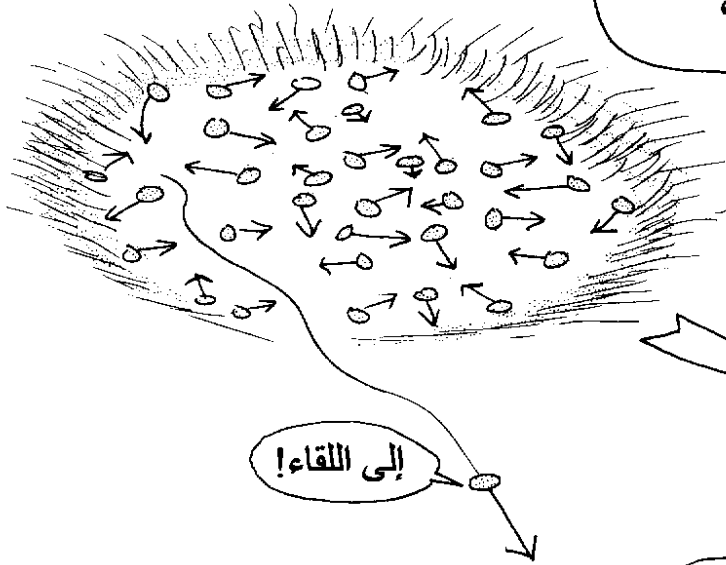
سيحدث نفس الشيء بالنسبة للغاز. تنطبق القوانين نفسها على المتناهي الكبر ومتناهي الصغر أيضا. تتسبب الاصطدامات في دوران المجرات-الجسيمات. وبالتالي، تميل الطاقة الفردية للمجرات الى التوزع والانتشار بالتساوي الى طاقة انتقال ( $2/1 \times$  كتلة  $\times$  مربع السرعة) والى طاقة عزم دوران. إن حالة توازن الطاقات هذه، أو التوازن الديناميكي الحراري، (\*) هي الحالة التي يتجه إليها كل السائل بطبعه

بمعنى آخر، فإن الاصطدامات بين المجرات التي تتسبب في دورانها؟

فقط في البداية، ستعاني المجرات الناشئة من الاصطدامات لمتكررة. ولكن وبسرعة كبيرة، سيبعدها يسع الكوني عن بعضها البعض، وستصبح هذه الاصطدامات نادرة للغاية.

بعبارة أخرى، فإن حركة الدوران الحالية هي مجرد ذكرى لفترة نشوء الكون. فقد كان الكون المكثف سجايا لمجموعات تصادمية.

تتميز العناصر بسرعات تحريض قريبة من قيمة وسطى. ولكن عشوائية الاصطدامات تتسبب، من وقت لآخر، في وجود عناصر أسرع أو أبطء كثيرا.

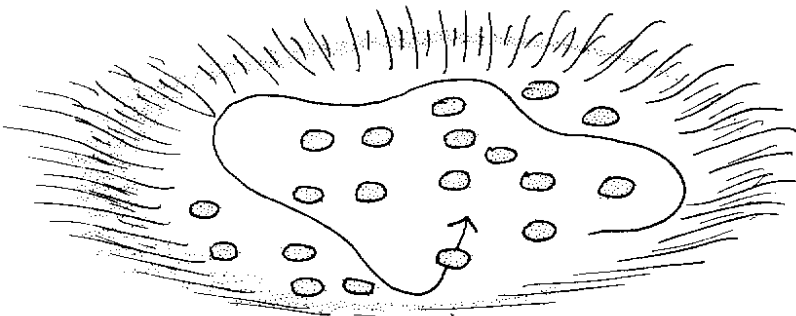


ستمكن العناصر التي اكتسبت سرعة فائقة من الخروج من هذا الوعاء والهروب من المجموعة. سيحدث هذا إذا كانت سرعتها أكبر من سرعة التحرر من المجموعة.



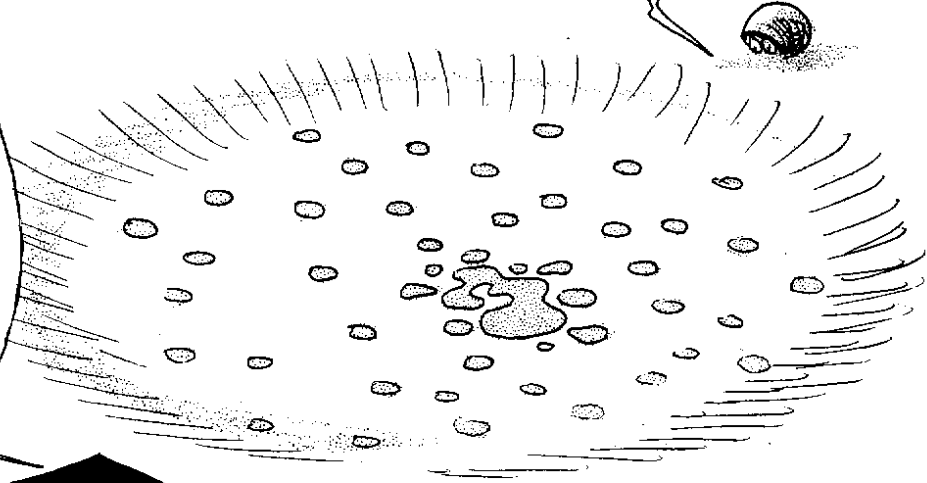
التصادمات المتوالية تتسبب في إحداث وإنشاء هذه العناصر فائقة السرعة باستمرار. سيميل نظام جانبي تلقائي مماثل لفقد عناصره بشكل أسرع أو أبطأ.

الغالبية العظمى من العناصر ستبقى حبيسة المنخفض (الوعاء النجمي) في حركة ذهاب وإياب.



بالمقابل، عشوائية التصادمات هذه، ستحدث عناصر شديدة البطء سيكون مصيرها الوقوع والتكبل في مركز نظام الجاذبية الذاتية التصادمية هذا. سيصبح مركز المجموعة التصادمية (حيث ستحدث التصادمات) ثريا بعناصر ضخمة الكتلة بشكل متزايد.

مثلا، لاحظوا ماذا يحدث في مركز مجموعة المجرات هذه. تتكثل المجرات البطيئة لتشكل مجرة مفترسة.



آه، الدعامة تنهار!...

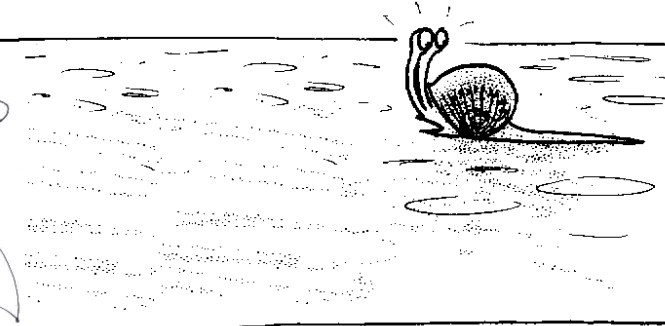


بدأت الدعامة تتجوف بشكل ملحوظ...





يبدو أن صديقنا قد نجا في آخر لحظة  
من ثقب أسود.



يبدو أن الأمور قد هدأت.



لقد عاد ماكس و تيريسياس.

للأسف، دعامة الكوكب الكوني ليست صلبة بما فيه الكفاية. فستتهار إذا شحناها  
أكثر من اللازم

هذا أمر طبيعي،  
حتى الفوتونات لا تستطيع  
الخروج منه...



يا له من بئرا!  
لا نستطيع حتى رؤية قاعه...

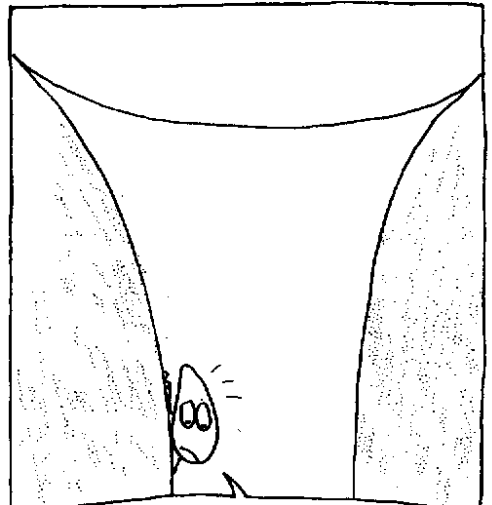
هذا الانهيار هو ما تسبب في موجات الجاذبية  
السابقة...

هذا شيء غريب.

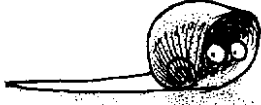
لا تتقرب كثيرا!!



لن أستطيع الخروج  
من هنا أبدا. أنا أستنفد  
كل طاقتي.



الخلاصة: هذا الكون ليس قابلاً للانهياء فقط، بل ذو تماسك منعدم!



# الألعاب النارية العملاقة

تشير الساعة الكونية إلى مرور  
ملايين السنين. لقد تجزء الكون. ونتج  
عن التصادمات دوران المجرات.

لقد أبعد التوسع المجرات عن بعضها البعض،  
إلى حد أنها الآن تتجاهل بعضها تماماً.

إذا شاهد شخص ما الكون في هذه الفترة،  
فسيرى سديماً ضبابياً، ينبعث منه ضوء  
منتشر ...

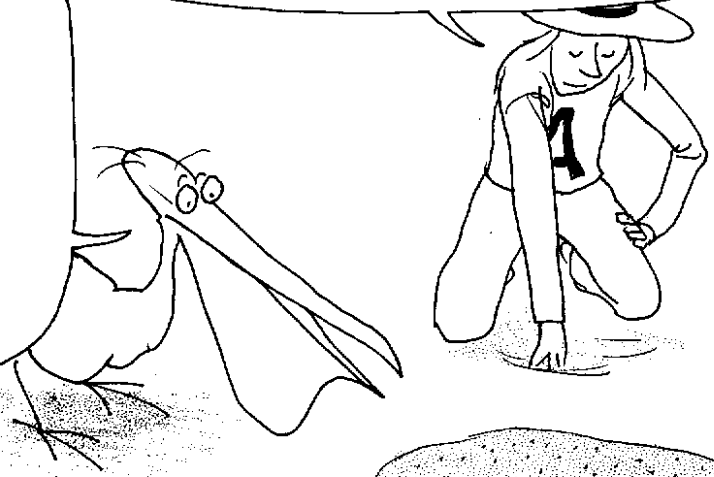
تبقى الذرات المركزة المتأينة  
هي العنصر الأساس في هذه المجرات  
الأولية، أو المجموعات النجمية الأولية،  
ذات درجة الحرارة التي تقارب 3000°  
درجة، والتي من الممكن أن تتداعى على  
نفسها بسبب انخراطها في الخلفية  
الإشعاعية.





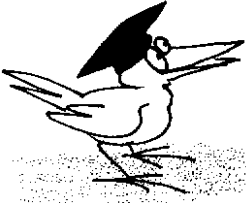
أصبحت الدعامة أكثر مرونة. وقد أدى توسع الكون إلى خفض ضغط الإشعاع بشكل كبير.

كيف يمكن استئناف تكثيف المادة في يوما ما؟ إذا تكثفت الكتل، فسوف ترتفع درجة حرارتها تلقائياً إلى ما يزيد عن 3000° درجة، وبالتالي لن يتوقف التحامها مع الخلفية أبداً، بل ستجره معها في حركة التكتيف هذه، أليس كذلك؟



بمجموعة نجمية أولية

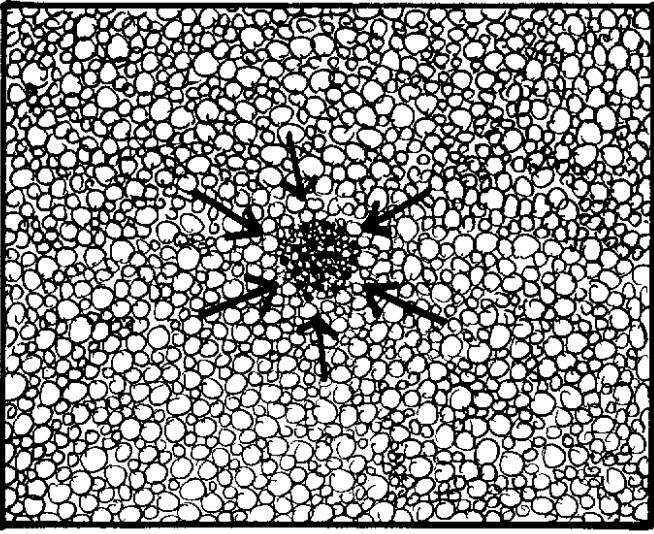
تماماً يا ليون، ولكن الآن قوى الجاذبية ستتمكن من "ضغط الفراغ" في المجموعات النجمية الأولية، المكونة من فوتونات قليلة الطاقة.



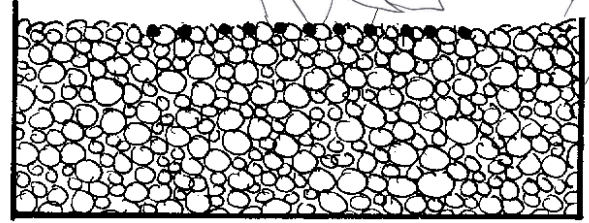
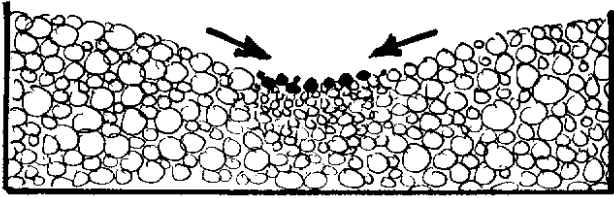
يشبه نطاق الكتل، المجموعات النجمية الأولية، مزيجاً من المادة والفراغ، أي فوتونات أصلية، °والكل تحت درجة حرارة تناهز 3000.

وعندما تتكثف؟





لن تنزلق المادة في الفضاء، أي في الخليفة  
الإشعاعية الكونية، بل ستسحبه معها تماماً،  
على هذا النحو.



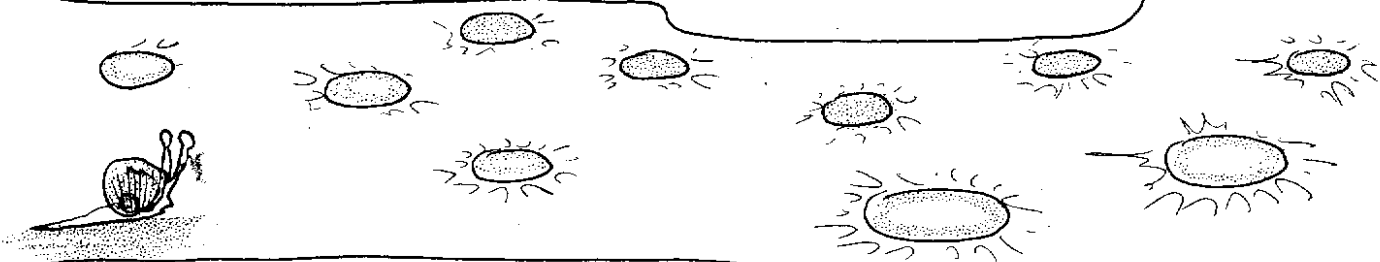
انتظر، سيحدث هذا عندما سيصبح ضغط الإشعاع أقل من قيمة ضغط حرج  
(القيمة العتبية). إذا لم أكن مخطئاً، عندما سيحصل هذا سيكون ذلك في نفس اللحظة  
على مستوى الجهات الأربعة للكون.

ستكون تلك هي البداية.  
تفضلوا، خذوا هذه النظارات الشمسية،  
سيبدأ العرض بعد قليل.

أعترف بأنني مسرور جداً بهذه الأداة  
التي ستعطي إشارة البدء في نفس الوقت  
في كل الكون.

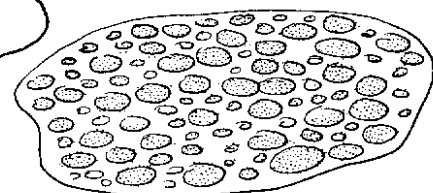
هذا مثير جداً بالفعل، لقد بدأ العرض.

تتكلم المجموعات النجمية الأولية وترتفع درجة حرارتها وتبث الذرات الكثير من الطاقة فوق بنفسجية ثم تنجح في الانفلات.

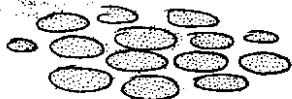
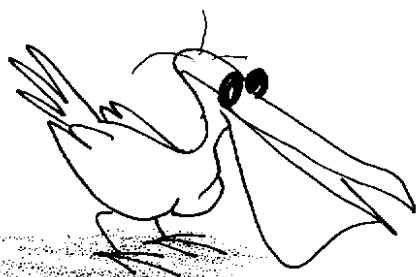


أنظر، إن المجموعات النجمية الأولية تتجزأ.

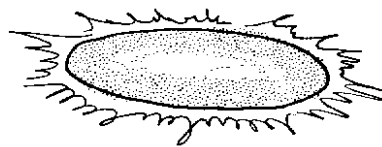
لمذا!



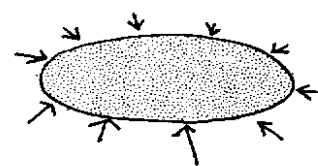
تحت تأثير قوى الجاذبية تميل المادة إلى التفتت إلى خلايا ذات شعاع يساوي شعاع "جينز". يتزايد هذا الشعاع بشكل متناسب مع ارتفاع درجة الحرارة. في حالة ما إذا حصل انخفاض حاد في درجة الحرارة، فسيتقلص الشعاع في الحال، ويصبح أصغر من شعاع الشيء. إذن، سيكون التفتت حتمياً.



سيتسبب ذلك في خفض درجة حرارتها وتفتتها.



وتنبعث فجأة إشعاعات فوق بنفسجية



تتصادم الكتل وترتفع درجة حرارتها.

ومتى سينتهي كل هذا؟

نحن نشهد إذن ظاهرة تفتت وانقسام طبقي،  
ولكن في المنحى الآخر.

# الاندماج

بوموم!!!

ان أبسط شيء هو القيام  
بالتجربة. سأضغط المادة داخل  
هذه الأسطوانة. وسنرى ماذا  
سيحصل بعد ذلك...

نحن نراقب التجربة.

الاندماج يا عزيزي، إنه الاندماج.  
إذا ضغطت الهيدروجين بشكل كبير فستندمج  
النوى وستحرر طاقة. لو سألتني أيضا...

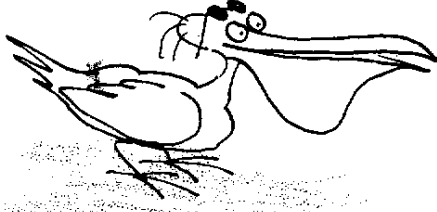
ماذا حصل؟

أنظروا، إنها تبصق بقسوة.

النجوم تضيء.

هل سيستمر ذلك طويلا؟

أنا سعيد بذلك!



بمعدل جهنمي كهذا، سينفذ الهيدروجين من كتلتنا الشابة سريعاً، ولكن ستهدأ الأمور بعد فترة قصيرة.

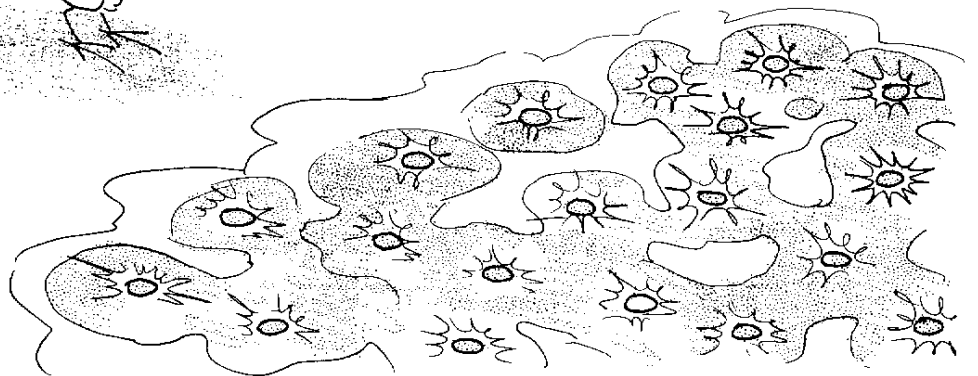


ليس تماماً. عند يولد نجم ما فهو يبعث الإشعاع وينفث المادة في كل اتجاه. وهكذا فهو يزيد من حرارة (وبالتالي يثبت) المادة المجاورة أو يفتت تلك التي كانت تحاول التشكل بصعوبة حوله.

ستتحول المادة كلها إلى نجوم؟



بمعنى آخر، فإن المجرة، في هذه المرحلة، هي مزيج من النجوم شديدة التوهج و من بقايا الغازات.



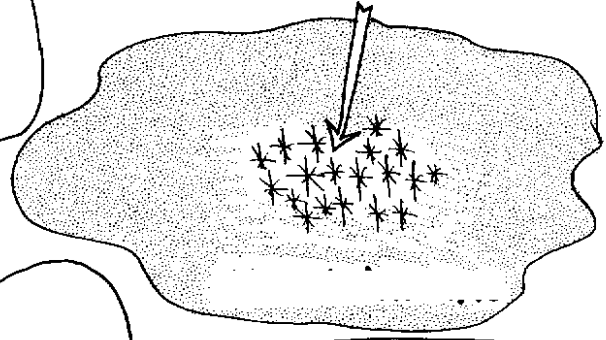
تشع النجوم طاقة وتزيد من حرارة الغاز وبالتالي تزيد من ضغطه...



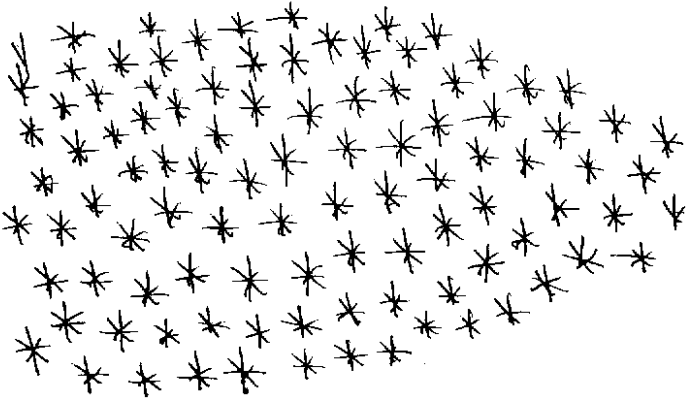
ثم ان قوى الضغط هذه تمدد الهالة الغازية.



هذا الجو المجري يتجاوز إلى حد كبير حافة،  
أو حدود، المجرة النجمية.



تبدو هذه المجرة النجمية،  
الشديدة الكثافة، وكأنها فقدت  
غازها بشكل كامل. فلماذا؟



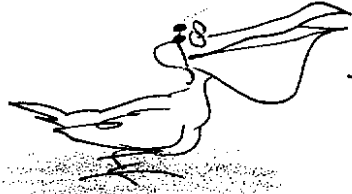
هذا صحيح! أين هي بقايا غازاتها؟

لقد هدأت الأمور الآن. لكن عندما أضاء فجأة  
الألف مليار نجم هذه المجرة، كان ذلك يشبه  
فرناً حقيقياً

ربما لم يكن لها  
غازات أصلاً...

وهكذا بلغت سرعة التحريض الحراري (\*) عدة مئات من الكيلومترات في الثانية، وهي قيمة أكبر من سرعة التحرر. جميع ذرات بقايا الغاز غادرت هذا الحوض الواسع، أي المجرة.

نعم، لقد تسببت قوى الضغط، بشكل ما، في طرد الغاز بعيداً عن هذا الحوض.



افتراض أنها ستقع في شراك هذا الحوض يوماً ما.

بعبارة أخرى، لن تلتقي الذرات مجدداً وستحافظ على سرعتها... إلى الأبد.

لقد اكتسبت جزيئات الغاز المتبقي، في هذه الحالة، سرعة كبيرة جداً وابتعدت كثيراً. لن تعود أبداً. علاوة على ذلك، أصبح هذا الغاز نادراً للغاية.



وهكذا ستسبح جميع مجرات هذه المجموعة في هذا الوسط المشع، الذي تصل حرارته إلى ملايين الدرجات، والنادر جداً، المنبعث من المجرات الثقيلة.



مجرات ثقيلة

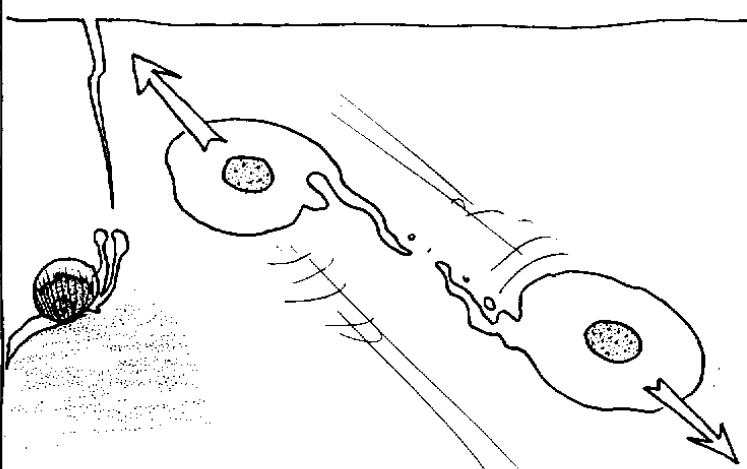
مجرات خفيفة

في المقابل، تشبه المجرات الخفيفة أفرانا أقل عنفاً. وهي تحافظ على غازاتها.

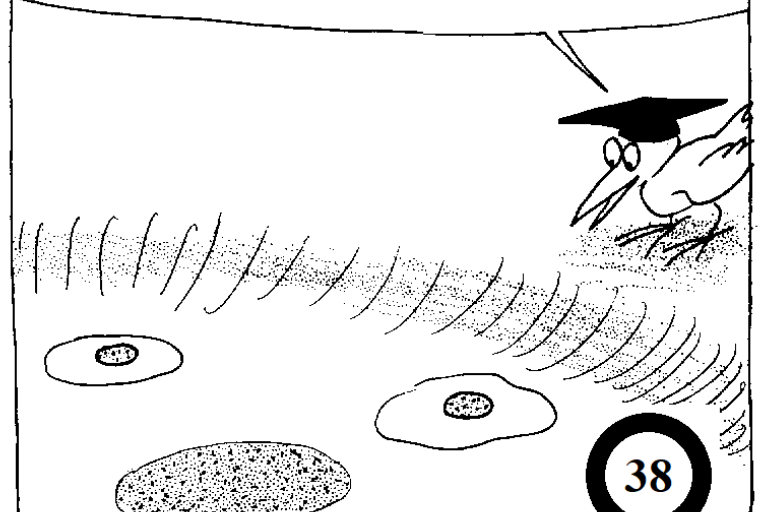


وهي تتطور في منخفض مجموعة المجرات مثل بيضة في مقلاة ساخنة.

تزيد هالات الغاز المتبقي من المجرات الخفيفة من فرص تفاعل هذه الأجسام. وتتزايد حركة دوران الهالات الغازية.

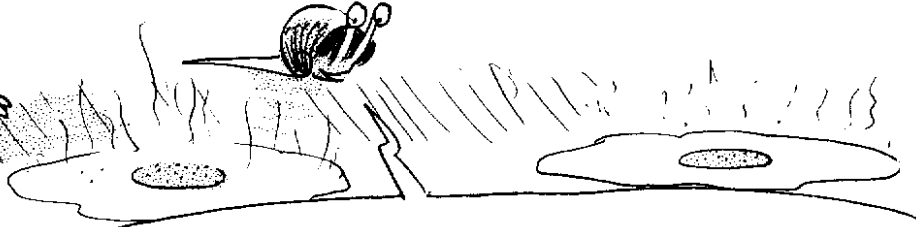


للمجرات الخفيفة نطاقات بيضاء وأخرى صفراء، بينما ليس للمجرات الثقيلة، الإهليلجية، سوى نطاق أصفر.





لقد هدأت النجوم بشكل كبير. مقارنة بحالتها عند الولادة  
فهي الآن مجرد جمرات بسيطة.

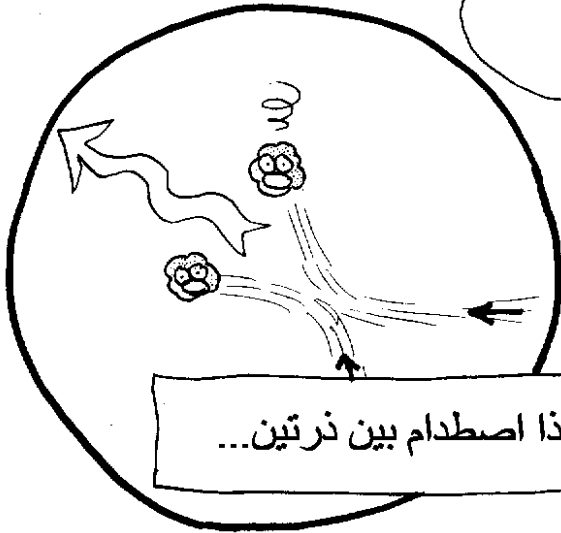


يبث الغاز المتبقي من المجرات  
الخشيفة الإشعاع.

لو أنها سارت على نفس المنوال فلن تستمر طويلا.

وما هو مصدر هذا الإشعاع.

الذرات.  
أنظر.



هذا اصطدام بين ذرتين...

تتناقص سرعة التحريض  
الحراري للذرات. تبرد هذه الكتلة الغازية،  
وعندما نتحدث عن درجة الحرارة فنحن  
نعني أيضا الضغط.

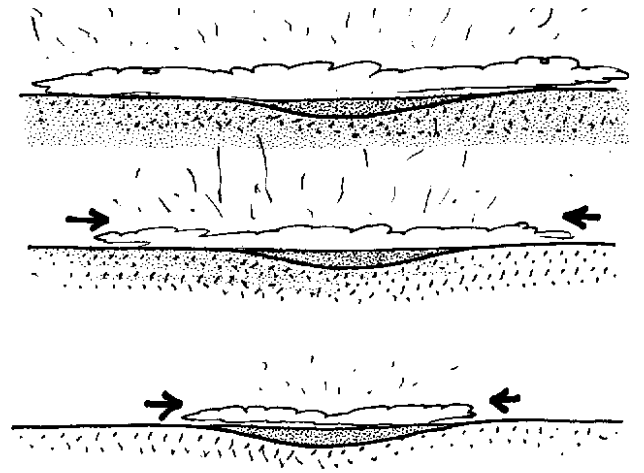
... سيصاحبه انبعاث للإشعاع.  
في هذه العملية، جزء من الطاقة الحركية  
للذرات سيتحول إلى طاقة إشعاعية.



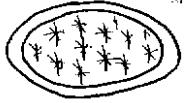
بعد انخفاض ضغط الغاز بينجمي  
المتبقي سيعود هذا الأخير الى المنخفض  
المجري من جديد.



التبريد الإشعاعي للغاز

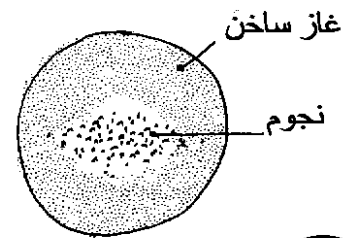


عاد "الأبيض" الى "الأصفر".



النموذج المعروف هنا هو وصف ثنائي الأبعاد (البعد الثالث المستخدم لتمثيل الانحناء ومجال الجاذبية الخ...). المجرات هي أشياء ثلاثية الأبعاد. سيكون شكل المجرات التي لا تدور، أو تدور ببطء شديد، كرويا تقريبا. بالمقابل سيكون شكل المجرات التي تدور بسرعة كبيرة مسطح كالقطنان. تدور مجرتنا، درب التبانة، حول نفسها في 200 مليون سنة. تعوق قوة الطرد المركزي، في الاتجاه الشعاعي، انكماش الغاز المتبقي عند عودته إلى المجرة. بالمقابل، لن يمنعه أي شيء من الانكماش وفق محور الدوران. سيأخذ الغاز بينجمي في المجرات شكل قرص مسطح جدا.

الإدارة



حسب فهمي، هناك إجمالاً نوعان من المجرات في الكون:

- مجرات ثقيلة، إهليلجية الشكل، وهي عمليا بدون غازات.
- مجرات خفيفة، من عشرة إلى مائة مليون نجم، وهي مزيج من نوعين من الغازات: غاز نجمي وغاز بينجمي.

يحتوي هذا الحساء النجمي على عدد هائل من النجوم التي يمكن مقارنتها بجزيئات غاز النجوم.

# الغيكل الحلزوني

إنه يتوزع على خيوط حلزونية الشكل.

أنظروا، يحدث شيء نادر هنا: لا يدور الغاز البينجمي و الغاز النجمي بنفس السرعة. لقد أصبح الوسط البينجمي غير متجانس.

تدور بقايا الغازات بشكل أسرع.

أنا... عالم فلك.

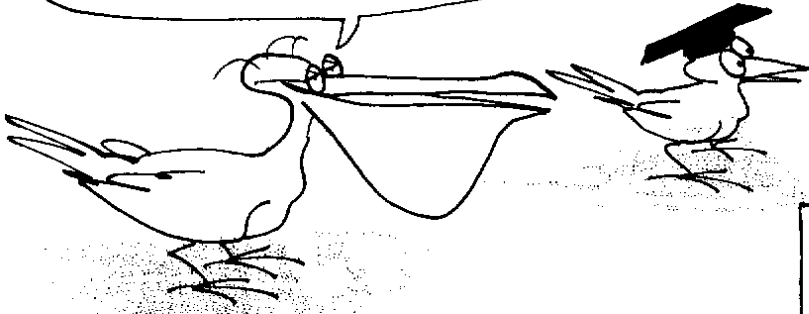


حسنا، من هذا؟

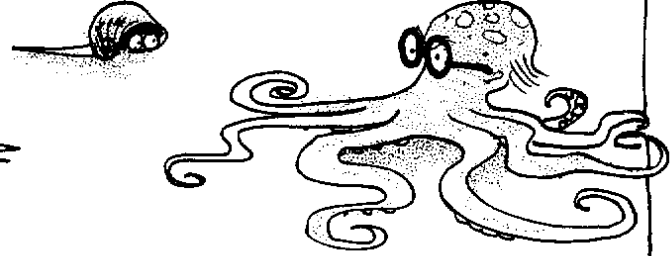
ولم كل هذه المجسات؟

حسنا، مادامت هنا، هل يمكنك أن تخبرنا عن السبب الكافي للهيكل الحلزوني للمجرات؟

أه، هذا اختصاصي!

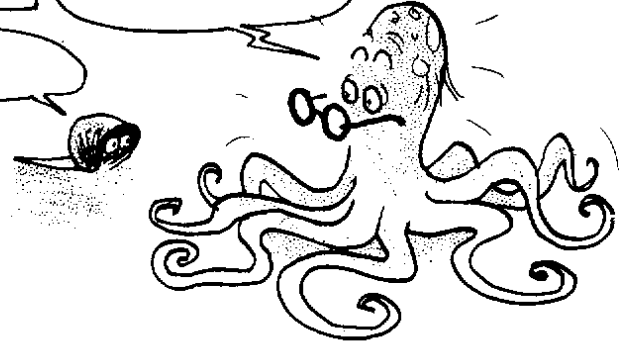


حتى ألمس بشكل أفضل جميع الظواهر التي تحدث في المجرات.



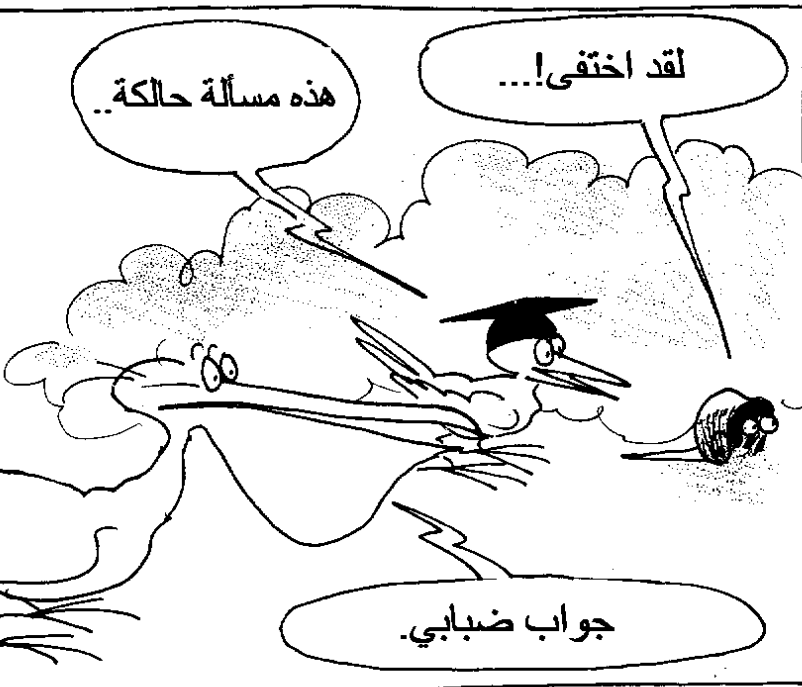
الهيكل الحلزوني؟

بالضبط.



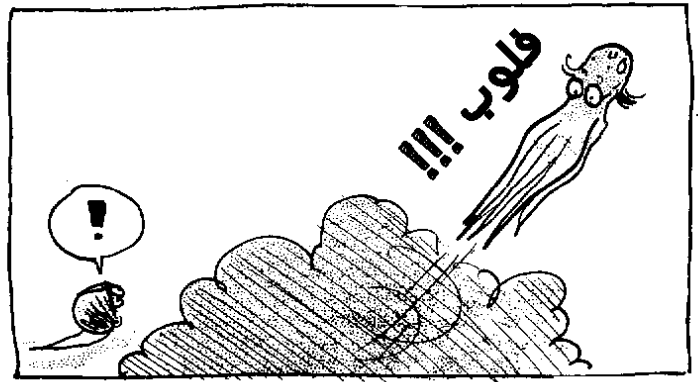
هذه مسألة حالكة..

لقد اختفى!..

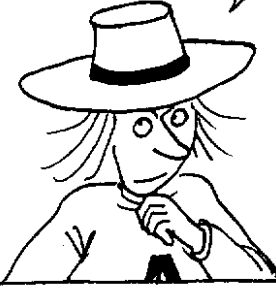


جواب ضبابي.

قلوب!!!



حسنا، أريد أن أفهم ما الذي يجري.

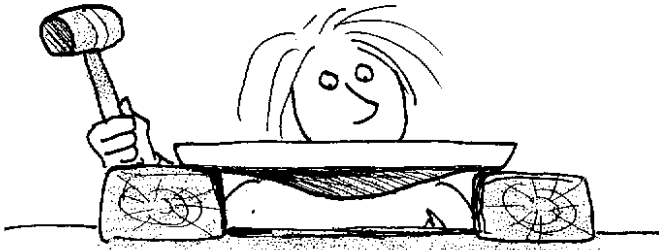


هل سمعت ماذا قال؟

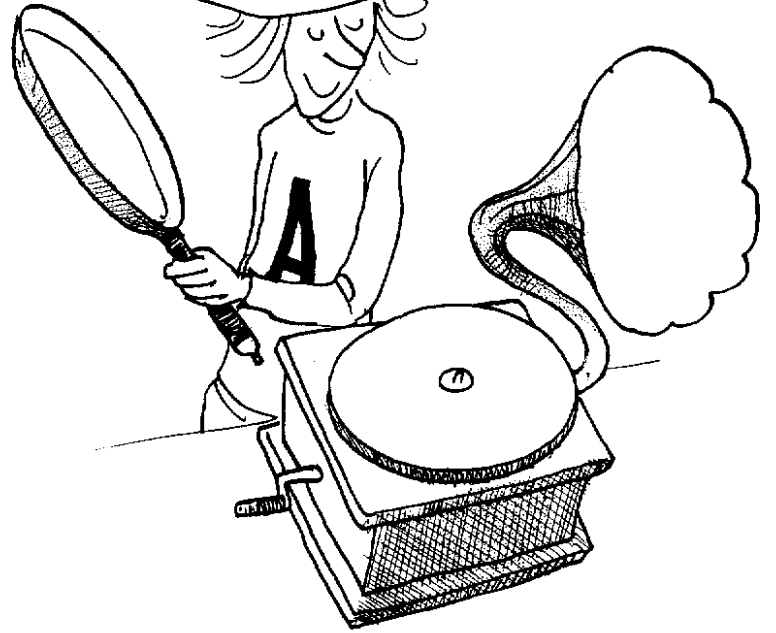


لقد قال فلوب!

أولا، سأحذب قعر هذه المقلاة  
على هذا النحو...



لدي فكرة.

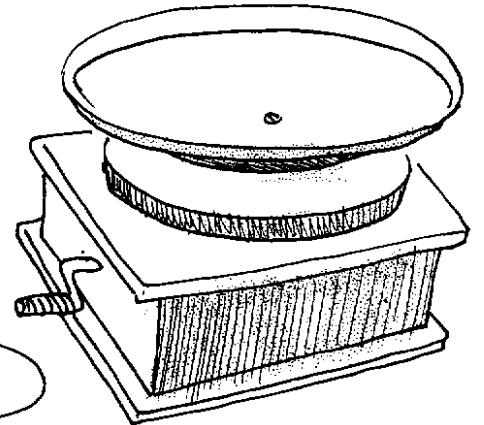


لمذا ثبتت هذا الشيء  
على لوح الحاكي؟

سترى!



لم أفهم شيئا...





هنا نحن!

مأنت هذا الشيء بسائل  
والان سأجعل الكل يدور.

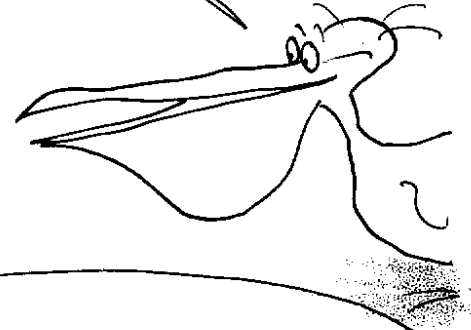
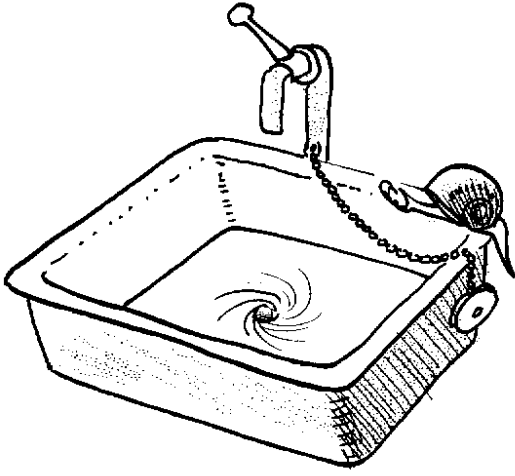
تمثل هذه المقلاة الوسط النجمي  
والقهوة تمثل الغاز البينجمي المتبقي.  
إذا كبحت اللوح سيدور سائل القهوة  
أسرع من المقلاة وستظهر أمواج  
حلزونية الشكل.

وبالتالي، فإن البنية الحلزونية للمجرات التي تمتلك غازات  
متبقية هي نتيجة لظاهرة الاحتكاك الديناميكي، بين مجموعتان  
سائلتان: الغاز البينجمي وغاز النجوم، وهما يدوران بسرعات  
مختلفة، يحتك كل منهما مع الآخر، كحال السائل المتحكم مع  
قعر المقلاة.

... كما يحتك شراب القهوة  
مع قعر الفنجان.

بكل بساطة لأنها لا تمتلك  
بقايا غازات. لقد فقدتها عند اشتغال  
نجومها الأولية.

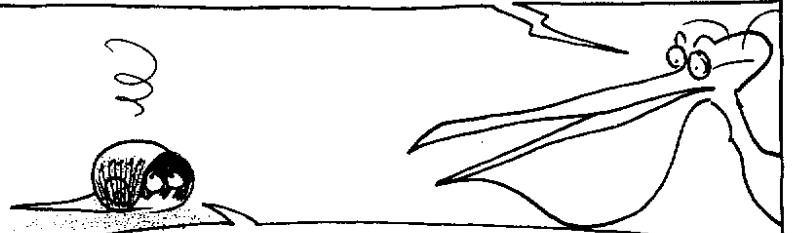
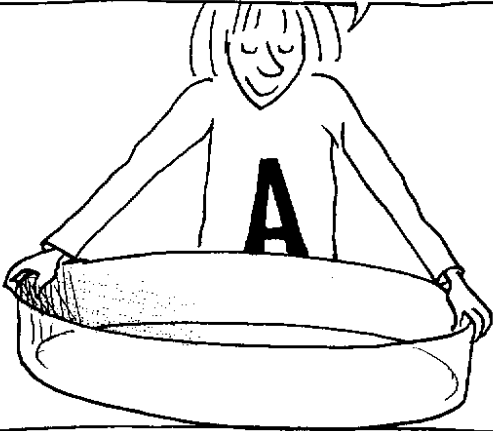
ولكن لماذا ليس للمجرات  
الإهليلجية شكل لولبي.



هذه أيضا ظاهرة الإحتكاك الديناميكي  
الذي ينتج الهيكل اللولبي عند تفرغ البالوعة.

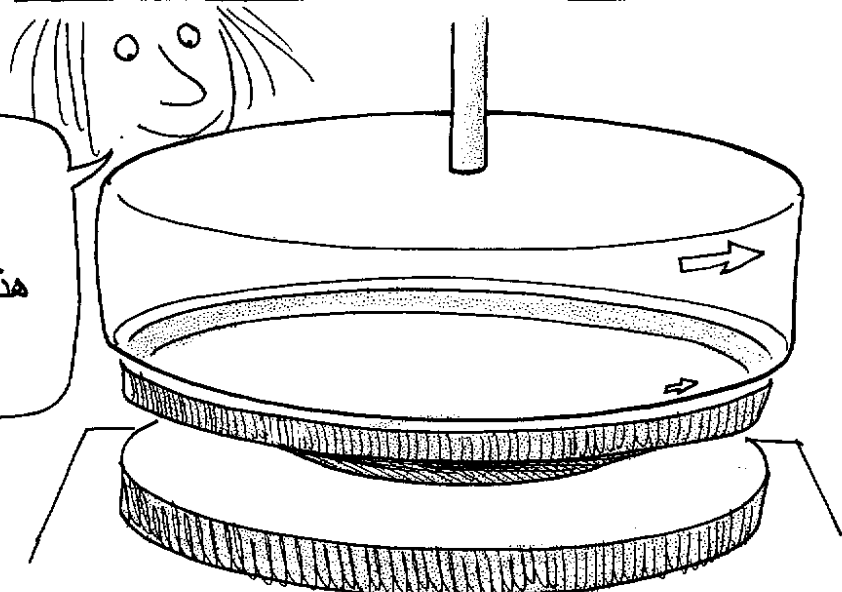
لقد أجرينا تفاعلا بين سائل  
وسطح صلب. لنجرب الآن التفاعل  
بين سائلين.

أه، ما تقوله غريب جدا. هكذا يكون مفتاح  
لغز المجرات في قاع فناجين القهوة أو القنوات  
المائية.



قد تكون المجرات هي مخرج افراغ الكون؟

لقد احتجزت غازا تحت هذا الغطاء  
الزجاجي ووضعت سائلا في المقلاة.  
هذا النظام سيسمح لي بدراسة تفاعل كتلة  
غازية مع أخرى سائلة.



هذا الاحتكاك بين السائل والغاز ضعيف نسبيا. سوف تحدث تغييرات محلية طفيفة للحرارة والضغط: بضعت أعشار في المائة على أكثر...

أصبح الغاز مشبعا ببخار الماء. أي تغير في درجة الحرارة سيتسبب في تكثفه. (\*)

أنظروا! لقد صنع سليم إعصارا إصطناعيا.

هذا جميل جدا!

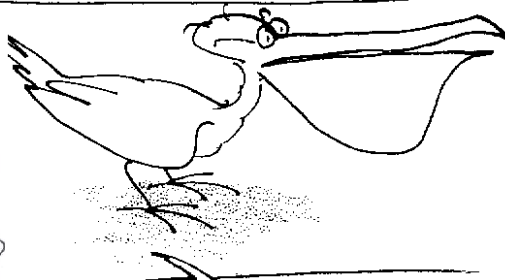
واو! أنت محق يا ماكس! في الأعصار، تحتك كتلة من الغاز، المشبعة بالرطوبة، بدعامتها السائلة. ينتج عن ذلك تغير في الضغط ودرجة الحرارة مما يتسبب في تكثف بخار الماء. هذه الظاهرة الثانوية توضح بشكل قاطع الظاهرة الحلزونية الأولية. (\*\*)

حسنا، ولكن ما علاقة هذا بالمجرات؟ فهيكلا الحلزوني ليس سحابة من بخار الماء.



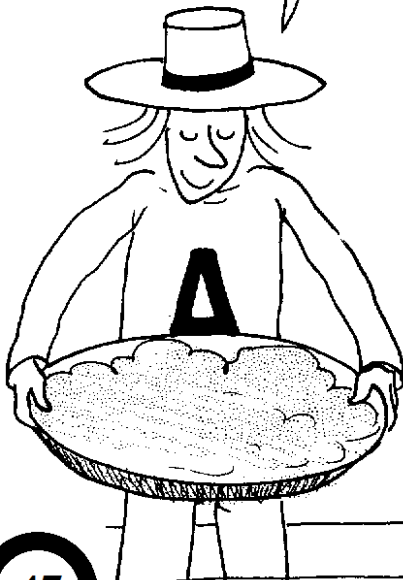
لنعد لنموذج مجرتنا. تدور كتلة سائلة تمثل الغاز النجمي في الحوض، وتتجاوزها كتلة بقايا الغاز، وهي تدور بسرعة أكبر قليلا. ويتبع كل ذلك ظاهرة الاحتكاك الديناميكي التي تغير توزيع الكتلة في شكل اضطراب ذي هندسة حلزونية.

كل تركيز للمادة (سواء كان غازا أو نجما) يجوف الداعمة-الرغوة. حيثما وجدت الكتلة وجد انحناء.



بمعنى آخر، ستظهر أودية حلزونية سيميل الغاز للتكتل فيها.

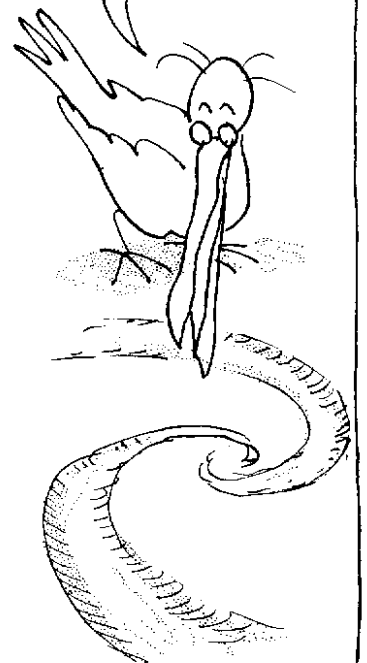
لاحظوا ماذا يحصل للغاز البينجمي عندما يعلق في هذا النوع من الأودية.



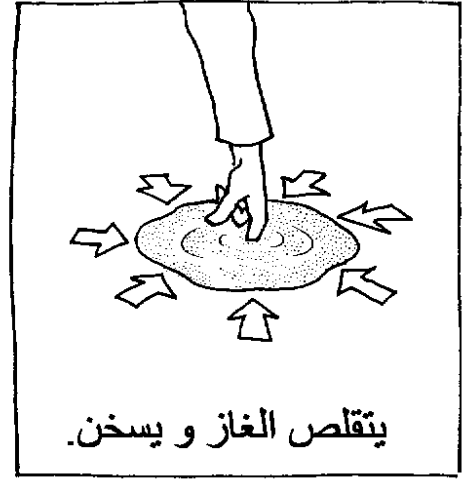
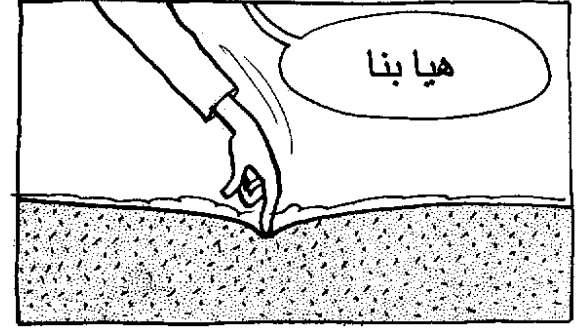
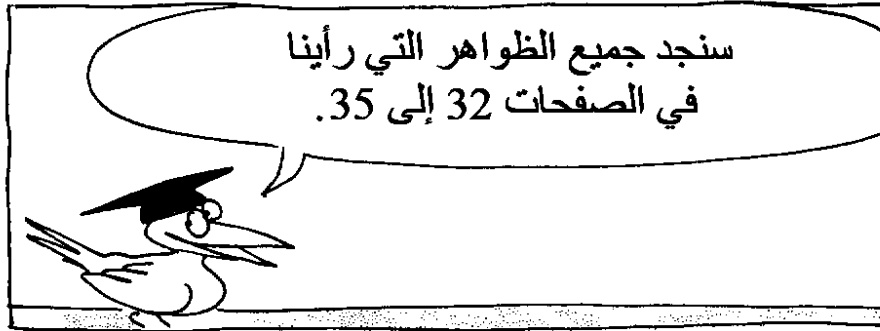
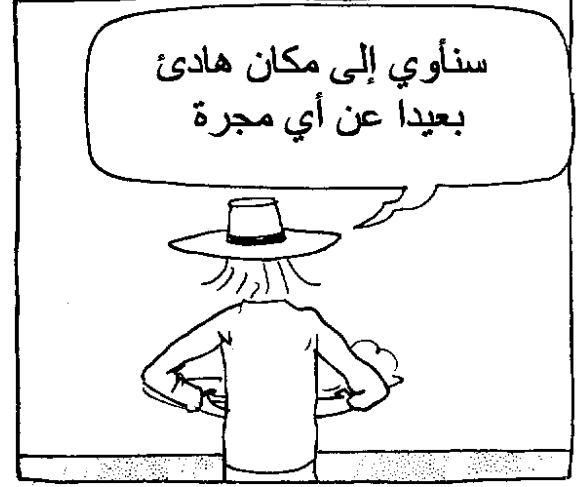
لنلتقط القليل من الغاز البينجمي.



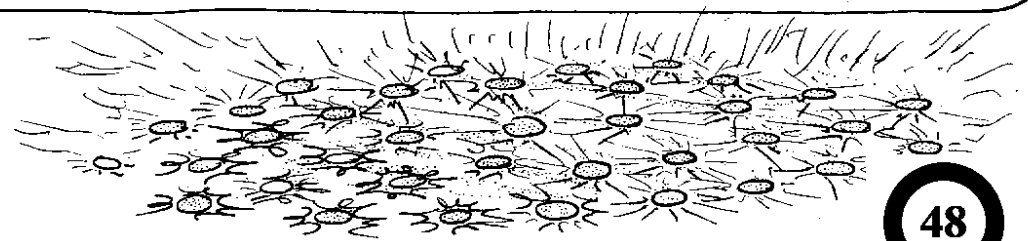
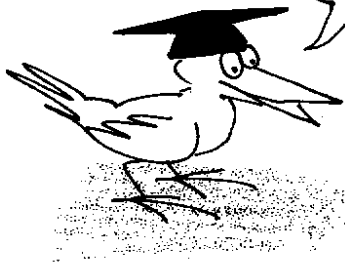
ولكنني لا أرى تركيزا لبخار الماء.



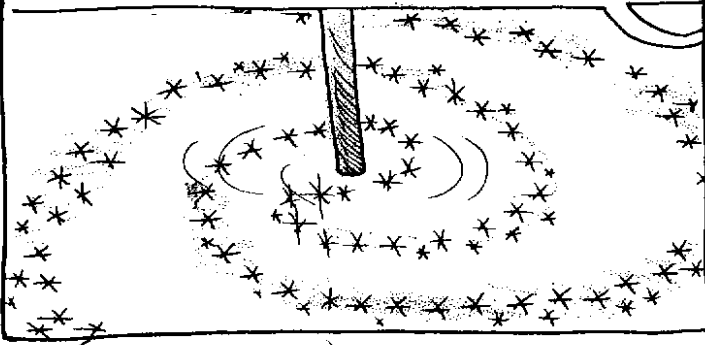
# التعدين الجبري



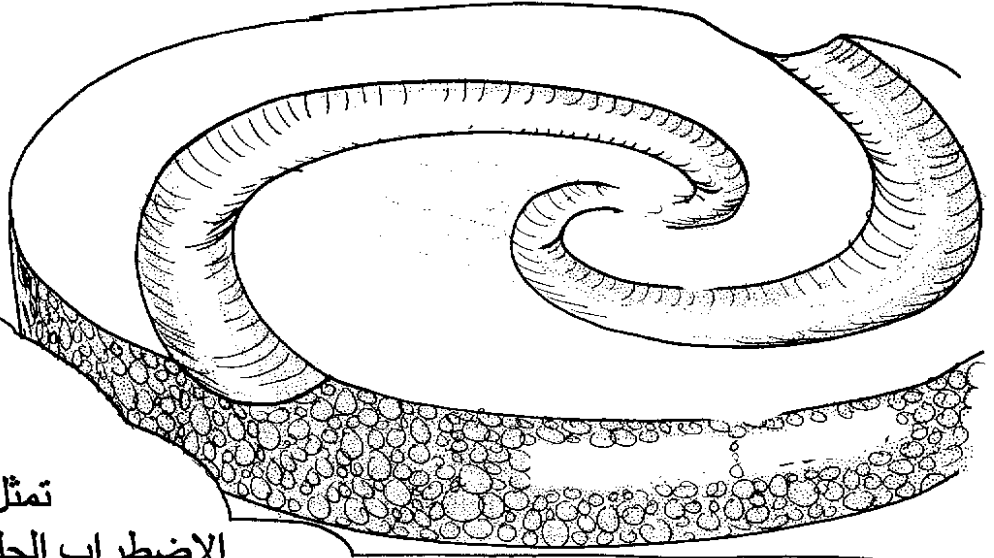
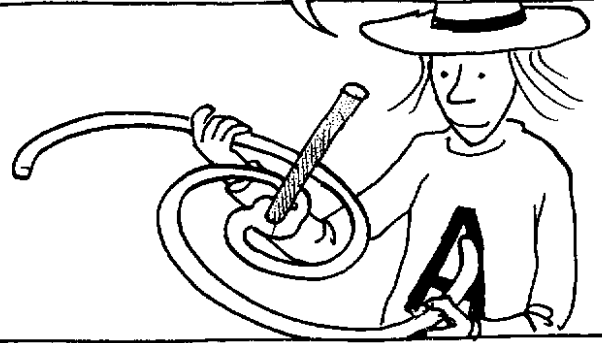
... ستضاء وستصبح نجوما ثانوية.



سيحدث نفس الشيء: تولد النجوم  
في هذه فجوات هذا الوادي.

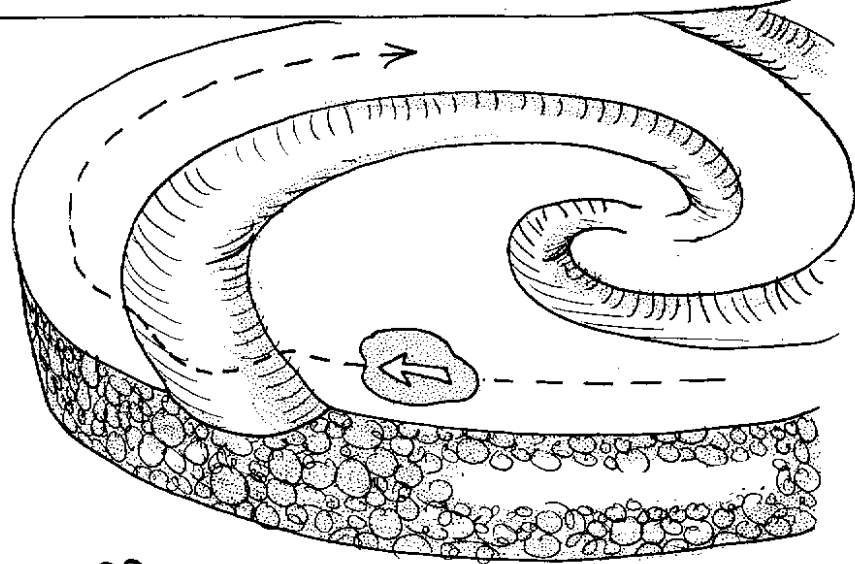


هذه المرة وبواسطة هذا الجهاز سأنشئ واد.

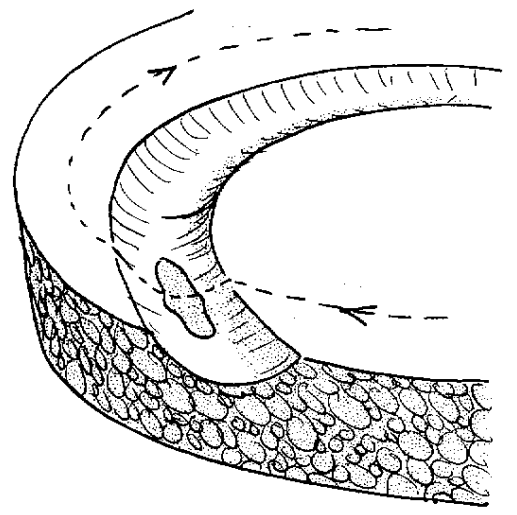


سليم على حق:  
تمثل هذه الأودية ضعيفة العمق  
الاضطراب الحلزوني، الذي يدور ببطء شديد،  
(سمكه يضاهي بضع أعشار سمك الفجوة العامة "لحوض المجرة" هذا)

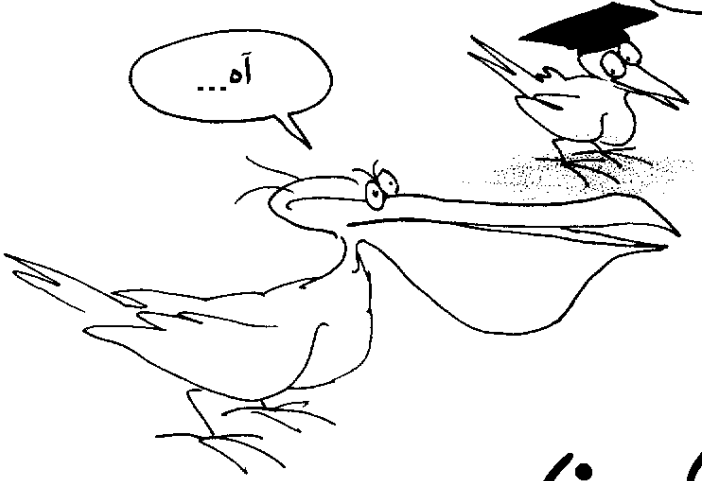
الغاز البينجمي يدور أسرع من  
هذا الاضطراب الحلزوني. هنا،  
نحن نشاهد عنصراً من الغاز  
يتيحاً للدخول في هذا النوع من  
الأودية.



عندما سيصل إلى قعر هذا الوادي سيكون متقلصا.  
وعند مروره، سيولد مجموعة من النجوم الجيل الثاني.  
وسيخرج بعد ذلك بكل هدوء. هذه الأذرع الحلزونية  
إنه هي حضانات ولادة نجوم جديدة.



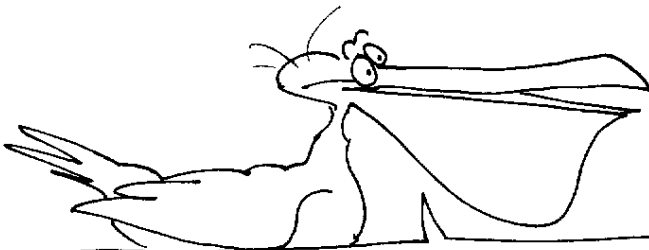
أه...



# أعاصير الكون

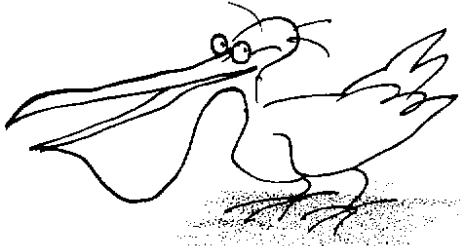
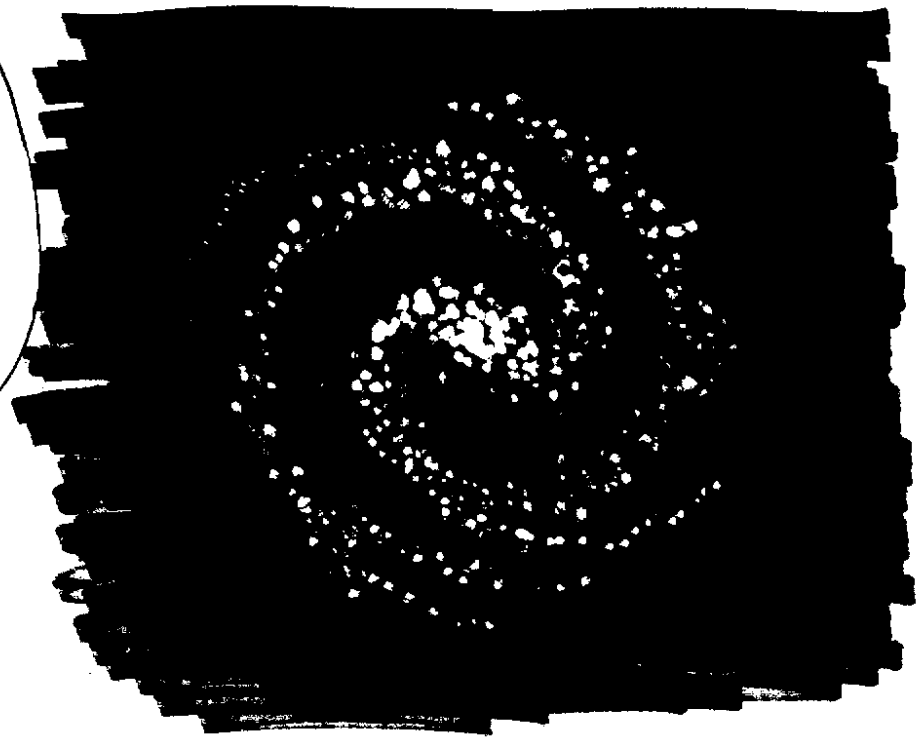
في المجرات، الإضراب  
الأولي ضعيف أيضا، ولكن  
الغاز البينجمي، غير مستقر،  
يبين الظاهرة بتكثيف المادة.

يكون الاضطراب الأولي ضعيف في  
الأعاصير الأرضية. ولكن الجو المشحون  
بالرطوبة، أي غير مستقر، يبين الظاهرة  
بالتكثيف البخاري.



نظريتك جميلة جدا. ولكن، يجب أن نجد الكثير من نجوم الدرجة الثانية  
في المجرة!

لا توجد هذه النجوم الشابة،  
الشديدة الحرارة، إلا في الأذرع  
الحلزونية حيث تسجل حضورها  
بإضاءة الغاز البينجمي...

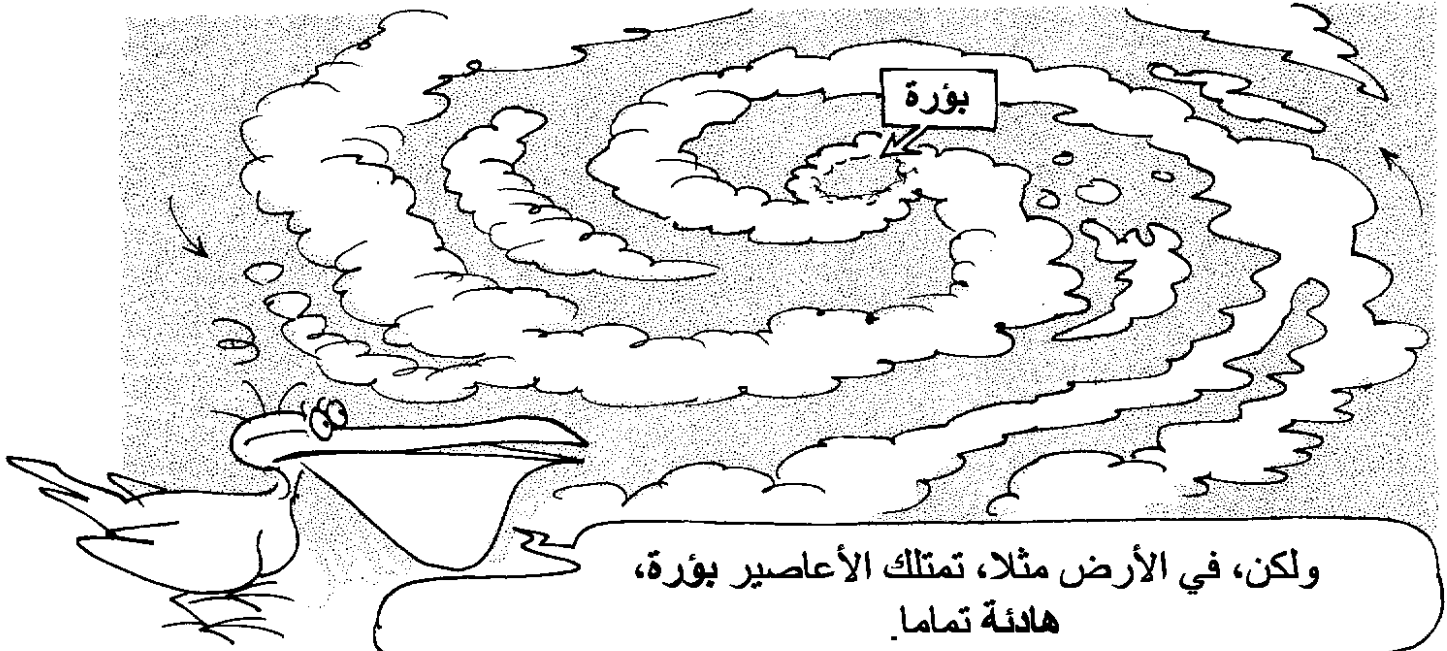


لقد نسيت يا ليون أن هذه النجوم لا تحافظ  
على شبابها طويلا. عشرة آلاف سنة على الأكثر.  
وهي مدة استهلاك أكبر قدر من الهيدروجين.  
وتصبح عند مغادرتها هذه الأذرع مجرد جمرات  
محتضرة.

ولن يكون بالإمكان اكتشافها  
بعد ذلك.



لا يمكن رؤية الغاز البينجمي بشكل جيد إلا في هذه الأذرع، حيث يكون مضاء  
بنجوم شابة. و سيصبح مظلاما بعد خروجه و مغادرته.



ولكن، في الأرض مثلا، تمتلك الأعاصير بؤرة، هادئة تماما.

حسنا، تخيل أن للمجرات الحلزونية، أي أعاصير الكوكب الكوني هذه، تمتلك أيضا بؤرة مركزية.

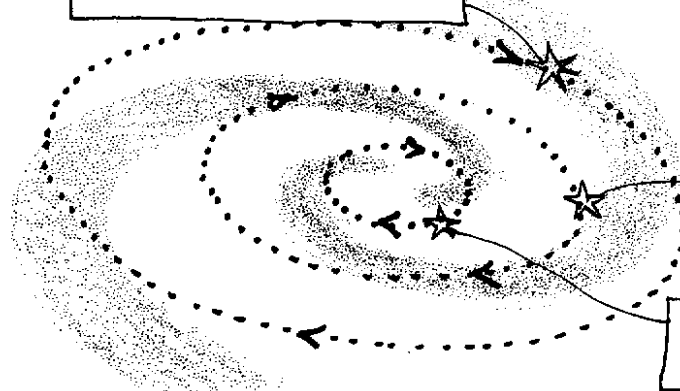
# الدوران التفاضلي



وكما هو الحال بالنسبة لفنجان القهوة، لا تدور الأشياء داخل المجرة بنفس السرعة الزاوية. تستغرق الشمس، التي توجد في الحضيض المجري، 200 مليون سنة لتدور حول مجرتنا.

لنرجع إلى فنجان القهوة.

الشمس: دورة في 200 مليون سنة.



دورة في 100 مليون سنة.

دورة في 50 مليون سنة.



خلاصة القول: يدور الجزء المركزي من المجرة أسرع من محيطها.

من الواضح أنها بالوعات، كما ترون!

أصبح "تيريسياس" حذراً للغاية  
وذلك منذ حادث الثقب الأسود حيث  
كاد أن يختفي تقريباً.

هذه مجرة حقيقية بحركات  
في الأبعاد الثلاث.

الأمر ليس بهذا السوء. الكثير من الناس  
الطيبين يعتقد بوجود ثقب أسود عملاق  
في مركز المجرات.

من الناحية التخطيطية، فإن النجوم، والتي هي عناصر من "الغاز النجمي" (التي يمكن  
تمثيلها بالجزيئات) تعبر هذا القرص الغازي المسطح جدا في كل دورة.

افترض أنها لا تتفاعل مع الغاز إلى في مرحلة  
عبور هذا القرص المسطح.

وهذا يفسر سبب الضعف  
النسبي للتفاعل بين الوسط  
النجمي و البينجمي".

تماماً!

قرص غازي

أولاً، لا توجد نجوم في مركز المجرات. ثانياً، مدة دورانها قصيرة جداً.

إنّ، في منطقة التفاعل هذه، الاحتكاك كبير و مهم بين الوسط النجمي والبينجمي.

نرجع إلى الغاز. ماذا سيحدث إذا تخلينا عن كتلة من الغاز البينجمي وأصبحت حرة؟

لن نتدخل هذه المرة!

سنراقب الوضع فقط.

دورة في 50 مليون سنة.

وبالتالي، سيكون هذا الهيكل أكثر وضوحاً في المنطقة الوسطى ويمكن أيضاً أن يتحول إلى حاجز.

في أذرع المجرات أيضاً، يميل الغاز إلى التجمع في كتل كبيرة شعاعها يعادل شعاع جينز. (\*)

يبرد الغاز بشكل طبيعي عن طريق الإشعاع. بعد ذلك تنقل مسافة جينز الخاصة به وينفطر.



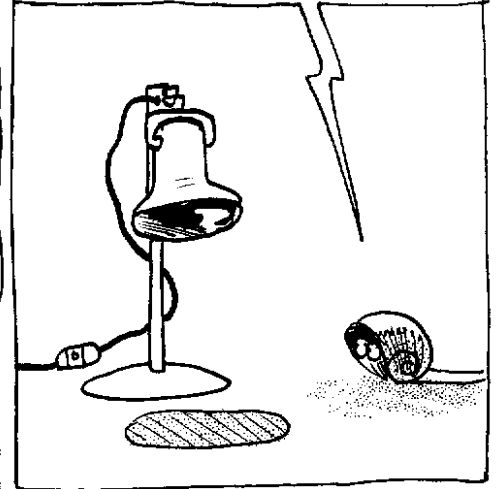
نعم ولكن النجوم الشابة التي تولد في هذه  
السحب تعاود شحن الطاقة باستمرار.

ولكن، ستواصل هذه الكتل الغازية  
التبريد عن طريق الإشعاع.

سترى ذلك حالا. سنقوم بإجراء  
التجربة. هذا مصباح فوق بنفسجي.



هل ستسفع كتلة من المادة  
البينجمية؟



مع هذا النوع من الإشعاع، الذي يحاكي ذلك المنبعث  
من النجوم الشابة، والساخنة جداً، سأقوم بتسخين هذه الكتلة.  
الحرارة تعني الضغط، وتزايد الضغط الداخلي سيمدد كتلة  
الغاز.

ويبقى السؤال:  
ما هو تعريف النجم؟

إذا كان حقن الطاقة عنيقاً  
للمغاية، فقد أتمكن حتى من  
تفريق المادة عن الكتلة.

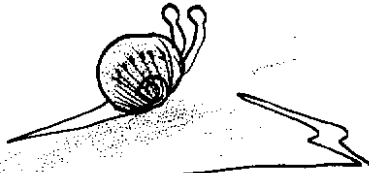


# مخاضة النجوم

في وسط كتلة من الغاز، تساعد ظروف الحرارة والضغط اندماج الهيدروجين ويصاحب ذلك انبعاث قدر كبير من الطاقة.

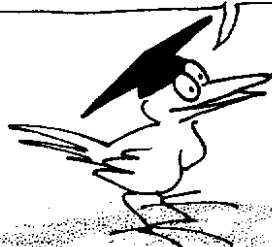
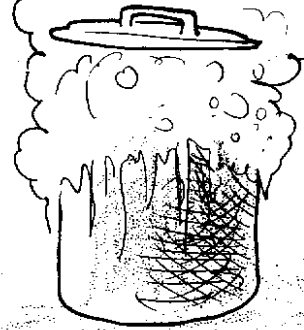


هذا يرفع الضغط بشكل متزايد في مركز النجم. ولا ننسى أن الضغط هو قياس كمية من الطاقة بالنسبة لوحدة الحجم.



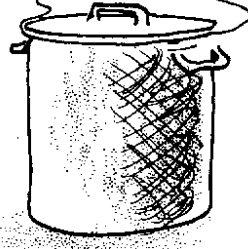
باختصار، النجم هو نوع من طنجات الضغط، ذاتية الاشتغال، وهو يسخن نفسه باستمرار.

يرتبط قطر النجم بكمية الطاقة المنبعثة. فهو يتميز بوفرة الهيدروجين منذ ولادته مباشرة. علاوة على أنه يحترق بشكل جنوني ويتوسع إلى حد كبير.



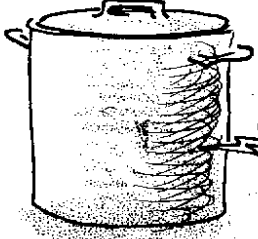
ويوما ما ستنفد كمية الهيدروجين.

تهدا الأمور بعد ذلك ويدخل النجم في مرحلة هادئة نسبيا.

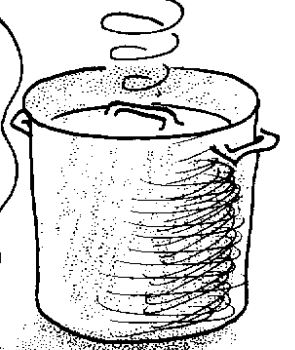


إنه يغلي برفق.

!!?



يسقط "الغطاء"، وهذا يعني أن النجم يتقلص. وتتزايد الكثافة ودرجة الحرارة بشكل مطرد.



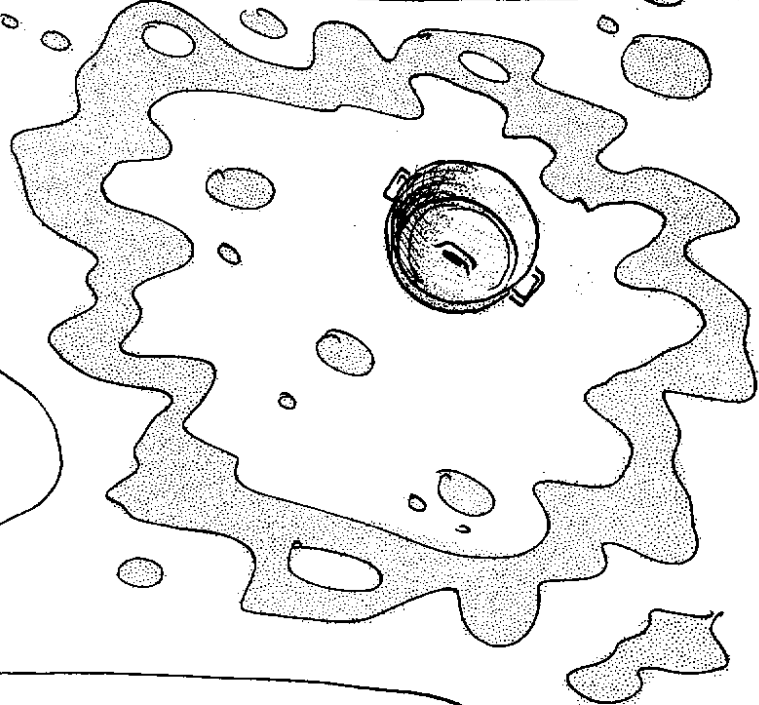
بلوتش !!!

غالبا ما ينفجر النجم، وذلك لأن تفاعلات الاندماج تبدأ فجأة (وهي تستهلك الهليوم المشكل والكربون ثم السيليسيوم).

يتحول النجم إلى "سوبر نوبا"



عموما، لا تجري هذه النوعية من الأحداث إلا مرة واحدة فقط في القرن في مجرة ما!



انهار الغطاء وسقط في قاع الطنجرة. لم يتبق إلا جزء بسيط لا يذكر. هذه نهاية بنيسة.

ولكن، مرة واحدة في للقرن، هذه وتيرة سريعة جدا يا ليون.  
تذكر أن المجرة تدور حول نفسها في 200 مليون سنة.

واو! هذا يعني  
مليوننا سوبرنوكا خلال...  
لقة واحدة.

تقذف السوبرنوكا بقاياها  
إلى ملايين السنين الضوئية  
بعيدا (\*)

إنها تنفجر في أي مكان وفي أي وقت وتتسبب بالتالي  
في هذه الفوضى كبيرة في هذا الوسط البينجمي.

**سباف!**

وهل تشحن هذه  
السوبرنوكا الغاز البينجمي  
بالطاقة؟

هيا نبحث عن مكان  
أكثر هدوء!

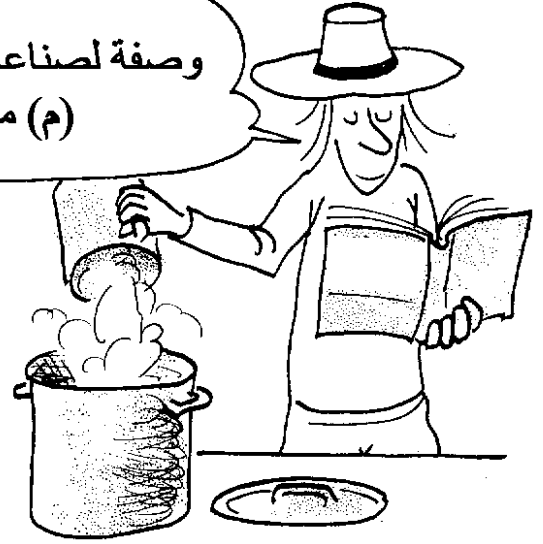
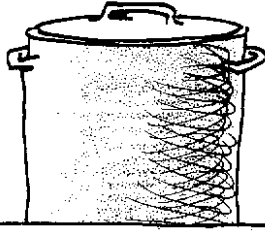
**سباف!!**

إنفجر نجم  
آخر.

# أنواع النجوم

نقوم بتغطيته ثم نتركه يتحلل  
مدة 100000 سنة.

وصفة لصناعة نجم: لدينا الكتلة  
(م) من الغاز.



لا أدري... ربما عشر كتلة شمسية.

للأسف، لقد امضيت  
وقتا طويلا في الانتظار...  
ولم يحدث أي شيء بعد!

هذا غير كاف. سيبقى الضغط  
والحرارة أقل من العتبة.

ما هي الكمية التي استعملت؟

لا شيء أيضا. هذا لا يصدق!

حسنا، سأضع الكثير من الغاز  
هذه المرة!

ولكن... لقد اختفى الغطاء!؟



النجم النوعي يعادل  
نصف كتلة شمسية

لقد نجحت!  
لقد صنعت ثقباً أسوداً!

أه، هذا صحيح! هذا الفضاء  
هش أصلاً...

حسناً. بعد فترة قصيرة،  
سيبلغ النجم سرعة الأبحار.

## السيفيد

لقد صنعت نجماً متغيراً.  
يتأرجح قطره وعند كل تقلص  
يبث حزمة من الإشعاع.

فلوتش...  
فلوتش!

سيفيد

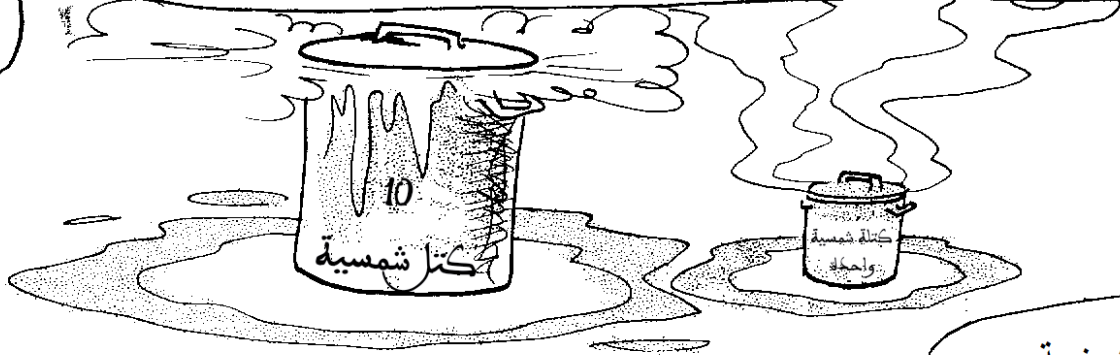
فلوتش...  
فلوتش...  
فلوتش!

هه!  
ماذا يجري الآن؟

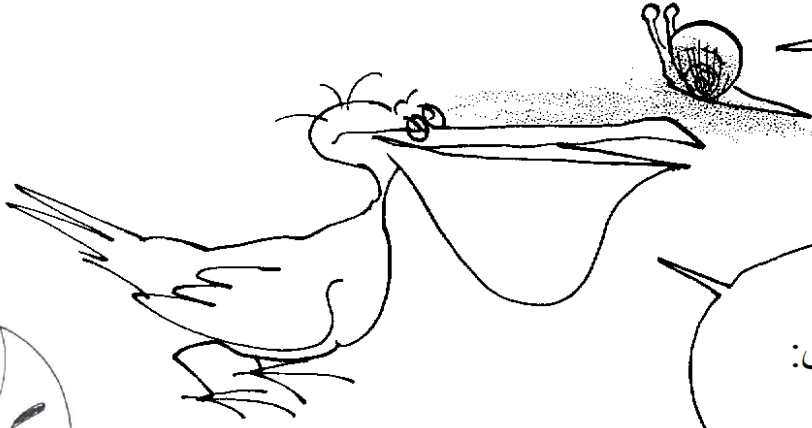
كلما زادت كتلة السيفيد، كلما كان تردده أطول.  
لقد سمحت لنا المعايير عن بعد (اختلاف المنظر) باستخدام  
هذه النجوم لقياس المسافة التي تفصلنا عن مجرة أندروميديا.

الإدارة

كلما كان النجم ذو الكتلة كبيرة، كلما تطور بسرعة. يمكن لنجم شمسي أن يحترق بسلام ملايين السنين، بينما يستهلك نجم شاب ضخ مخزونه من الهيدروجين في غضون مليون سنة. وتكون نهايته متفجرة.



النجوم الضخمة هي نجوم خطيرة.



سأوجه سؤالاً إلى تيريبياس: ماهي فائدة النجوم؟!

هذا سؤال ممتاز!

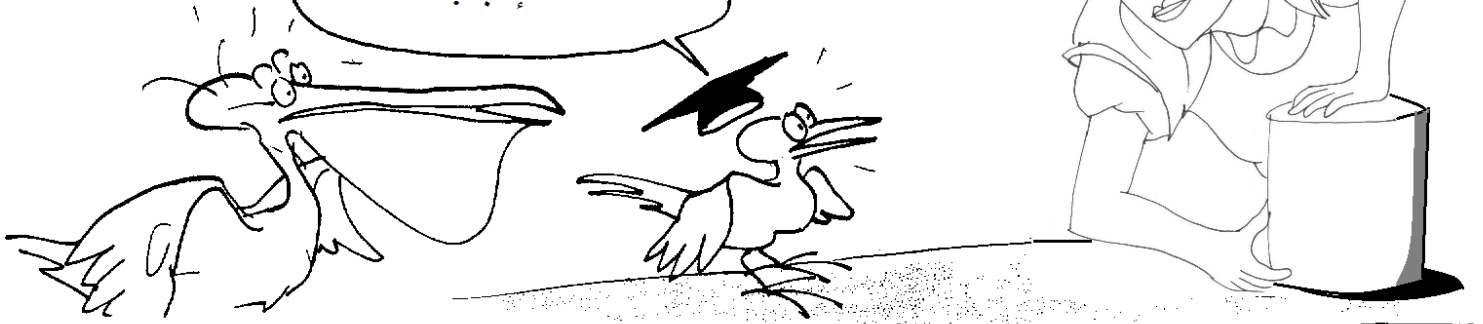
... الهيليوم.

تتعرض نوى الذرات، في قلوب النجوم، لضغوط عالية للغاية. إندماج أربعة ذرات من الهيدروجين ينتج...

# خلايا الكون

هذا النجم قريب جدا من نقطة عدم الإستقرار. لقد استهلك كل مخزونه من الهيدروجين. ابتعد قليلا، سوف أعطيه شرارة الانطلاق.

أه، إنتبه!

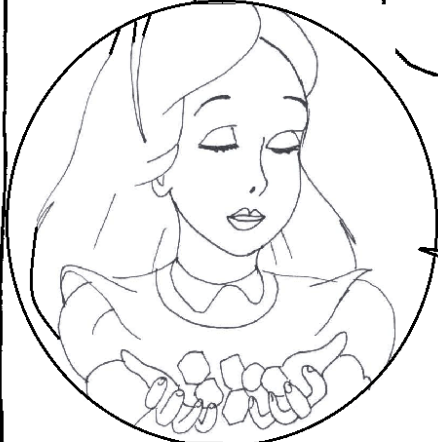


والآن، ما علينا سوى التقاط الأوكسجين والحديد والسليسيوم ثم جميع ذرات جدول مندليف.



ولكن، لم هذا التصنيع النووي؟

لتوفير الظروف المناسبة للحياة.



هذا جميل.

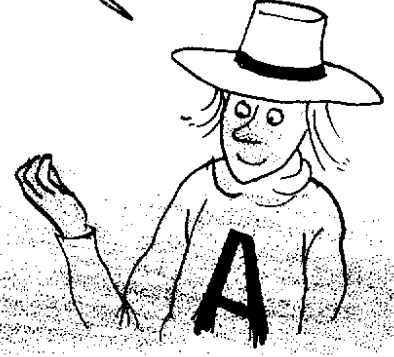
أليس كذلك؟





تتكثل الذرات الثقيلة لتعطينا غبارا ميكروسكوبيا...

... وتتحول إلى محفز طبيعي لتركيب  
الجزئيات الأولى.

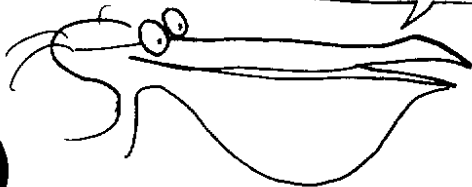


هذه المادة التي تنفثها النجوم، سواء عن طريق زفير بطيء  
أو عن طريق موت عنيف، تعيد إثراء كتلة الغاز البينجمي.

في المجمل، إذا أخذنا أي ذرة بشكل عشوائي، فقد تكون  
عاشت في العديد من النجوم، خاصة إذا كانت نواتها ثقيلة.

وتيرة عبور الذرات للنجوم، يصاحبها إثراء متواصل بعناصر ثقيلة،  
كالمعادن على سبيل المثال: الحديد والنيكل والنحاس.

حسنا، كلما كان النجم شابا كلما كان غنيا بالمعادن!



حان الوقت لنلخص كل معارفنا  
عن المجرات.



لدي هنا بيانات المراقبة  
المميزة.

ماذا تفعل يا سليم؟



تعال معي.

نحرك المجموع.



القليل من الغاز  
البنجمي.

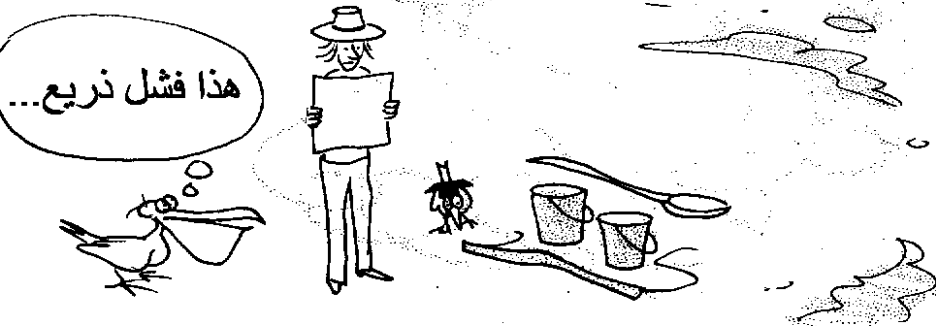


القليل من المادة. في البداية  
مائتا مليار نجمة.



أنا مستاء يا صوفيا. لقد انفجرت مجرتي تماما،  
مع أنني استخدمت أحدث بيانات المراقبة!

هذا فشل ذريع...



ولكن... ماذا يجري؟



يختفي كل شيء!!

# الكتلة المفقودة

في هذا التصوير التخطيطي، قوة الطرد المركزي أقوى من قوة الجاذبية. هذه الكتلة أضعف مرتين من الكتلة المطلوبة.

إذا اعتمدنا على بيانات المراقبة،  
النموذج لا يصلح بتاتا. هذا مزعج...

بمعنى آخر:  
مائتي مليار نجم مفقود. أي معلومة تفيد البحث  
عن هذه الكتلة المفقودة مرحب بها جدا.

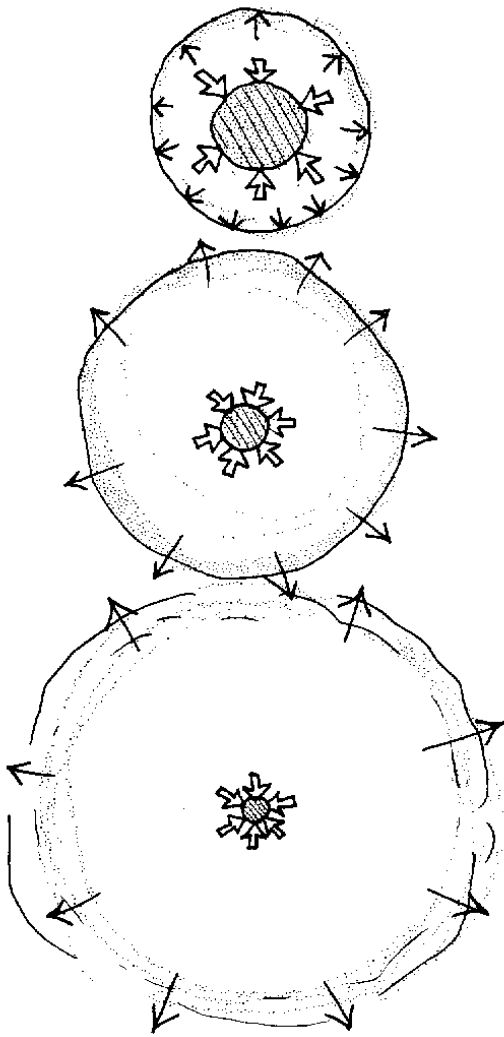
لا يتبقى من النجم سوى النظر القليل في نهاية  
حياته، أي عندما يقذف جزءاً من كتلته، ونُسميه عند  
اذ قزماً أبيضاً أو قزماً أسوداً، وهو عموماً قليل  
الانبعاث وصعب الرصد.

نحن لا نعد إلا ما نراه.



هذا يعني أننا لن نتمكن من اكتشاف هذه الكتلة الخفية التي تمثلها بقايا النجوم الأولية.

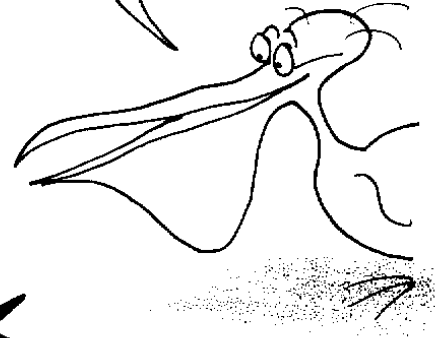
في نهاية السوبرنوفا تنفجر الطبقة  
الخارجية للنجم. وقد يتسبب الضغط الرجعي  
الذي ينتج عن ذلك في تقليص النواة المركزية  
إلى حد تحوله إلى ثقب أسود.



هذه أشياء أخرى  
ستفعل من مراقبتنا.



ألن سيتبقى أي نجم بدائي، ولد في نفس الوقت  
مع المجرة، قابل للرصد؟



يوجد بالفعل في المجرات نجوم قديمة جدا متكتلة  
في مجموعات كروية، وهي تحترق منذ حوالي خمسة  
عشر مليار سنة. وذلك في جميع المجرات التي ولدت  
جميعها في نفس الوقت.



بالنسبة لنجوم الأخرى، فقد تبعثرت في الزوايا الأربع للمجرة أو تحولت إلى أقزام،  
بيضاء أو سوداء، أو إلى ثقوب سوداء غير قابلة للرصد.

# المجموعة النجمية

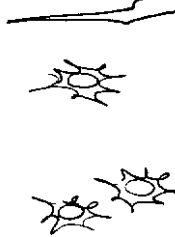
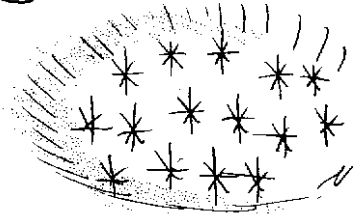
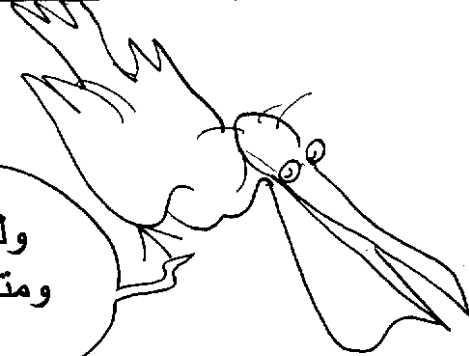
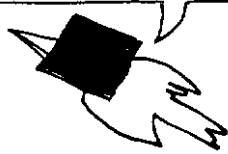
إن التكتل الكروي هو هيكل مكون من مائة ألف نجم،  
والذي يستمر في الوجود منذ ولادة المجرات.

ولكن، هناك أيضا تكتلات صغيرة حديثة  
ومتناثرة في المجرات نفسها وهي في تنتشر  
بشكل سريع نسبيا.

ستسمح هذه المجموعات الصغيرة، والتي تمثل  
أحواضا حوافها بسيطة، للنجوم المتسارعة، نتيجة  
التصادمات العشوائية، بالهروب بسهولة نسبية.

عندما تنتشر هذه المجموعة، تنتشر  
النجوم بشكل عشوائي عبر المجرة،  
أفرادا أو أزواجا (نجم مزدوج).

(\* فترة تبخر مجموعة تصادمية متناسبة مع كتلتها.



التشكيلات المكونة من نجمين، ذات كتل متقاربة أو متباعدة، هي أنظمة مستقرة. هذه الأنظمة الزوجية، وهي العديدة جدا في المجرات، ما هي إلا دليل لانتمائها لتكتل نجمي قديما.



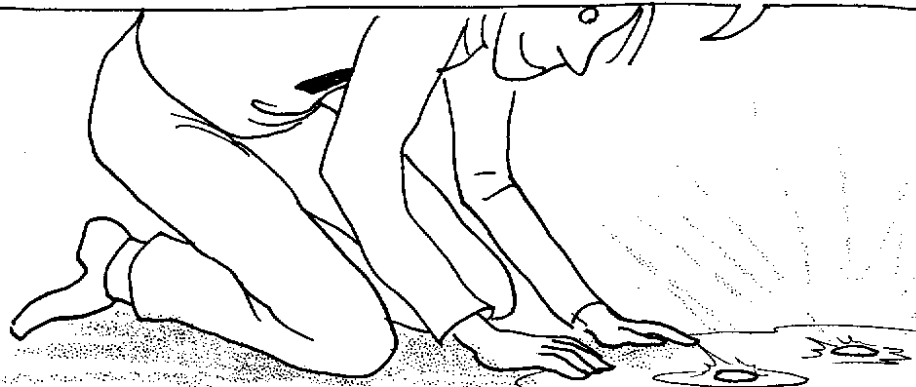
افترض أن المجرات أيضا تفقد نجومها ببطء. أليس كذلك؟

من أجل ذلك، سيكون من الضروري أن تكتسب النجوم سرعات كبيرة جدا، أكبر من سرعة الهروب، وذلك من خلال الاصطدامات فيما بينها. لكن انتشار النجوم عبر المجرة يشكل مجموعة غير تصادمية بالكامل. عمليا، لن تلتقي مجددا. نستنتج أن المجرات تحتفظ بنجومها.

هذا حل معقول...

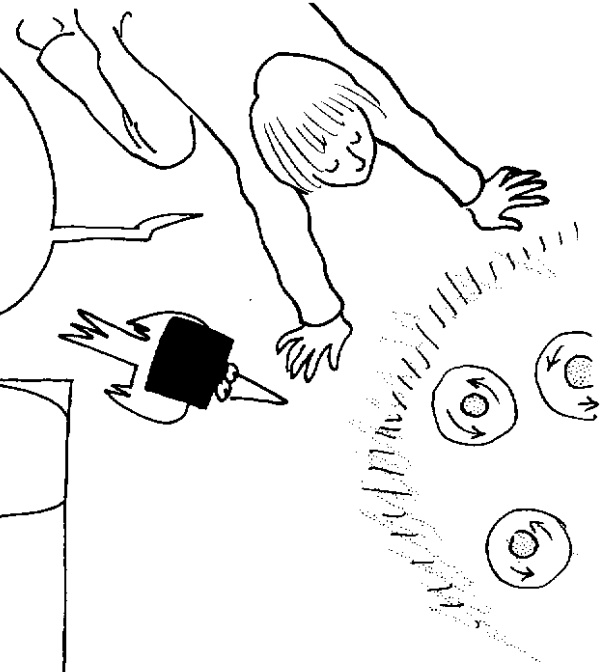


أنا أراقب هذا التكتل النجمي الصغير الذي ولد للتو. إنه يتصرف، في الأساس، مثل مجراتنا الشابة. فهو ساخن و تحيط به هالة من الغاز و الغبار: هذا يمثل جوه بشكل ما...



# الكواكب

تتأرجح نجومنا الشابة في مجموعاتها الصغيرة،  
مثل بيض يلقي في مقلاة جيدة التزييت. وتتسبب  
الاصطدامات فيما بينها في دوران هالاتها.

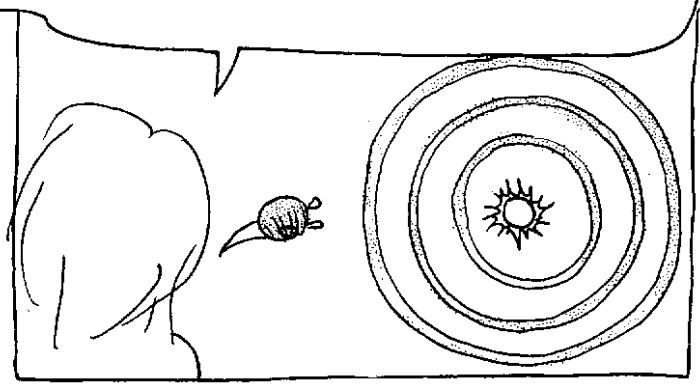
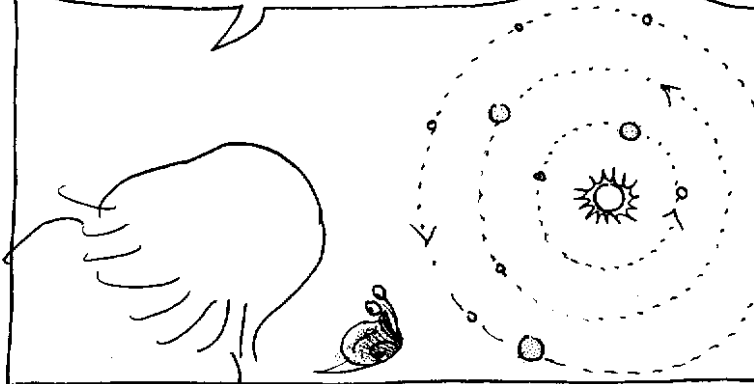


لقد تحللت المجموعة وهدأت النجوم. أنا أتابع إحداها.



في كل دائرة وفي كل مسار،  
تتشكل الكواكب.

قوة الطرد المركزي تمنع سقوط غبار الهالة فوق  
النجم. إنها تتجمع في حلقات متحدة المركز.

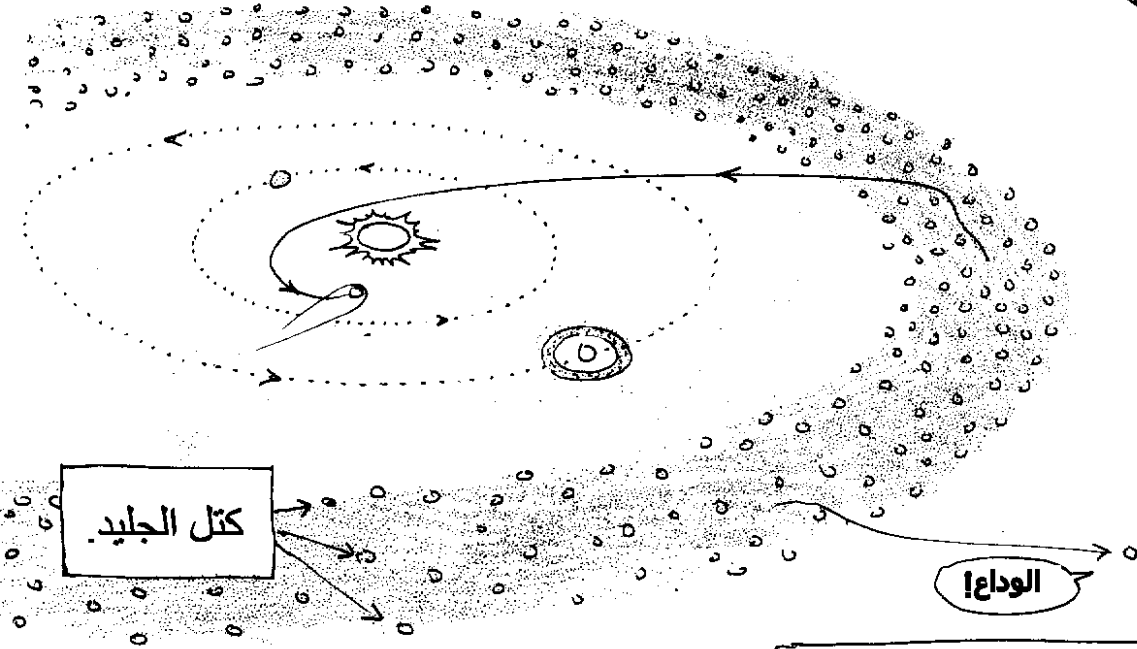


يأسر أضخم الكواكب، في نفس المدار، الكواكب الأخف ويجعلها أقماره الخاصة.



وهكذا، تكتمل الدائرة.

سيكتثف الجزء الغازي، لهذا الجو النجمي الأولي، ويتحول إلى هالة ثلجية متسخة سيحدث، من وقت لآخر، اصطدام بين عنصرين من هذا الحزام. فإما ستتزايد سرعة الكتلة وتغادر النظام الشمسي وإما ستتباطأ سرعتها وتسقط في اتجاه مركز هذا النظام وتصبح مذنباً.



هذا الكوكب الشاب حارق.



إنه يهضم الاورانيوم 235 المشع الذي أسره خلال مرحلة تشكله.



لنتأمل هذه الكواكب عن كثب.



حقا؟! هل كانت الكواكب، في مرحلة تشكلها، عبارة عن مفاعلات نووية؟

كانت؟ بل مازالت كذلك!  
في نظرك، كيف تحافظ الأرض  
على نواتها منصهرة؟

سبلوتش!

أه!

أنها تسخن أيضا بسبب  
كل هذه النيازك التي ترتطم بها  
عندما "تنظف بيئها".

دعونا نلقي نظرة أكثر دقة.

حسنًا يا تيريسياس... هل عاد ذيلك  
للانحناء مجددًا؟



انتظرنى يا سليم! انتبه، فالنشاط  
البركاني لا يزال نشطًا هنا.

أه، أين أنت يا سليم؟!



في النهاية، نحن على ظهر الكوكب.  
إن السيول الجارية تمحو شيئًا فشيئًا الندوب التي خلفتها  
النيازك. نحن في الزمن = عشرة ملايين من السنين  
وقد انخفضت حرارة الإشعاع إلى 4 درجات كيلفين.

أصبحنا قادرين على خوض غمار حكاية جديدة:  
البيولوجيا. هنا صوفيا، التي تحدثكم مباشرة من الكون.



النهاية.