معرفة بلا حدود

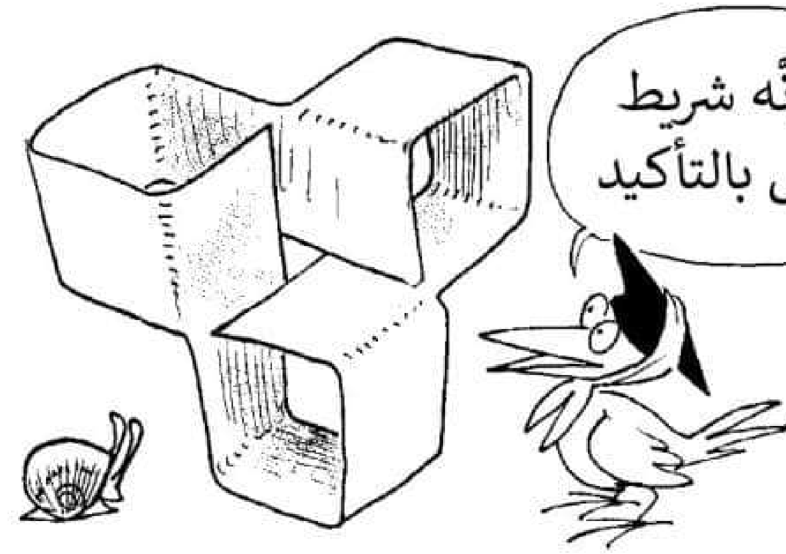
Savoir sans frontieres

مغامرات أرشيبالد هيغنز

البُنية الهيكليّة للعالم

(طوبولوجيا العالم)

جان بيار بوتي



نقلها إلى العربية

م. سـامر السـَّراج

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

Savoir sans Frontières

معرفة بلا حدود

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

جان بيار بيتيت ، رئيس الرابطة

عالم الفيزياء الفلكية، ومدير البحوث السابق في المعهد الوطني للبحث العلمي، ومبتكر نوع فني جديد هو القصة العلمية المصورة. أنشأ عام 2005 مع صديقه جيل دي آغوستيني رابطة "معرفة بلا حدود" التي تهدف إلى نشر المعرفة مجاناً في جميع أنحاء العالم، بما في ذلك المعرفة العلمية والتقنية. وبفضل التبرعات تدفع الرابطة للمترجمين مبلغاً يصل إلى 150 يورو متحملةً تكاليف التحويل المصرفي (أرقام عام 2007).
يتزايد عدد المترجمين يومياً، وبلغ عدد المجموعات المترجمة في عام 2007 حوالي 200 مجموعة قابلة للتحميل مجاناً، مترجمة إلى ٢٨ لغة بما في ذلك اللغة اللاوسية والراوندية.
يمكن إعادة نسخ ملف pdf هذا مجاناً وإعادة إنتاجه كلياً أو جزئياً من قبل المعلمين في دوراتهم بشرط أن لاتكون هذه العمليات ربحية. ويمكن استعمال الملفات في المكتبات العامة والمدارس والجامعات، سواء على شكل مطبوع أو في شبكة الانترنت.
يأمل المؤلف باستكمال هذه السلسلة مع مجموعات أبسط تناسب مستوى أعمار 12 عاماً. كما يتم العمل أيضاً على مجموعات ناطقة للأميين ومجموعات ثنائية اللغة لتعلم اللغات انطلاقاً من اللغة الأم.
تبحث الجمعية باستمرار عن مترجمين جدد للغات التي يجب أن تكون لغتهم الأصلية، ويملكون المهارات التقنية التي تجعلهم قادرين على إنتاج ترجمات جيدة لمجموعات القصص.

للتواصل مع الرابطة يمكنكم زيارة موقعها الالكتروني

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

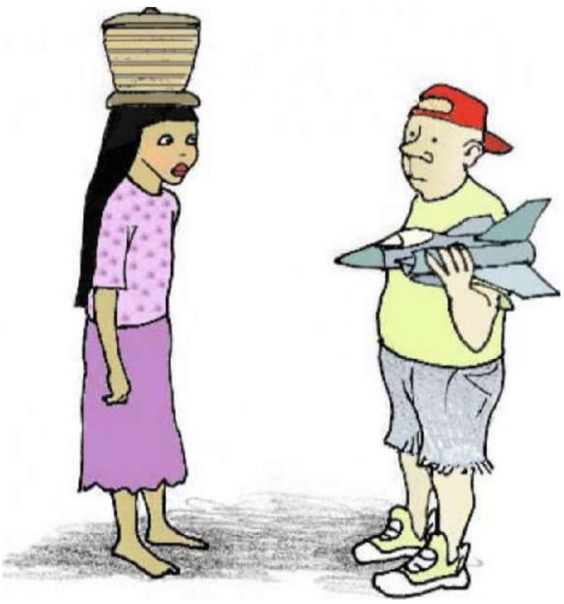
حدود بــلا معرفــة

.فرنســـيان عالمان ويـديرها 2005 عام تأسســـت ربحيــة غـير جمعيـة من رسمه تـم الـذي النطــاق باســـتخدام العلميـــة المعرفـــة نشــر :الهدف تـــم :2020 عام فـــي .مجانًا للتنزيـــــل قابلــــة PDF ملفـــات خـلال عمليـــة 500000 من أكــثر مع .لغـة 40 فـــي ترجمـة 565 تحقيــــق تنزيــــل.

Jean-Pierre Petit   Gilles d'Agostini

بالمـــال التـــبرع تــم .تماما تطوعيـــة الجمعيـــة للمــــترجمين بالكامـــل.

زر اســـتخدم ، تـــبرع لتقـــديم PayPal فـــي الصـــفحة الرئيســـية:



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

PayPal FAIRE UN DON

تحذير للقارئ

من الأفضل تجنُّب قراءة هذا الألبوم:

- في المساء قبل الذَّهاب إلى النَّوم.
- بعد وجبة طعامٍ دسمةٍ.
- أو عندما لا تكون متأكِّداً من شيء، لأنَّ هذا سيجعل الأمور أسوأ.

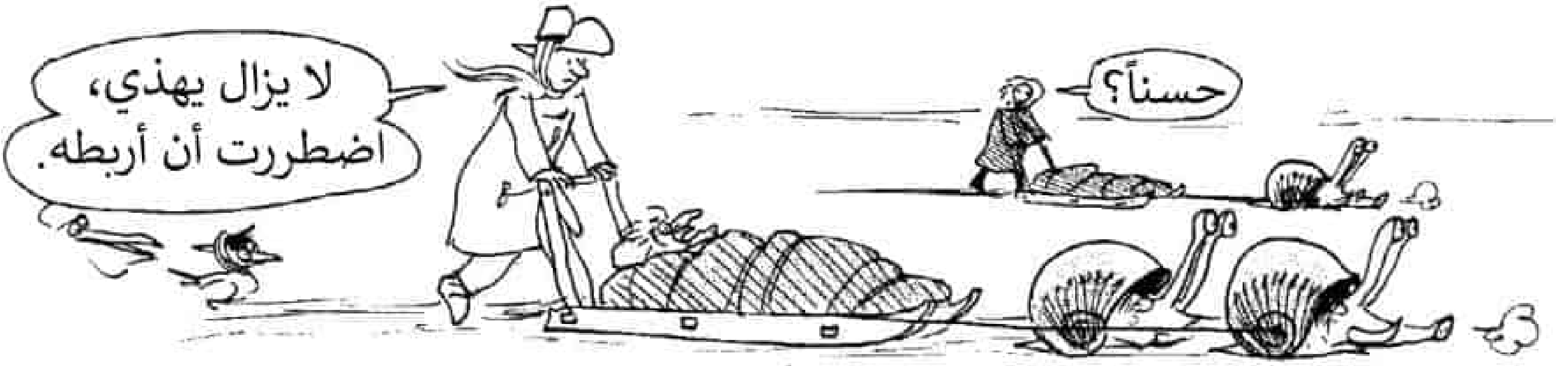
المؤلِّف

الكوكب دون قطبٍ جنوبيٍّ


أوه هذا أمرٌ مختلفٌ ...
ورغم أنّني متواضعٌ بشكلٍ استثنائيٍّ، فأنا أقبل ذلك.
ألن تستخدم كلاب الهاسكي؟
لا، أنا أستخدم الرّخويات الكبيرة، وهي تقاطعٌ قديمٌ بين الحلزون والماموث. إنّها حيواناتٌ قويّةٌ ومدرّبةٌ بشكلٍ خاصٍّ لتتبع خطوط الطُّول.
هيّا هيّا، سيروا خلفي على خط الطُّول، إنّه مستقيمٌ نحو الأمام.
إنّني رجلٌ قويٌّ حقاً.
يبدو وكأنّنا نعبر خطَّ الاستواء بالفعل، من الصّعب أن نبقى مواكبين له
أوووه ... إنّه المجد
ها نحن نمشي إلى أرض العجائب الشّتائيّة
هيّا ... هيّا
أستطيع رؤية القطب الجنوبي، إنّه قطبي الجنوبي
أوووف ..


أنا أولاً
المجد
ولكن! ما هذا؟
هل هذا نوعٌ من المزاح؟
إيه !؟
يا إلهي
بررررر
كراك
والآن! هل لدى أحدكم أي شيءٍ يقوله عن ذلك؟


لاتنطقوا بكلمةٍ واحدةٍ أمام أي شخصٍ حول هذا الموضوع، واضح؟
مهلاً ، انظروا.
اهدأ يا سيد أموندسن.
رايتي! إنها تختفي!
القطب الجنوبي
ماذا؟!
مهلاً، هل انتهيتَ من هذه الأفعال؟
شيءٌ مضحكٌ، فقد تكلّمتُ بصوتٍ يشبه السيد بيري.
طق
طق
طق
هيا يا سيد أموندسن، دعنا نذهب إلى المنزل.
إنّه في حالة صدمةٍ.
سنحاول معرفة سبب كل هذه الأمور.
آخ آخ



تنزلق الرخويَّات على امتداد خطوط الطُّول المتجمِّدة دون صوتٍ.


الأمر واضحٌ إذا اعتبرنا المنطقة المجاورة لخط الطُول الذي اتَّبعناه سطحاً أحاديَّ الجانب، أو شريط موبيوس (*) ذو طرفٍ واحدٍ. (للمزيد يمكن الرجوع إلى "**نظرةٌ نحو إقليدس**" الصفحة 54)
هل تقصدين أن القطب الجنوبي حيث كنَّا في وقت سابق لم يكن سوى القطب الشَّمالي رأساً على عقب؟
أين هو القطب الجنوبيُّ الحقيقيُّ إذن؟
A
الموضوع غريبٌ بعض الشَّيء.
وبالتَّالي ما الذي يحدث؟
فقدنا القطب الجنوبي على ما يبدو.
أوه، هذا لطيفٌ.
دعونا نفكِّر ..
ماذا يقولون؟
حسناً، طبقاً لرأي صوفي، نحن موجودون على مايشبه كرةً ذات جانبٍ واحدٍ.
هذا جنونٌ.
مرحباً، كيف هو الوضع حيث تعيش؟
أوه، مشابهٌ حقاً للوضع هنا.
(*) شريطٌ يتمُّ لفُّه نصف دورةٍ قبل أن يلتصق طرفاه، وبالتَّالي يكون له جانبٌ واحدٌ فقط.

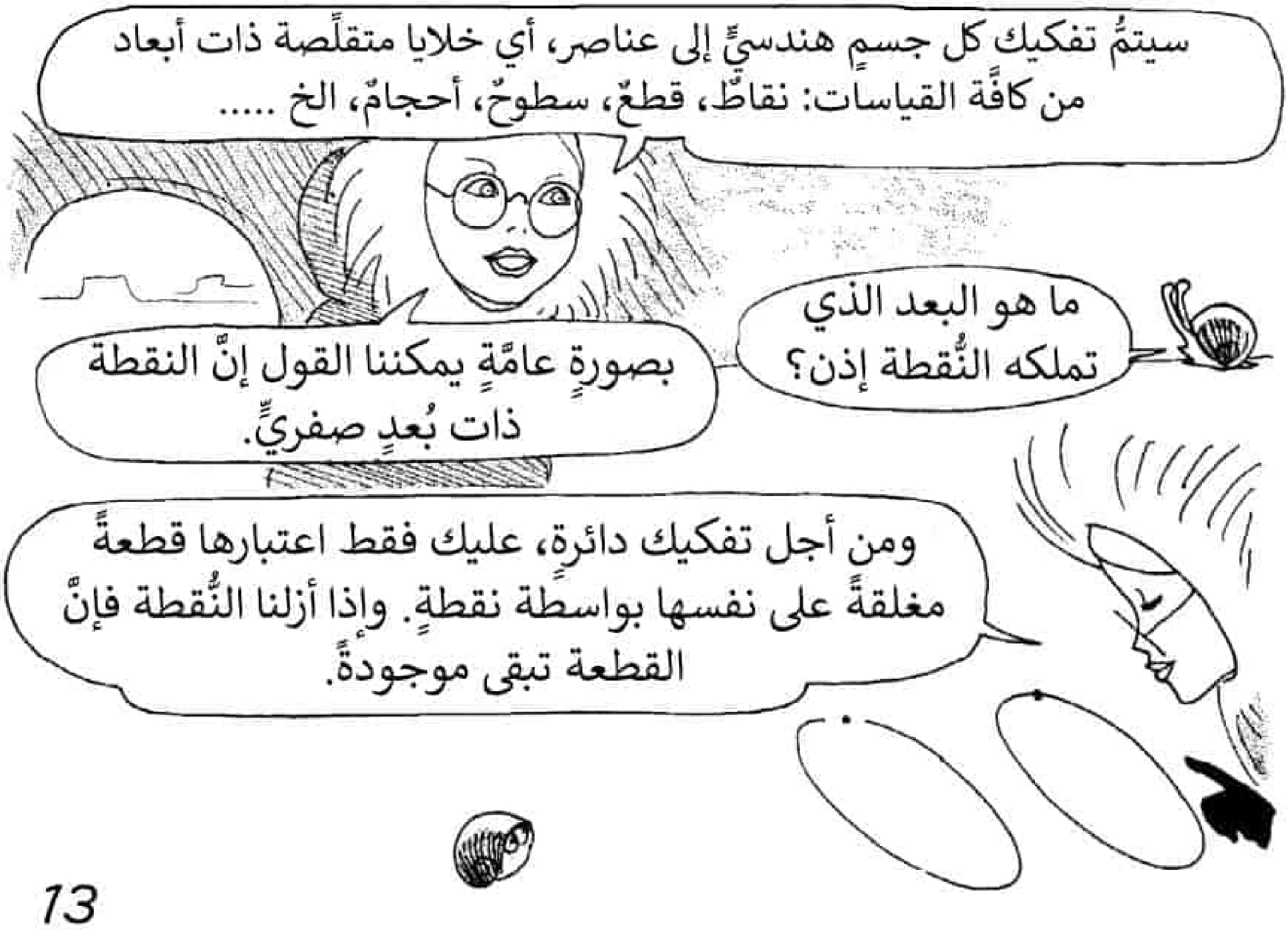

حسناً إذا أردنا إخراج السيد أموندسن من وضعه الصَّعب، علينا أولاً أن نفهم شكل هذا الكوكب الغريب. لنستخدم بعض المبادئ الأساسيَّة في علم البنية الهيكليَّة (الطوبولوجيا). ومن أجل ذلك سنقوم بتحليل كل الأجسام إلى:
الخلايا التقلُّصيَّة
يبدو أنَّ هذا الجسم غير القابل للتفكيك هو نقطةٌ..
ما الذي يمكن أن تفعله بنقطةٍ؟
إنَّ أيَّ جسمٍ، والذي يُعتبر مجموعةً من النُّقاط، يشغل مكانًا معيناً في الفضاء. وهذا الجسم يكون قابلاً للتقلُّص إذا أمكن له أن يتقلصَّ ويصبح نقطةً واحدةً، ولكن عن طريق جريانه على ذاته.
لنأخذ هذه القطعة المنحنية على سبيل المثال، إنَّها جسمٌ ذو بعدٍ فراغيٍّ واحدٍ.
نعم، يمكن تحديد موضع نقطةٍ على هذا المنحنى باستخدام قيمةٍ واحدةٍ فقط، وهي الإحداثي السِّيني المنحني الأضلاع، أو طول الخط الذي يفصل نقطةً ما عن نقطةٍ أخرى تمَّ اعتبارها نقطة المبدأ.
B
A
G

يمكنني وضع قطعةٍ من المنحنى داخل بعض المعكرونة المجوَّفة، حيث يمكن أن تتقلَّص وتتقلَّص في الدَّاخل.
كما هو حال الزِّئبق في ميزان الحرارة بالضَّبط.
B
A
هل كل المنحنيات قابلةٌ للتقلُّص إذن؟
لا، فالمنحنيات المغلقة غير قابلةٍ للتقلُّص.
لكنَّنا نحتاج عندئذٍ إلى قطعها فقط!
حسناً، ولكن المنحنى يصبح حينها قطعةً فقط، ولايعود مغلقاً.
إذا أخذتُ دائرةً على سبيل المثال، هل يمكنني تقليصها بهذا الشَّكل وفقاً لتلك الفكرة؟ أم لا؟
لا، لايجري الأمر هكذا لأنَّها لم تعد تمتد على ذاتها؛ بل تتطور خارج المكان الذي كانت تشغله في البداية.
وبالتالي فإن الدائرة غير قابلةٍ للتقلُّص، ونفس الشيء ينطبق على المنحنيات المغلقة، سواء كانت مستويةً أم لا.
ومع ذلك، فإن القرص، وهو قطعة مسطَّحةٌ، قابلٌ للتقلّص.

(*) للمزيد انظر "نظرةٌ نحو إقليدس"

(*) أجسامٌ تتشكل بتدوير منحنٍ مغلقٍ حول خطٍ يقع في نفس المستوى ولكن لا يتقاطع مع المنحني

التَّفكك الخليويُّ



يمكن تفكيك "السَّطح الكرويِّ" إلى قبَّتين وقطعة مغلقةٍ بواسطة نقطةٍ.
هل هو حجمٌ دورانيٌّ؟ حسناً، أنا فقط بحاجةٍ إلى قطعِه بقرصٍ.
وبالنسبة إلى "السَّطح الدَّورانيّ"، أقطعة بدائرةٍ تمَّ قطعها بدورها عند نقطةٍ.
وبهذه الطَّريقة سوف يتفكك القَطع الدَّورانيُّ كدائرةٍ.
والتي سوف تحتاج بدورها إلى التفكيك إلى قطعةٍ ونقطةٍ.
ها هو حلٌّ آخر يتمثَّل في نقطةٍ واحدةٍ وقطعتين ووجهٍ واحدٍ، حيث تكون جميع العناصر قابلةً للتقلُّص.
حسناً، ولكن ماذا نستفيد من كلِّ ذلك؟
A
من الواضح أنَّه يساعدنا في فهم العالم.

خاصيَّة

أويلر- بوانكاريه

(*) والتي تتوسع على الفور إلى عددٍ من الأبعاد أعلى من ثلاثة (وهو مجموعٌ بديلٌ).


أصغوا الآن بانتباه: إنَّ العدد المميَّز "س" مستقلٌّ في وضعيَّة التفكيك (في الخلايا القابلة للتَّقلُّص)!!
على سبيل المثال، تمَّ قطع هذا المنحني المغلق إلى ثمانية قطعٍ متَّصلةٍ بثمانية نقاطٍ، ولكنَّ عدده المميَّز لايزال صفراً.
إنَّه كذلك بالتَّأكيد.
دعونا نتأمَّل هذا التفكيك للكرة: 4 قممٍ، 6 قطعٍ، 4 وجوهٍ، وبالتَّالي لدينا س=4-6+4=2
وهنا 8 قممٍ، 12 قطعةٍ، 6 وجوهٍ، وبالتَّالي س=8-12+6=2
يمكنك المحاولة بأي طريقةٍ تريدها، وسوف ينتج العدد 2 في النهاية.
شيءٌ مذهلٌ.
إنجازٌ رائعٌ.

إليكم نظريةً مفيدةً: إذا كان الجسم ناتجاً عن اتحاد جسمين، فإن عدده المميِّز هو مجموع عددي الجسمين اللذين يُشكِّلانه.

الإدارة

(*) الرَّغيف الفرنسيُّ (فوغاس): خبزٌ أساسه الزَّيتون يُصنع في جنوب فرنسا.


أبداً، فالسُّطوح المماثلة لشكل الرَّغيف الفرنسيِّ لايمكن أن تتقلص كالقرص بوجود "ن" من الفتحات فيها. فكِّر بالمزيد من التعقُّل.
أووف. الآن انتبهتُ
يمكننا الانتقال من السَّطح الكرويِّ (ذو العدد المميَّز 2) إلى السَّطح الدَّورانيِّ (ذو العدد المميِّز 0) بإضافة معاملٍ، أي أنَّ المعامل يُنقِص العدد المميِّز للسطح بمقدار وحدتين.
وبالتَّالي فإنَّ العدد المميَّز للسُّطوح المماثلة لشكل الرَّغيف الفرنسيِّ يساوي 2 ناقصاً ضعفي عدد الفتحات.
إنَّ سطح قطعةٍ من جبنة غروبير، الذي يحوي "ن" فتحةً، يتكوَّن من سطوح كرويَّةٍ عددها "ن" زائد السَّطح الخارجيِّ للكرة. وبالتَّال فإنَّ العدد الميِّز هو: س=2(1+ن)
أي أنَّه لإنشاء حجمً مماثلٍ لجبنة غروبير علينا أن نبدأ بكرة كاملةٍ (س=-1)، ثمَّ نزيل ن التي تمثِّل الكرة – الحجم + الكرة – السَّطح (س+2-1=1) وهكذا فإنَّ العدد المميَّز للحجم المماثلٍ لجبنة غروبير يساوي –(1+ن)
نعم، ولكنَّك لا تعتقد بالتأكيد أنَّك ستعالج أموندسن المسكين من صدمته الجيوعصبيَّة بهذا النَّوع من الكلام الفارغ.

العالَم الذي نعيش فيه

(*) للمزيد انظر "الانفجار العظيم"، وأيضاً "أنماط فريدمان" في الصَّفحة 64


وهكذا فإنَّ خاصيَّة أويلر - بوانكاريه ساعدتنا على إضفاء شيءٍ من النِّظام وسط غابة الأجسام الهندسيَّة.
وبالتَّالي فإن نهاية الأسطوانة متطابقةٌ طبولوجياً مع قرصٍ يحوي فتحةً داخله، وعدده المميَّز قيمته صفر.
ولكن ما رأيك في هذا الجسم؟
إنَّه شريط موبيوس أحاديُّ الجانب. وطالما أنَّه لايمكننا تحديد وجهٍ أو ظهرٍ له فإنَّنا ندعوه "غير قابلٍ للتَّوجيه".
وفي الواقع فإنَّ شريطٍ ذو عددٍ فرديٍّ من أنصاف الدَّورات هو شريط موبيوس وغير قابلٍ للتَّوجيه. ولكن هذين الشريطين يبدوان مختلفين نوعاً ما ...

(*) للمزيد انظر "نظرةٌ نحو إقليدس"، الصَّفحة 59

الطَّرف على الطَّرف

(*) يتمّ الحصول على الأجسام المتبدّلة من صدَفَة الهوموموليس.

إذا قمنا بتشكيل جسمٍ تبادليٍّ على سطح صدَفةٍ فإنَّها تبدأ في النُّمو، وفق حافّتها، وتنحو إلى تشكيل سطحٍ مغلقٍ، ولكن تسمح لهذا السَّطح بالعبور خلالَ ذاته؟
!
اختفت الحافَّة ولكن ما هذا الشيء الدَّائريُّ؟
إنَّه المنحني ذاتيُّ التَّقاطع، والذي ليس بحافَّةٍ. يمكنك التَّحقق من ذلك بواسطة قارورة كلاين هذه، حيث يتطور السَّطح باستمرارٍ في كل الأنحاء.
مقطعان متقاطعان


إنَّ عددها المميِّز هو الصِّفر لأنَّها مؤلَّفة من شريطي موبيوس (س=0) ومن سطحٍ مغلقٍ (س=0). وليس من السَّهل علينا أن نجد طريقنا حول أحدها.
وإذا وجدتَ شريط موبيوس على سطح ما، فهذا يعني بالطَّبع أنّ له جانباً واحداً.
أخبرني يا تيريسياس، ألم تتمكن من إيجاد شريط موبيوس على مكانٍ ما من قوقعتك؟
إيه ..!
لا تبدآ أنتما الاثنان.
إنَّه سطحٌ غريب كليَّاً بكافة الجوانب.
لقد لامسنا حتى الآن فقط الأسطح التي لا تقطع بعضها البعض في حالتها الطبيعيَّة، مثل الكرة. أما الأسطح التي تقطع بعضها البعض في عالمنا فندعوها "الأجسام الغامرة".
الأجسام الغامرة؟

الأسطح الغاطسة والأسطح الغامرة

(*) الغطس هو حالة خاصة من الغمر

I
II
III
يمكنني، عبر إعادة التَّشكيل المنتظم (دون خطوط مكسورة) في المستوي، أن أنتقل من المنحنى الأول إلى المنحنى الثَّالث. ومن خلال ذلك يكون لدينا الدَّوران الكليُّ للسَّهم (360 درجة) عند عبور كل منحنى.
إنَّها "توافقيَّةٌ منتظمةٌ" في المستوي. وهي تبقي عدد دورانات السَّهم مماسةً للمنحني.
حسناً، لقد جرَّبتُ كلَّ شيءٍ ولكنَّني لا أستطيع تغيير هذه الثَّمانية إلى دائرة.
هذا أمرٌ طبيعيٌ. فالسَّهم لا يقوم بنفس عدد مرَّات الدَّوران. فالمجموع الجبريُّ عند "الثَّمانية" قيمته صفر.
انطلاقاً من هذه القاعدة الخاصَّة بإعادة تشكيل المنحنيات المغلقة في سطحٍ ما (الاستمرارية، الانتظام)، فإنَّ بعض الأشياء ممكنةٌ وبعضها الآخر مستحيلٌ دوماً.
الأمر ليس بتلك البساطة!

يعتمد ذلك على الحيِّز المكانيِّ المستخدم لتمثيل الكائن. لننظر إلى هذا المنحنى على سبيل المثال. لا توجد وسيلةٌ للتَّخلص من النقطتين المزدوجتين على المستوي.
ولكن على "الكرة" ...
لذا فإن بعض الأشياء التي تبدو مستحيلةً في مثل هذا المكان التَّمثيليِّ (المستوي في هذه الحالة) تصبح ممكنةً عند تغيير هذا المكان، وفق طوبولوجيا مختلفة. والعكس بالعكس.
يتم التراجع عن الانحناء بسهولةٍ في هذا المستوى، ولكن لا يمكنك القيام بذلك إذا تمَّ تمثيله على جسمٍ دورانيٍّ.
ولكنَّها، في الزَّمكان الذي نعرفه، أشياءٌ ممكنةٌ بالتَّأكيد أو مستحيلةٌ بالتَّأكيد، أليس كذلك يا تيريسياس؟
إنَّه أمرٌ مثيرٌ للقلق ...


هل تعرف طوبولوجيا الزَّمكان الذي نعيش فيه؟
ممم ... لا
نحن نعيش ضمن الأشياء الظَّاهرة فقط ... وحتى ...
إنَّ نقاط تقاطع المنحنى المغلق تُرفَع فقط من خلال حالة تمثيلها على السَّطح. فالصُّورة ثنائيَّة الأبعاد هي مجرد إسقاط.
في الأساس هناك كائنٌ واحدٌ فقط في كلِّ هذا: المنحنى المغلق عديم الأبعاد.
لاتقطع قارورة كلاين عبر ذاتها أبداً في المكان الممثَّل بأربعة أبعاد.
لذا أستطيع عن طريق تغيير المكان التَّمثيلي أن أفعل أيَّ شيءٍ. هل أستطيع تغيير قارورة كلاين إلى كرةٍ على سبيل المثال؟
لا، فهناك خاصيَّات تبقى "**مستقلَّةً عن المكان التَّمثيليِّ**".

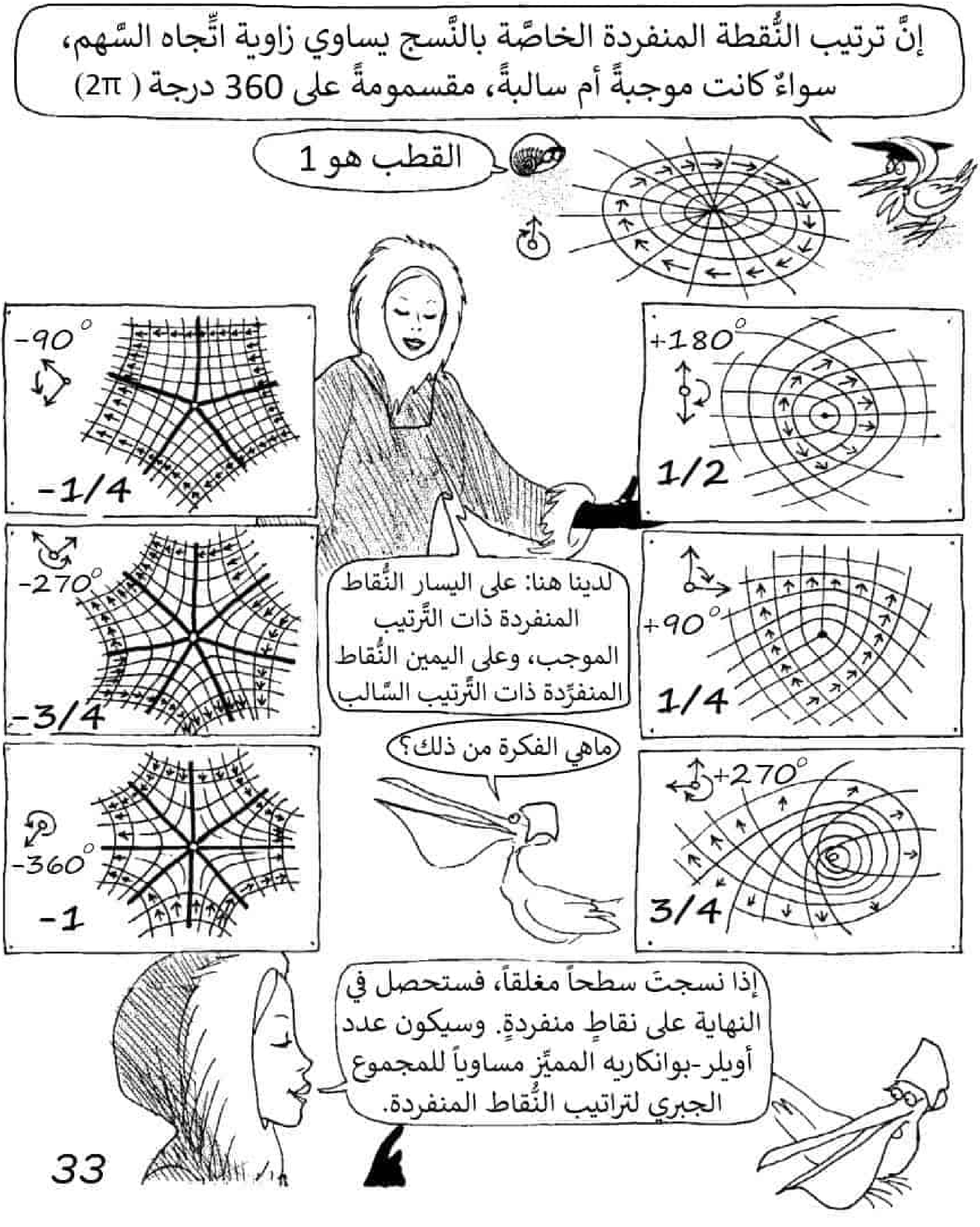
الطوبولوجيا (أو علم البنية الهيكليَّة)

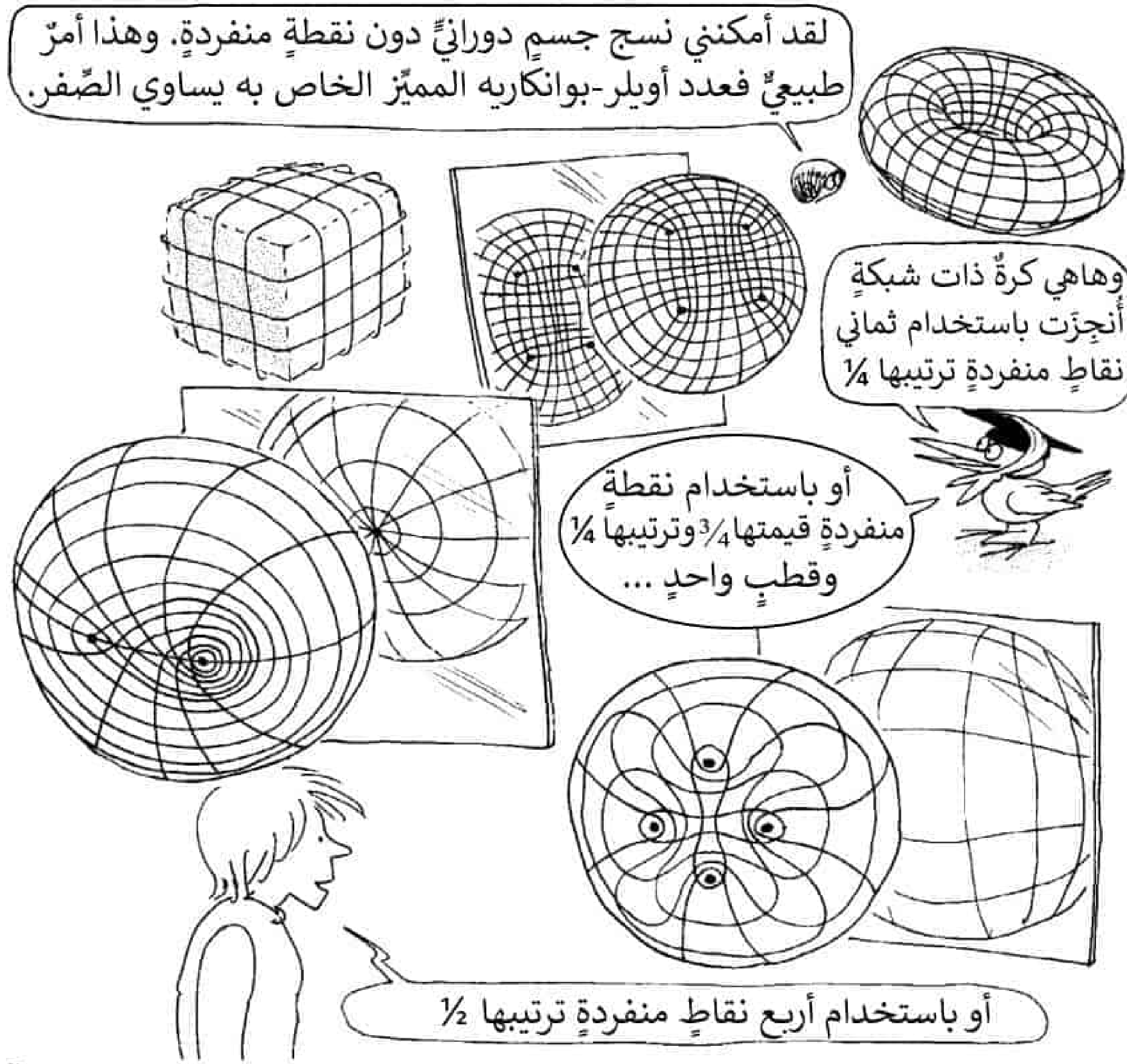
نسجُ السِّلال

لقد وجدتُ طريقةً جيّدةً أخرى لتمثيل الأسطح: نسج السِّلال.
حسناً من الواضح أنَّ هذه أسطوانةٌ.
وجسمٌ دورانيٌّ
قارورة كلاين
ممم، ليس من السَّهل إنشاء كرةٍ.
بالنسبة إلى الكرة عليك تقديم قطبين.
لكنني لا أفهم ذلك؛ إذ لم أكن بحاجةٍ إليهما من أجل الأجسام الدَّورانيَّة أو قارورة كلاين.
إنَّ عدد أويلر – بوانكاريه المميَّز يعطيك عدد الأقطاب التي تلزمك لتنسج سطحك. وقيمته في حالة الأجسام الدَّورانيَّة أو قارورة كلاين هي الصِّفر. أمَّا قيمته في حالة الكرة فهي 2.

(*) للمزيد انظر **"الانفجار العظيم"**

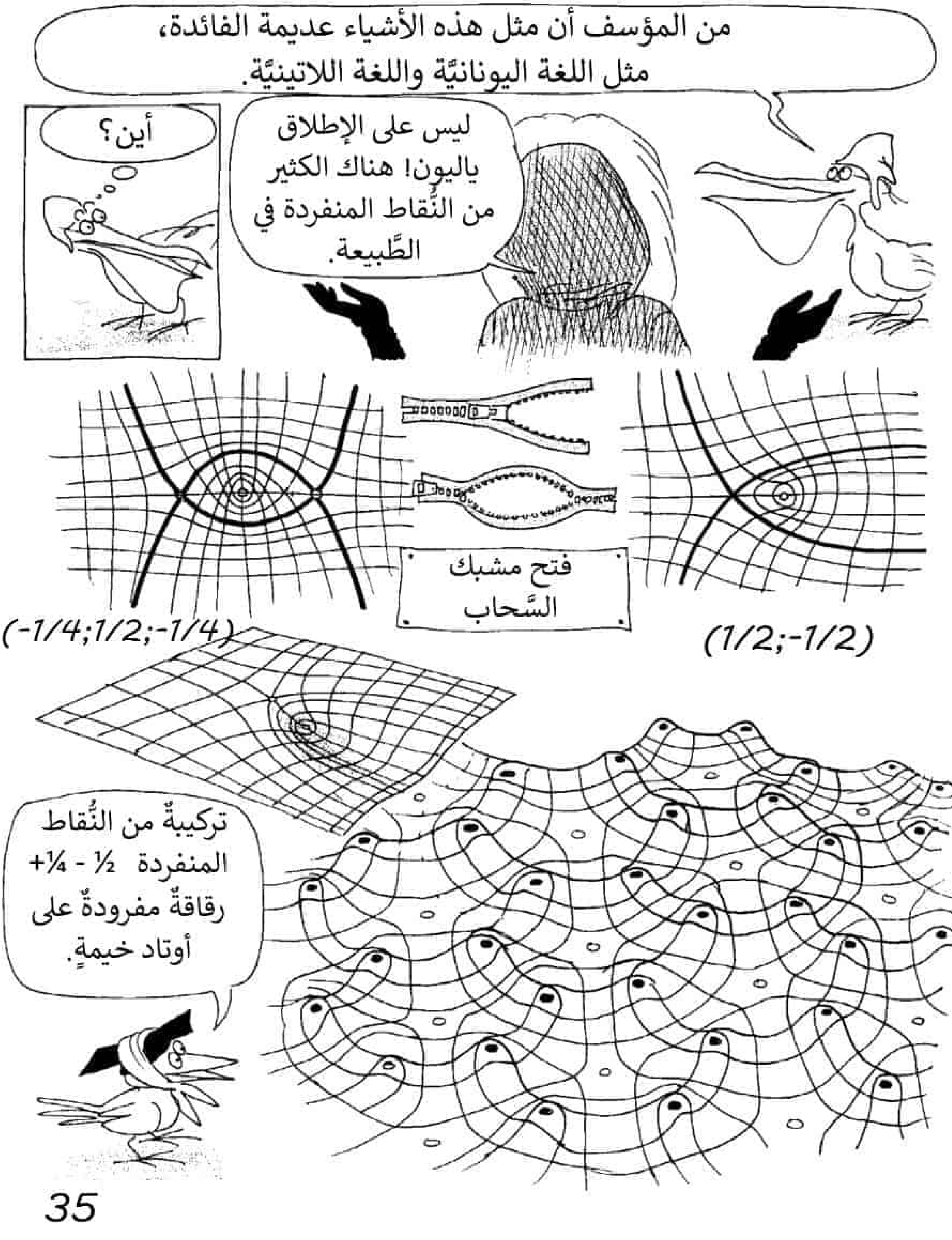
النُّقاط المنفردة





ملاحظة:

أولئك الذين قرأوا القصَّة المصوَّرة "الانفجار العظيم"، الصَّفحات من 14 إلى 36، لابدَّ أنَّهم لاحظوا التشابه بين رسوم النُّقاط المنفردة الشَّبكيَّة وبين الرسوم الخاصَّة بالمخاريط الموجبة والمخاريط السَّالبة والمنحني. إنَّ كافَّة هذه الأفكار وبشكلٍ أساسيٍّ الزَّاويَّة مرتبطةٌ ارتباطاً وثيقاً بالانحناء الكليِّ للسطح، ممثَّلاً في مكاننا ثلاثيِّ الأبعاد، والذي يساوي تماماً عدد أويلر- بوانكاريه المميِّز مضروباً بـ 360 درجة أو 2π

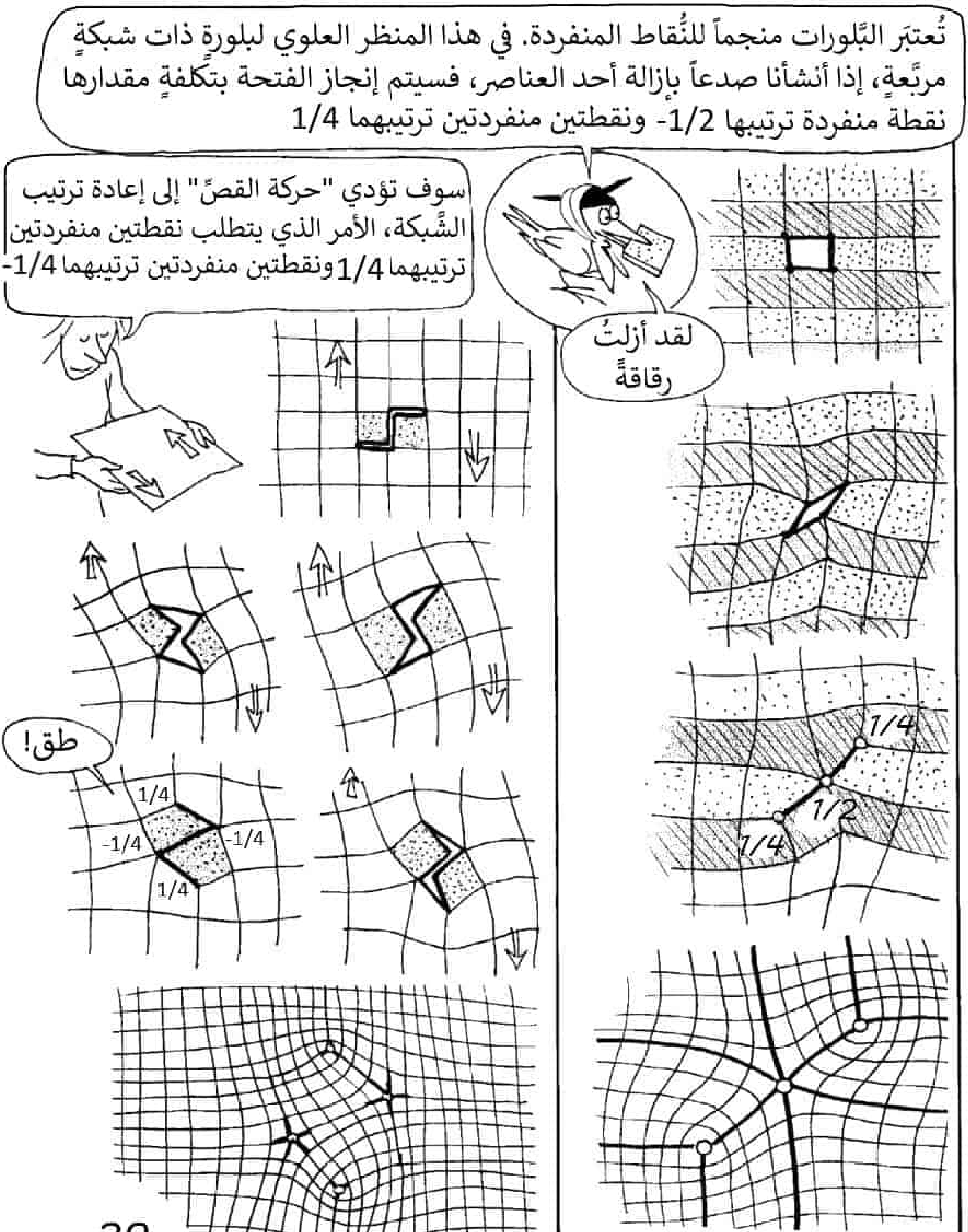


من المؤسف أن مثل هذه الأشياء عديمة الفائدة، مثل اللغة اليونانيَّة واللغة اللاتينيَّة.
ليس على الإطلاق ياليون! هناك الكثير من النِّقاط المنفردة في الطَّبيعة.
أين؟
فتح مشبك السَّحاب
(-1/4;1/2;-1/4)
(1/2;-1/2)
تركيبةٌ من النُّقاط المنفردة ½ - ¼+ رقاقةٌ مفرودةٌ على أوتاد خيمةٍ.


مجالات مغناطيسيَّة
وماذا تفعل الآن؟
يُنتج هذا النِّظام مجالاً مغناطيسيّاً موحَّداً، تكون خطوطه وحقوله عبارةً عن خطوطٍ مستقيمةٍ متوازيةٍ بسيطةٍ.
ولكن إذا وضعتُ ملفّاً ضمن هذا المجال، فسيؤدي ذلك إلى إنشاء حقلٍ آخر في وسطه ويتّجه نحو الطرف المعاكس.
اتصال!
هنا ضعُفَ المجال في المركز فقط.
أووه! لقد جعلتَ القطبين يظهران (يمكن رؤية آثار الملف اللولبيّ من الأمام في الشكل 1) بالإضافة إلى نقطتين منفردتين ترتيبهما -1. فيكون المجموع صفراً. وتظهر النُّقاط المنفردة السَّلبية حيث يتم إلغاء المجال "ب".
-7


يمتلك النِّظام في الواقع تناظراً في الدَّوران، وقد حصلنا على نموذجٍ لشبكةٍ ذات خطوطٍ من النُّقاط المنفردة.
سأقوم الآن بزيادة التَّيار لإلغاء قيمة المجال المغناطيسيِّ في مركز الملف اللولبيِّ.
!!!
-2
إنَّ النُقطتين من المجال الصِّفريّ، واللتين يمكن رؤيتهما من الأمام في الرسم، قد اجتمعتا في نقطةٍ واحدةٍ ترتيبها -2 (وهذا مثالٌ على التقاء النُّقاط المنفردة)
نعم، هذا ممتعٌ. هل نقوم بدفع المجال أبعد من ذلك؟
قد يكون الأمر مجازفةً، وقد يصبح خطِراً.


ما الذي تخشاه يا ليون؟ تعتقد أنَّنا نخلق تغييرات لايمكن التَّراجع عنها في الزَّمكان؟ إنها لاتتجاوز 100 غاوس في النِّهاية ياعزيزي.
أصبح لديه تركيزٌ حقيقيٌّ على الحقول المغناطيسيَّة منذ مغامرة "حاجز الصَّمت".
رائع
لقد انعكس المجال المغناطيسيُّ في مركز الملفِّ. وتضاعفت نقطته المنفردة إلى نقطتين ترتيبهما -1. وبالتَّالي أنشأنا دوَّامةً مغناطيسيَّةً بواسطة الهندسة الحلقيَّة.
وهكذا فإنَّك تصادف الشَّبكات والنُّقاط المنفردة عند كل مفترق طرقٍ في علم الفيزياء.



تُعتبَر البَّلورات منجماً للنُّقاط المنفردة. في هذا المنظر العلوي لبلورةٍ ذات شبكةٍ مربَّعةٍ، إذا أنشأنا صدعاً بإزالة أحد العناصر، فسيتم إنجاز الفتحة بتكلفةٍ مقدارها نقطة منفردة ترتيبها 1/2- ونقطتين منفردتين ترتيبهما 1/4
لقد أزلتُ رقاقةً
1/4
1/2
1/4
سوف تؤدي "حركة القصّ" إلى إعادة ترتيب الشَّبكة، الأمر الذي يتطلب نقطتين منفردتين ترتيبهما 1/4 ونقطتين منفردتين ترتيبهما 1/4-
طق!
1/4
-1/4
-1/4
1/4

(*) تشير كلمة "شبكة" إلى الأجسام ذات البعدين.
ويعادل "الرَّصف" عدداً أعلى من الأبعاد.

سوف يتمُّ توضيح كلِّ الأفكار القادمة
من خلال رسومٍ تعبيريَّةٍ، موسومةٍ
بالأحرف أ، ب، ج، د

الإدارة

سطح "بوي"

A

تحوُّل شريط موبيوس
إلى "سطح بوي" ..
(نسبةً إلى العالِم ورنر بوي)

B

الشَّيء ذاته:
تركيبةٌ من حافَّة
المنحنيات
والتَّقاطعات الذَّاتيَّة

C

إنشاء اقترانٍ من
النُّقاط الكائنة في
الطَّرف المقابل

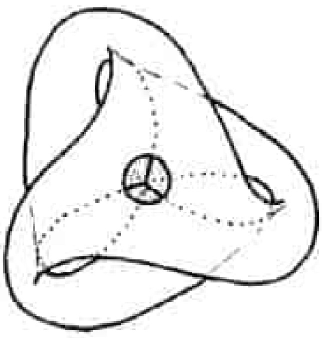
D

انعكاسٌ واضحٌ
للزَّمن

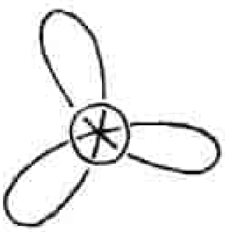
إنَّ قيمة العدد المميِّز لشريط موبيوس هي الصِّفر. وكان بإمكاني أن أحيكه على طول منحنٍ مغلقٍ ذو عددٍ مميِّزٍ قيمته صفرٌ أيضاً، والقرص البسيط مثالٌ على ذلك ..
س=1
س=0
س=0
سوف تمتلك هذه التَّجميعة خاصيَّةً موحَّدَةً، وسوف تكون عبارةً عن سطحٍ أحاديٍّ مغلقٍ. ولكن لماذا لانستخدم سطحاً غامراً بدلاً من لصقها؟
المتبدلات
يمكن مشاهدة تسلسل تحويل شريط موبيوس إلى سطح "بوي" في الشَّكل أ والشَّكل ب وها هو الجسم النَّهائيُّ:
وتلك هي السُّطوح "الموازية" لسطح "بوي". وهي أيضاً تطوُّر "حافَّة" شريط موبيوس المقابل للتَّتابع أ
القطب
الشَّريط الاستوائيُّ
نوعٌ ممتعٌ من التَّوازيات ..

كان المؤلِّف هو من تخيَّل أوَّل نموذج لسطح "بوي" مع تجميعةٍ من "خطوط الطُّول" و "الموازيات". ثمَّ قام النَّحات "ماكس سوز" بصنع نموذجٍ فنيٍّ يُمكن الاطِّلاع عليه في الغرفة "π" في قصر الاكتشافات في مدينة باريس. **الإدارة**


لقد انتقلنا طويلاً على أحد هذه الشَّرائط، تاركين "القطب الشَّماليَّ" للبحث عن "القطب الجنوبيِّ".
وعُدنا بالطَّبع إلى سارية "بيري".
لكن مادمنا انتقلنا على طول سطح "بوي"، فكيف جرى أنَّنا لم نكتشف مناطق ذاتيَّة التَّقاطع؟
تذكَّروا أن هذه الصُّورة عن التَّقاطع الذَّاتيِّ هي مجرَّد أثرٍ ناتجٍ عن "غمر" سطح "بوي" داخل المكان التَّمثيليِّ ثلاثيِّ الأبعاد. وفي الواقع فإنَّ سطح "بوي" وقارورة "كلاين" يوجدان كأجسامٍ ثنائيَّة الأبعاد بمعزلٍ عن المكان الذي يتمُّ تمثيلهما فيه.
وإليكم طريقةً جيِّدةً لنسيان فكرة التَّقاطع الذَّاتيِّ.



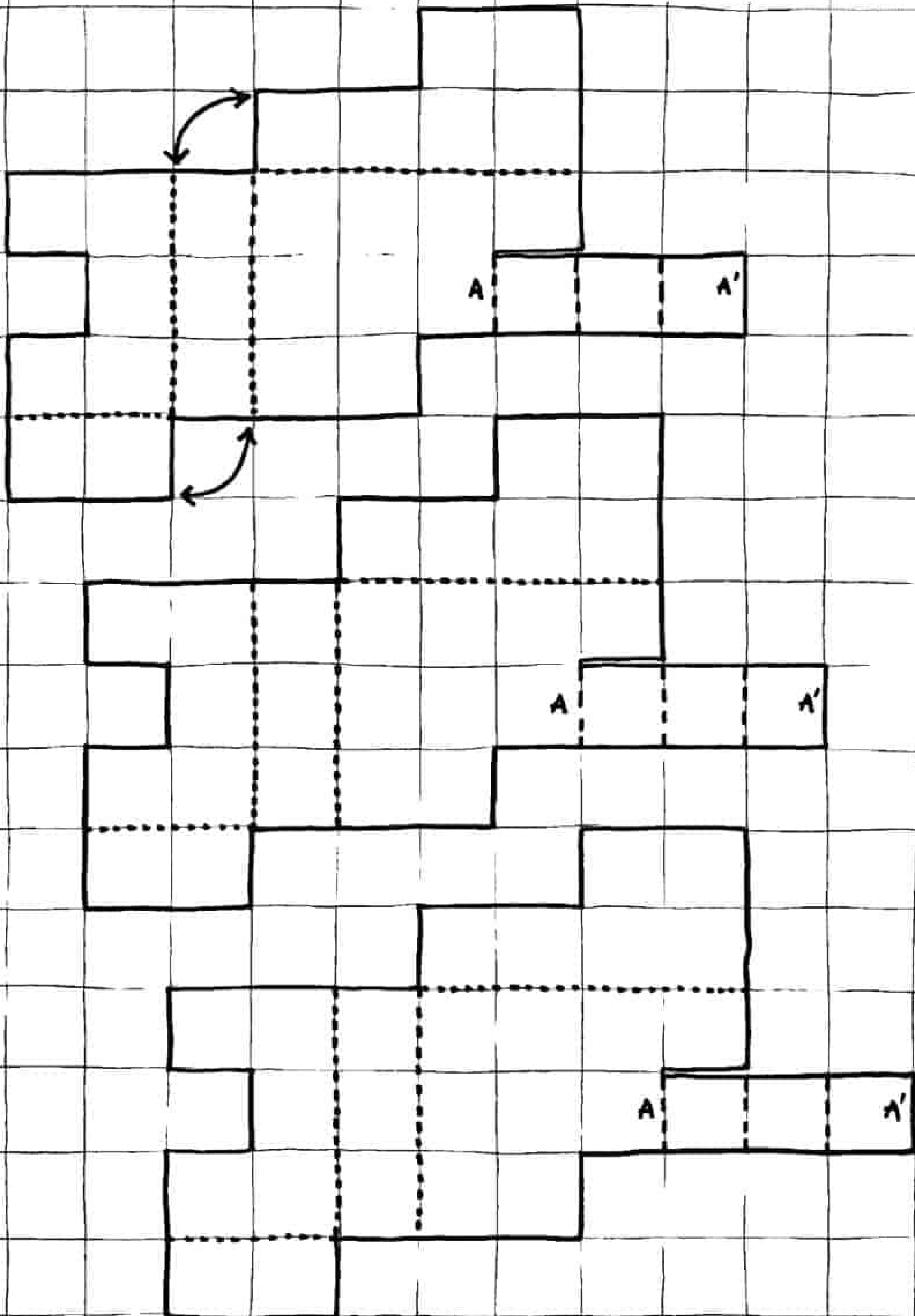
شريط موبيوس
ذو حافَّةٍ دائريَّةٍ

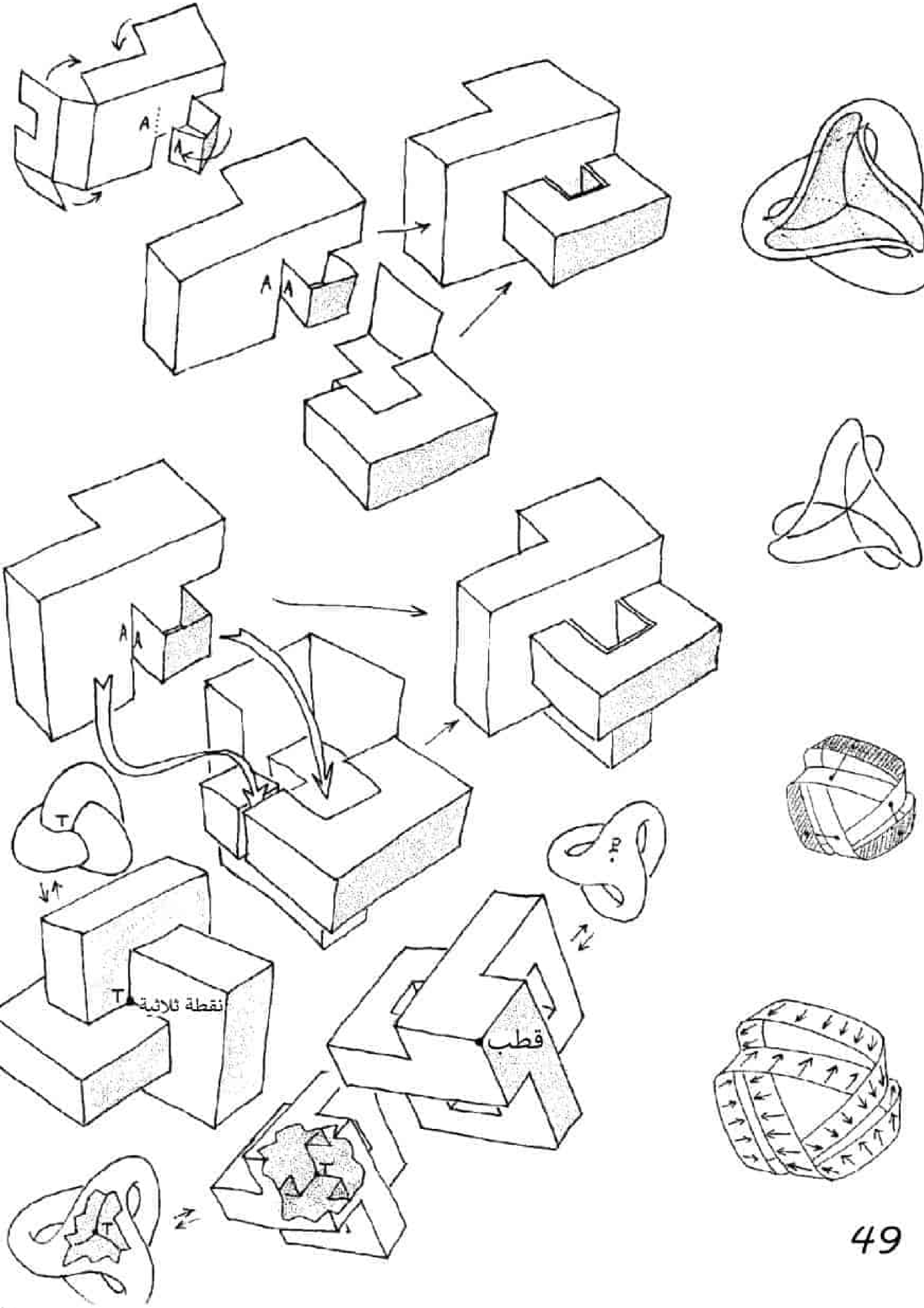


مكعّب "بوي"

هل تواجه مشكلةً في فهم بُنيته الهيكليَّة؟
تلك هي المشكلة؟ ممم .. نعم .. لابدَّ أنَّها كذلك.
انتظر ياليون ، لقد عثرت على شيءٍ سوف يساعدك.
انظر يا ليون، سواءٌ كان كرةً أم مكعَّباً فإنَّه الشَّيء ذاته. البنية الهيكليَّة (الطُّوبولوجيا) ذاتها، وعدد أويلر – بوانكاريه ذاته، والانحناء الإجماليُّ ذاته.
ممم .. حسناً
وهذا جسمٌ دورانيٌّ.
هل هذا مكعَّب كلاين إذن؟
بالضَّبط


قطب
وها هو مكعَّب "بوي"
الحاصل على براءة
اختراع باسم أرشيبالد.
مؤلَّفٌ من 28 رأساً و43
حرفاً و 16 وجهاً
س=28-43+16=1
يمكن عمل نماذج جميلة
باستخدام رفوف
"رينولدز"، وهي قطعٌ من
اللدائن القشريَّة على شكل
أنابيب مربَّعةٍ وزوايا.
وتجدون في الصَّفحات
التَّالية رسوماً يمكن قصُّها
لتصنعوا منها "مكعَّبات
بوي" خاصةً بكم.

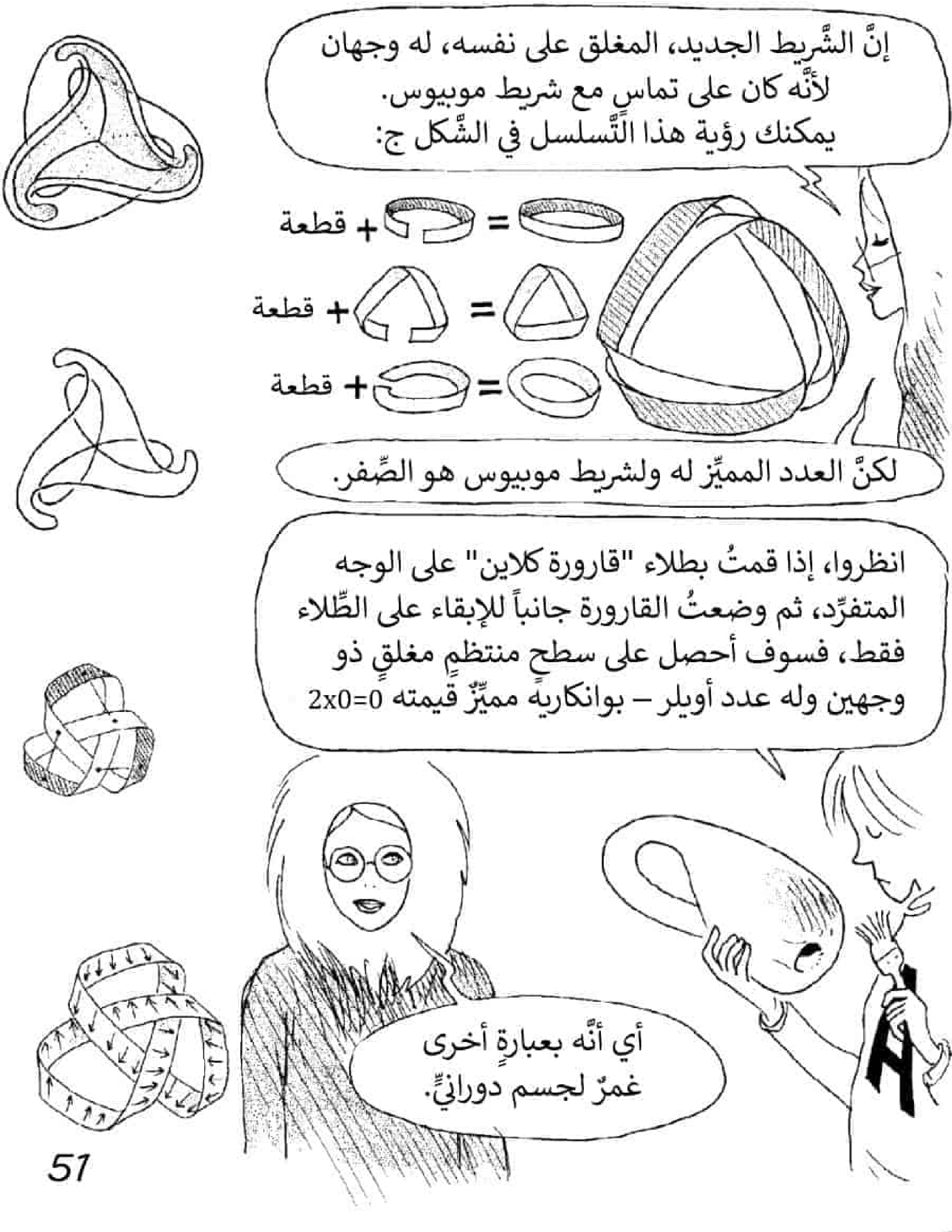

A
A'
A
A'
A
A'



A
A
A
A
A
A
T
نقطة ثلاثية T
قطب
P
T
T

الأغطية

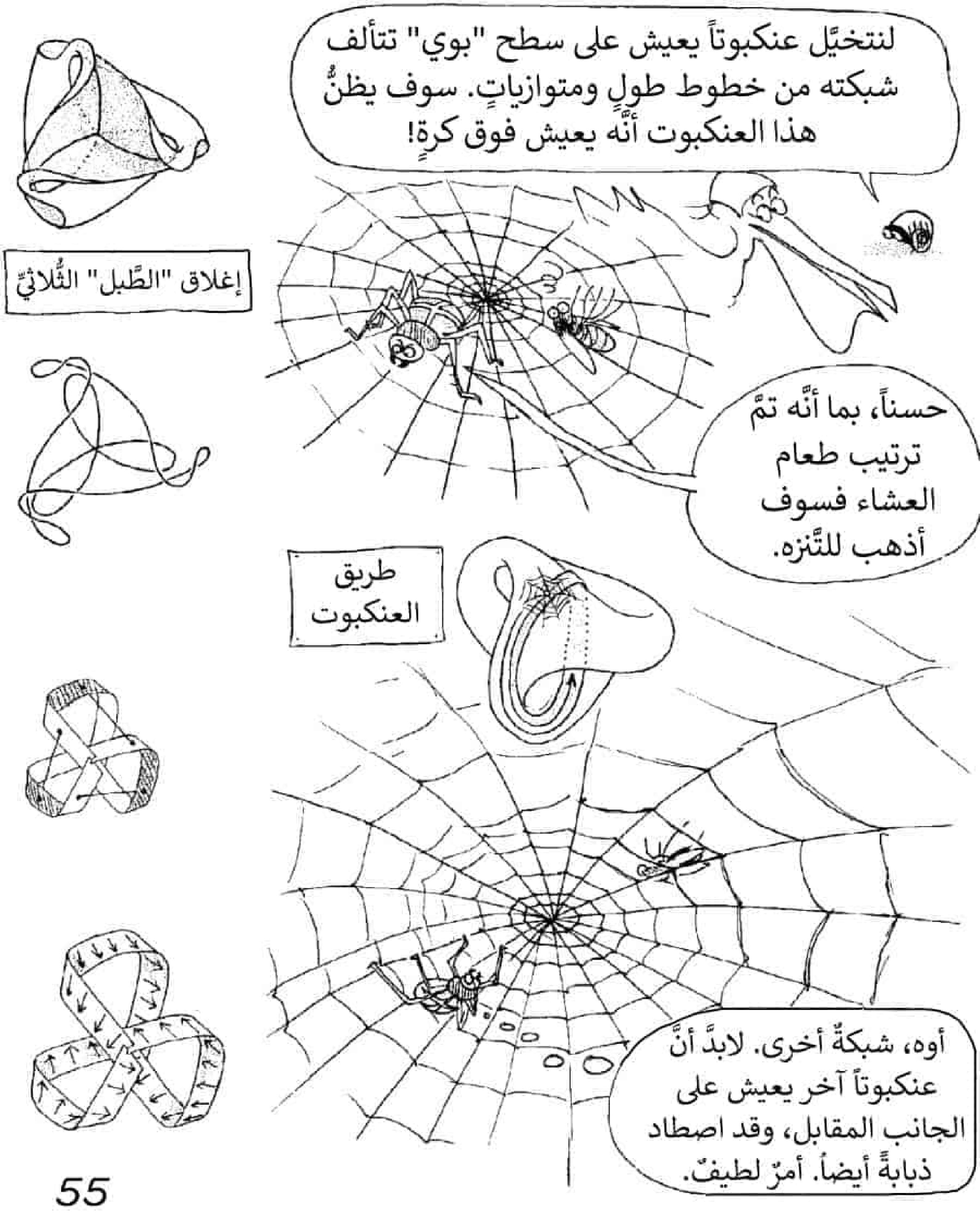

هذه هي نهاية
القصّة إذن؟
لا، هناك مفاجأةٌ
غير متوقَّعةٍ ...
إنَّ **الغطاء ذو الطَّبقتين** للجسم
الأحاديِّ غير القابل للتَّوجيه
يكون ثنائيّاً وقابلاً للتَّوجيه وله
عددٌ مميِّزٌ مضاعف.
ما هذا الهراء كله؟
الأمر بسيطٌ. خذ شريط موبيوس
وقم بتغطيته بالطِّلاء على جانبه
المتفرِّد، ثمّ ضع الشَّريط جانباً ...
... وأبقِ الطِّلاء فقط.

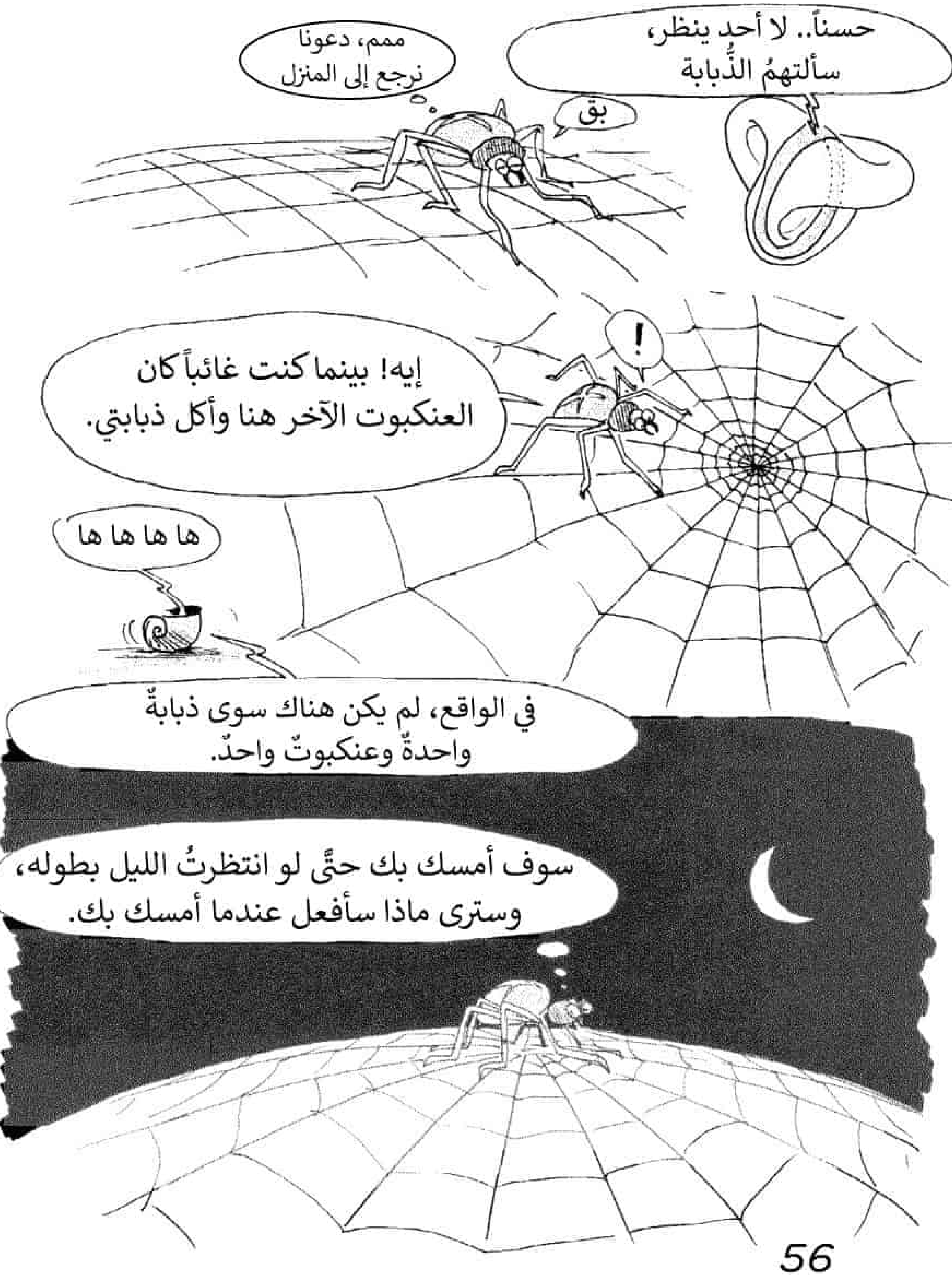

إنَّ الشَّريط الجديد، المغلق على نفسه، له وجهان لأنَّه كان على تماسٍ مع شريط موبيوس. يمكنك رؤية هذا التَّسلسل في الشَّكل ج:
قطعة
قطعة
قطعة
لكنَّ العدد المميِّز له ولشريط موبيوس هو الصِّفر.
انظروا، إذا قمتُ بطلاء "قارورة كلاين" على الوجه المتفرِّد، ثم وضعتُ القارورة جانباً للإبقاء على الطِّلاء فقط، فسوف أحصل على سطحٍ منتظمٍ مغلقٍ ذو وجهين وله عدد أويلر – بوانكاريه مميِّزٌ قيمته 2x0=0
أي أنَّه بعبارةٍ أخرى غمرٌ لجسم دورانيٍّ.

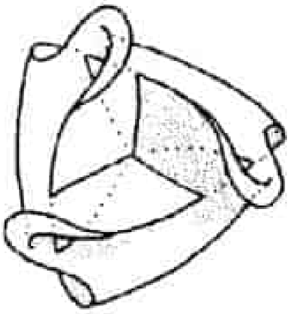

أين أنتَ
يا تيريسياس؟
هنا
وبنفس الطَّريقة إذا أخذتُ "سطح بوي" وغطَّيتهُ بالطِّلاء ثمَّ أزحتُ سطح بوي، فسوف أحصل على سطحٍ منتظمٍ مغلقٍ ذو وجهين له عدد أويلر – بوانكاريه مميِّزٌ قيمته
2x1=2
A
... وبعبارةٍ أخرى،
غمرٌ للكرة


هل يمكنني حقاً «فَردُ» هذه الكرة الغريبة وتحويلها إلى كرةٍ «عاديَّةٍ»؟
لاتوجد مشكلةٌ بالنِّسبة لأيِّ "جسمٍ متبدِّلٍ"، ونفس الشَّيء بالنِّسبة لأيِّ جسمٍ دورانيٍّ.
دعونا نذهب في الاتِّجاه المعاكس .. لنفترض أنني أريد أن "أعيد طيَّ" كرةٍ دون أيِّ طيَّاتٍ.
النَّتيجة شرائط متقاطعةٌ
محلول التَّقلُّص
أنتَ بحاجةٍ إلى بعضٍ من "محلول التَّقلُّص"

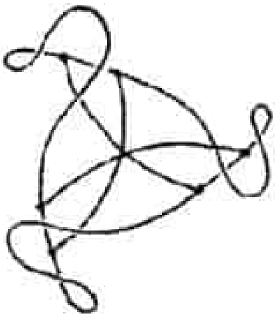

نبدأ العمل بوصل كلِّ نقطةٍ من الكرة مع النُّقطة المقابلة لها باستخدام شرائط منقوعةٍ في محلول التَّقلُّص.
تنكمش هذه السَّلاسل إلى حدٍّ يبلغ فيه طولها الصِّفر بينما يظلُّ سطح الكرة ثابتاً. فنقوم بتوصيل كلِّ نقطةٍ مع النُّقطة المقابلة لها.
ولكنَّكم سترون ذلك كلَّه في قصَّةٍ مصوَّرةٍ أخرى، مكرَّسةٍ لقلب داخل الكرة خارجاً. وفي هذه الأثناء فإنَّ سلسلة الصُّور في الشَّريط "ج" تُظهِر كيف ينطوي خط استواء الكرة على ذاته ليصبح خط استواء "سطح بوي". وبالتَّالي فإنَّه من الواضح أنَّ القطب الشَّماليَّ يغرز نفسه إلى جوار القطب الجنوبيِّ.
الإدارة
تغطِّي جميع خطوط الطُّول والموازيات على الكرة بعضها البعض.

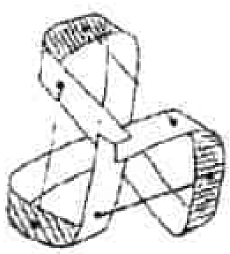

لنتخيَّل عنكبوتاً يعيش على سطح "بوي" تتألف شبكته من خطوط طولٍ ومتوازياتٍ. سوف يظنُّ هذا العنكبوت أنَّه يعيش فوق كرةٍ!
إغلاق "الطَّبل" الثُّلاثيّ
حسناً، بما أنَّه تمَّ ترتيب طعام العشاء فسوف أذهب للتَّنزه.
طريق العنكبوت
أوه، شبكةٌ أخرى. لابدَّ أنَّ عنكبوتاً آخر يعيش على الجانب المقابل، وقد اصطاد ذبابةً أيضاً. أمرٌ لطيفٌ.

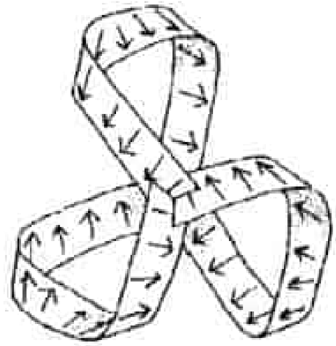

حسناً.. لا أحدٍ ينظر، سألتهمُ الذُّبابة
بق
ممم، دعونا نرجع إلى المنزل
!
إيه! بينما كنت غائباً كان العنكبوت الآخر هنا وأكل ذبابتي.
ها ها ها ها
في الواقع، لم يكن هناك سوى ذبابةٌ واحدةٌ وعنكبوتٌ واحدٌ.
سوف أمسك بك حتَّى لو انتظرتُ الليل بطوله، وسترى ماذا سأفعل عندما أمسك بك.



ظهور "الآذان"

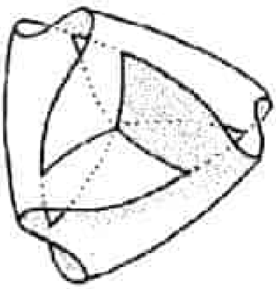


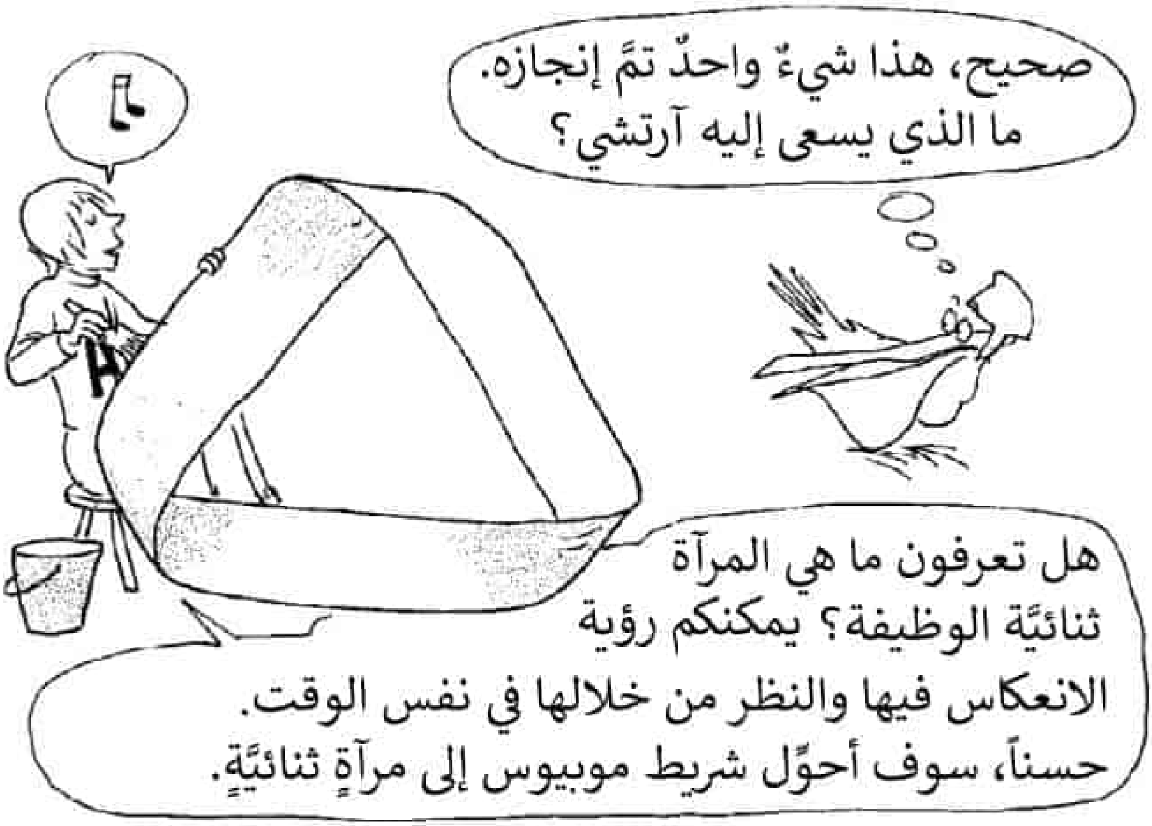


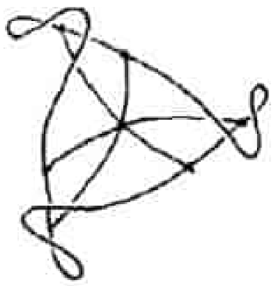



لكن قصَّة العنكبوت تجعلني أفكر في شيءٍ ما. لقد حصلنا على حلٍ لمشكلة أموندسن.
وكيف ذلك؟
لقد قمنا بترتيب كل شيءٍ يا سيِّد أموندسن، وعثرنا على قطبك الجنوبيِّ.
آه ..
يمكنك الذهاب ولكن خذ هذا معك ...
... عليك فقط أن تضعه.
لقد أعطوا "بيري" الشَّيء نفسه.
القطب الشمالي
وكل شيءٍ قام بترتيب نفسه.

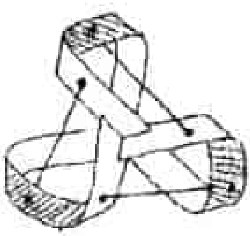

أووه، يا له من
يومٍ لطيفٍ.
الآن يبدو ذو معنى حقاً.
صورةٌ تاريخيَّةٌ
من فضلك يا
سيِّد أموندسن .
صه، أريد أن أكون لوحدي
في صورتي التاريخيَّة
القطب
الجنوبيُّ
كما في أيِّ مجالٍ آخر فإنَّك أحياناً لاينبغي أن تحفر بعيداً في العلم...
.. فكلُّ قطبٍ له موضعه والأبواب
الثَّابتة مرتكزةٌ بشكلٍ صحيحٍ.
ليس هذا فحسب، ولكن
إذا حفرنا تحت القطب
الشَّماليِّ فقد تظهر لنا
بعض المفاجآت السَّيِّئة.
وقد ينزعج شخصٌ ما موجودٌ هنا من ذلك.

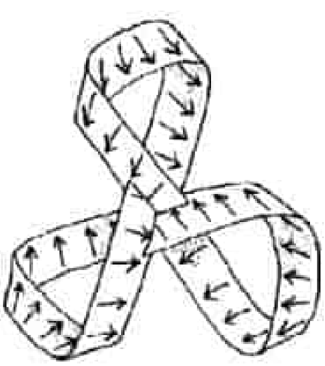




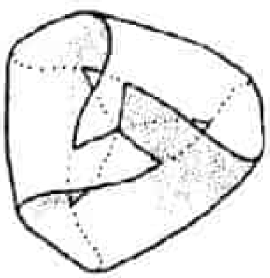


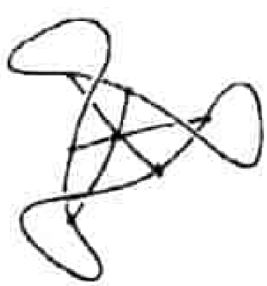
مرحلة المرآة



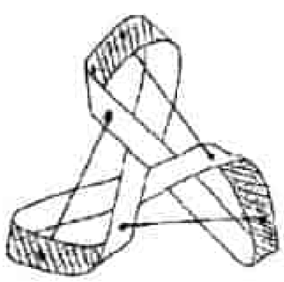


(*) يمكنك صنع مرايا مثل هذه من أيِّ قارورة "كلاين" تجدها مرميَّةً في الجوار.

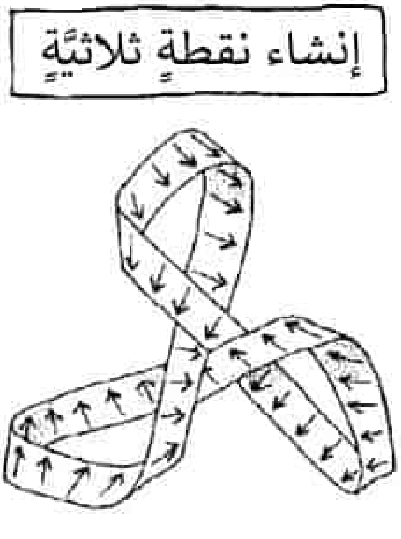




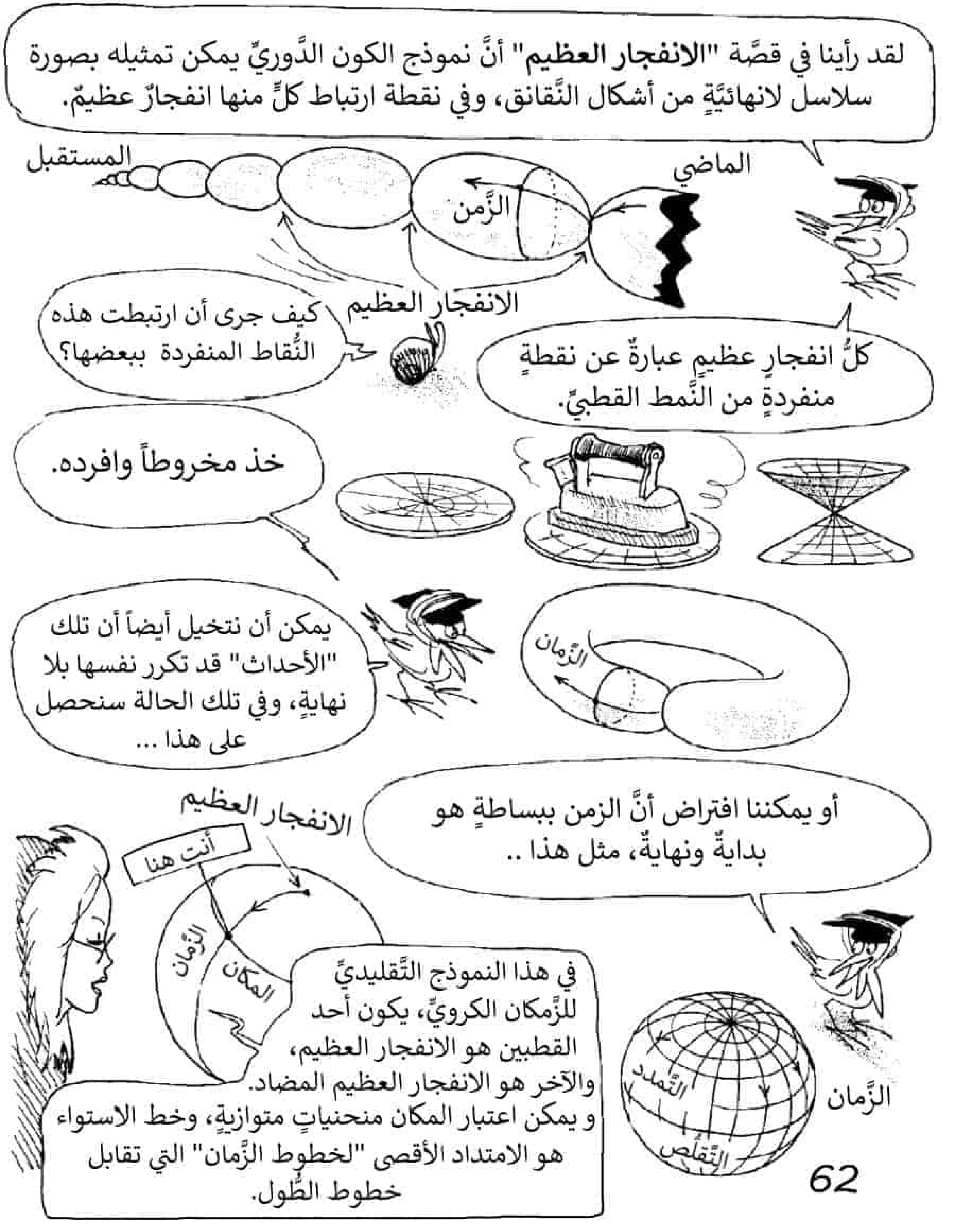
الزَّمكان يصيبه الاختلال

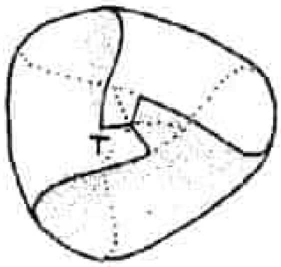


إنشاء نقطةٍ ثلاثيَّةٍ

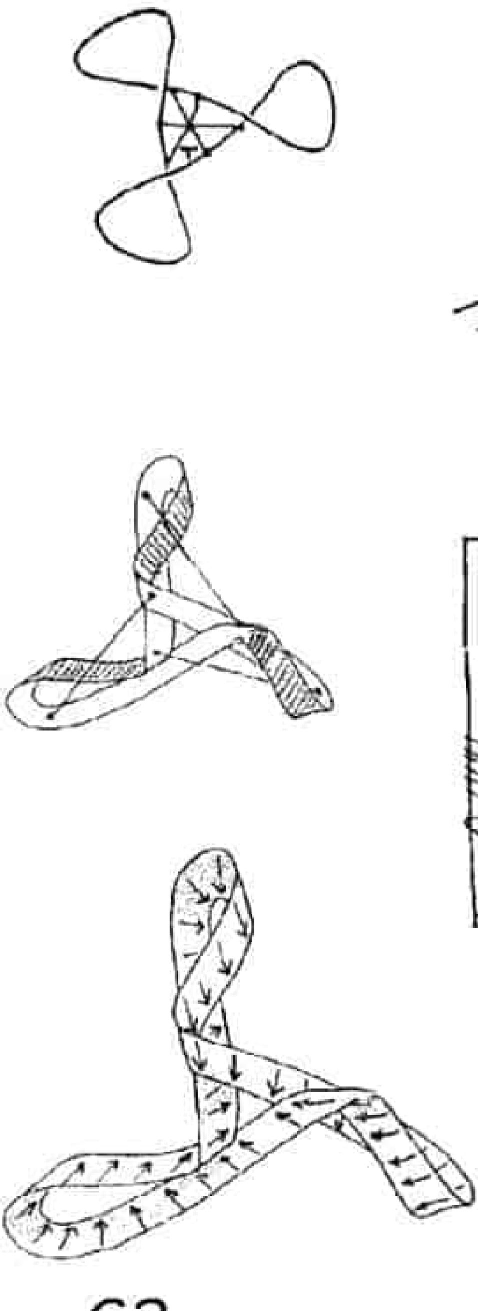


(*) لم يسبق لأحدٍ أن حاول ذلك.


لقد رأينا في قصَّة "**الانفجار العظيم**" أنَّ نموذج الكون الدَّوريِّ يمكن تمثيله بصورة سلاسل لانهائيَّةٍ من أشكال النَّقانق، وفي نقطة ارتباط كلٍّ منها انفجارٌ عظيمٌ.
الماضي
الزَّمن
المستقبل
الانفجار العظيم
كلُّ انفجارٍ عظيمٍ عبارةٌ عن نقطةٍ منفردةٍ من النَّمط القطبيِّ.
كيف جرى أن ارتبطت هذه النُّقاط المنفردة ببعضها؟
خذ مخروطاً وافرده.
يمكن أن نتخيل أيضاً أن تلك "الأحداث" قد تكرر نفسها بلا نهايةٍ، وفي تلك الحالة سنحصل على هذا ...
الزَّمان
أو يمكننا افتراض أنَّ الزمن ببساطةٍ هو بدايةٌ ونهايةٌ، مثل هذا ..
الانفجار العظيم
أنت هنا
الزَّمان
المكان
في هذا النموذج التَّقليديِّ للزَّمكان الكرويِّ، يكون أحد القطبين هو الانفجار العظيم، والآخر هو الانفجار العظيم المضاد.
و يمكن اعتبار المكان منحنياتٍ متوازيةٍ، وخط الاستواء هو الامتداد الأقصى "لخطوط الزَّمان" التي تقابل خطوط الطُّول.
الزَّمان
التَّمدد
التَّقلُّص



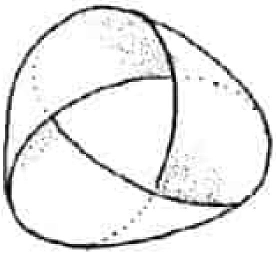
إنشاء نقطةٍ ثلاثيَّةٍ

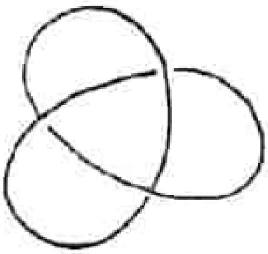


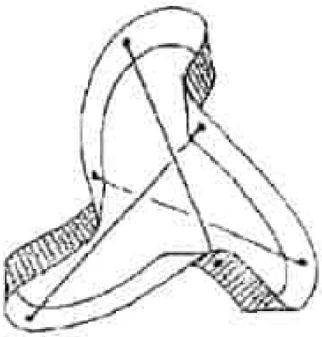
(*) العالِمان هويل وساخاروف

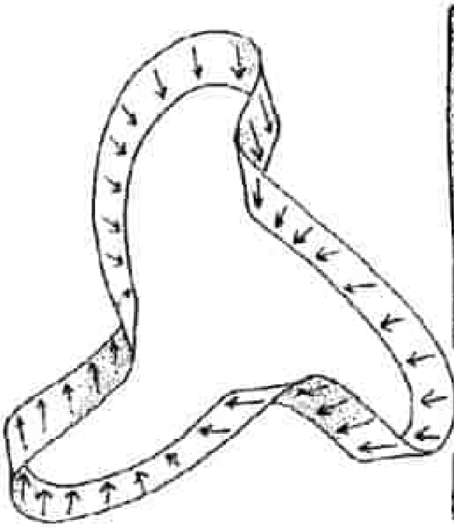

سوف تضع ظاهرة الرَّبط مناطق الزَّمكان وجهاً لوجه مع مقابِلاتها المكانيَّة، وكذلك مع التَّقابل الزَّمني لها.
مستحيل!
على الإطلاق. لنأخذ مثلاً المنطقة القريبة من خط الاستواء في هذا الزَّمكان الكرويِّ، والتي تمثِّل حالة الامتداد الأقصى. يمكننا أن نرى بوضوحٍ كيف تطوى على نفسها في شريط الصُّور "د".
تضع "أسهم الزَّمن" نفسها في مواجهةٍ.
هل تقصد أن ما هو "الماضي" بالنسبة للبعض، يكون هو "المستقبل" لمقابِلاتهم؟
أوووف


أحسنتَ يا ليون، عملٌ جيِّدٌ.
هل تعني أنَّ هذا قد يُسقِط الكون في حالةٍ من التَّناقض الذي لايمكن احتماله؟
نوعٌ من النِّهاية المسدودة منطقيّاً.
عندما يأخذ محلول التَّقلُّص مفعوله، فإنَّ الكون سوف ينزلق متقلِّصاً على ذاته، وسوف يكون عنده وقت كافٍ للعودة بسرعةٍ كبيرةٍ.
أين تيريسياس بالمناسبة؟
دعونا ندخل العربة الزَّمنيَّة ونحاول الاتصال به.
نتصل بكلِّ الحلزونات؟

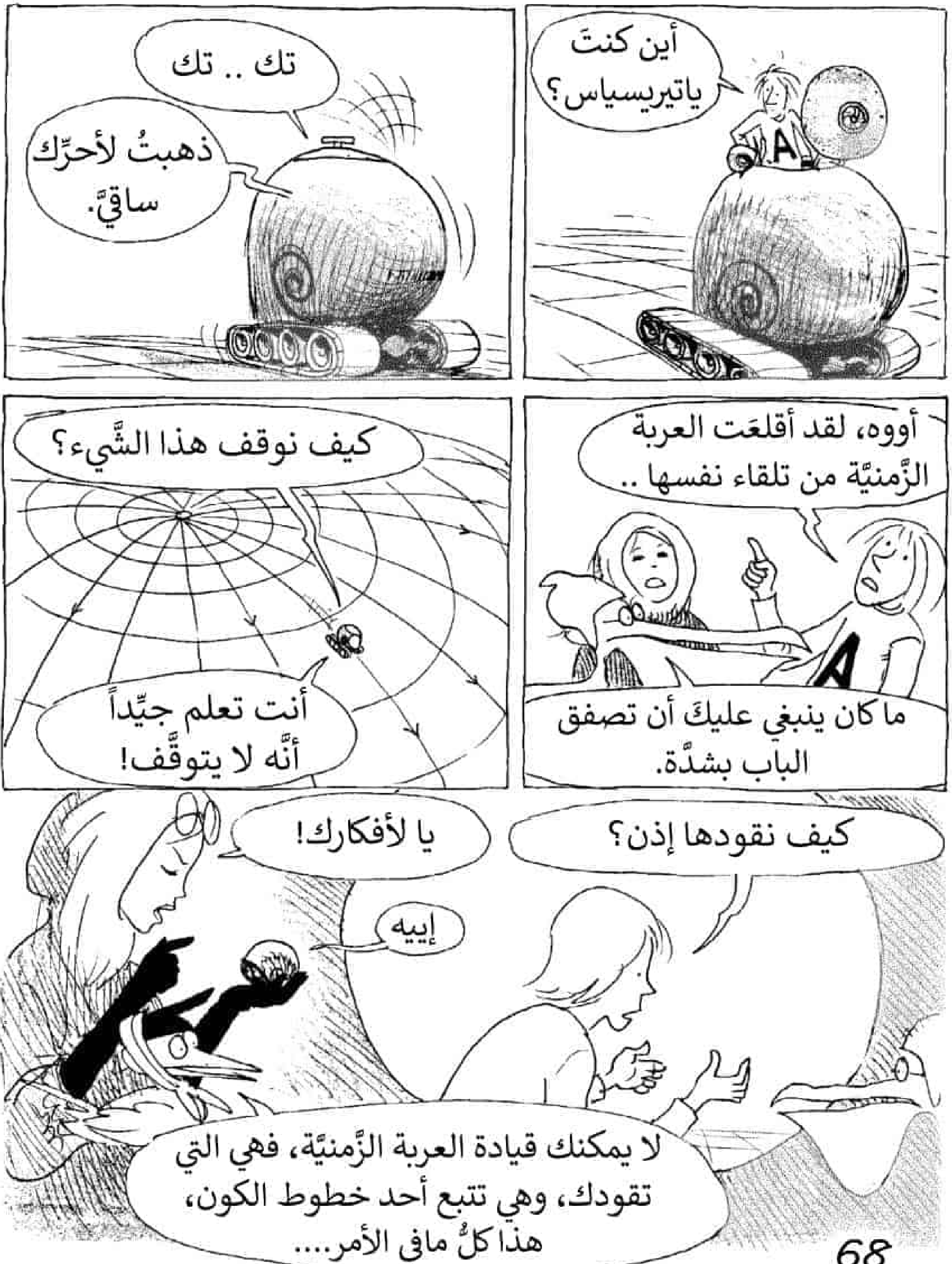


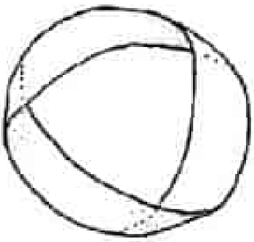


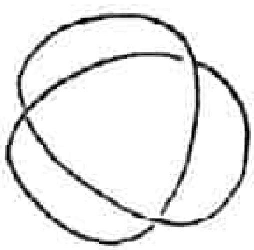


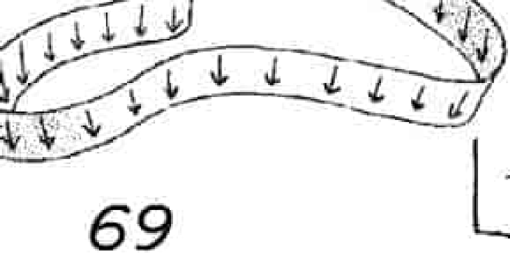


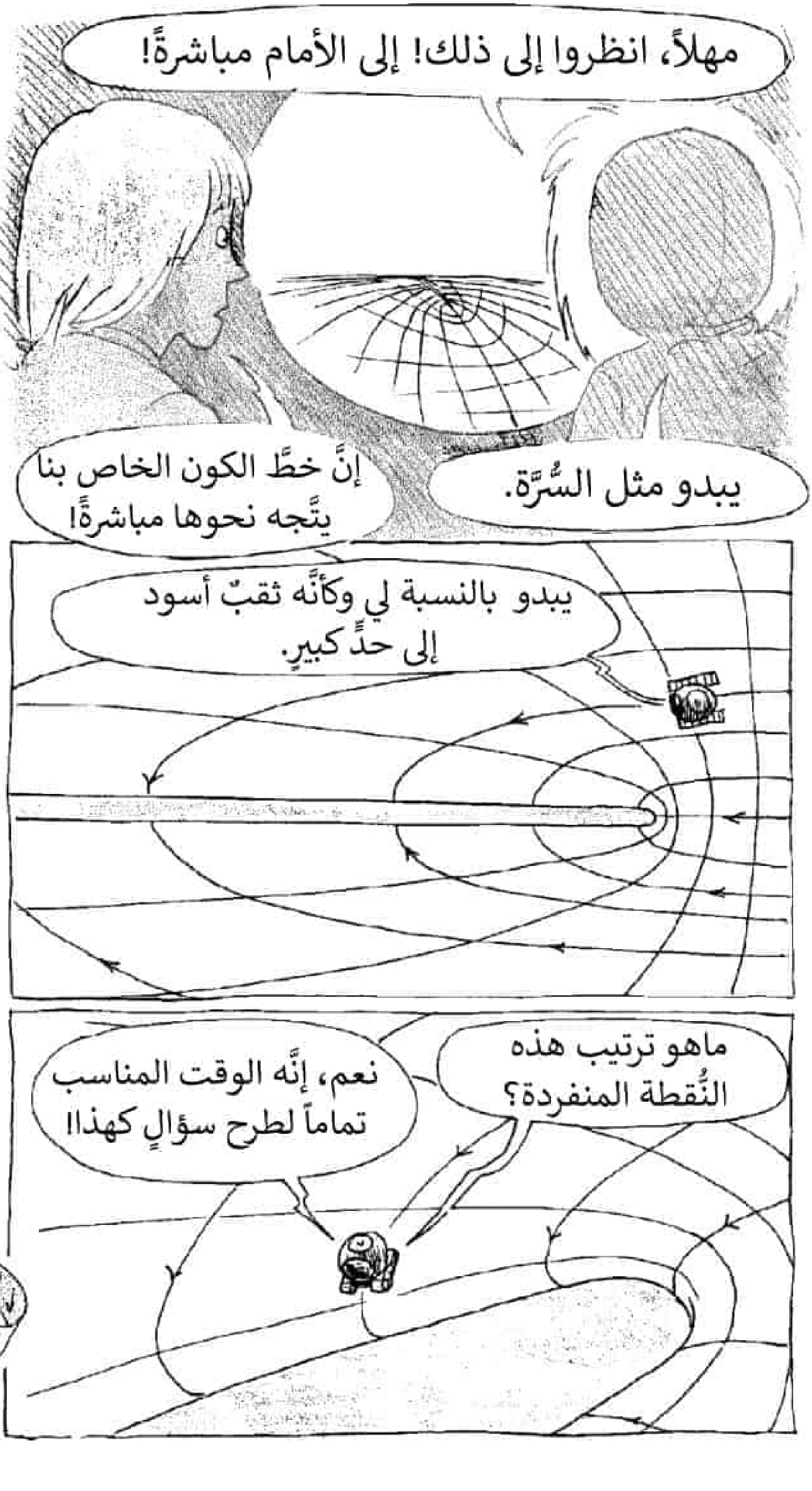
(*) للمزيد انظر **"الانفجار العظيم"**.

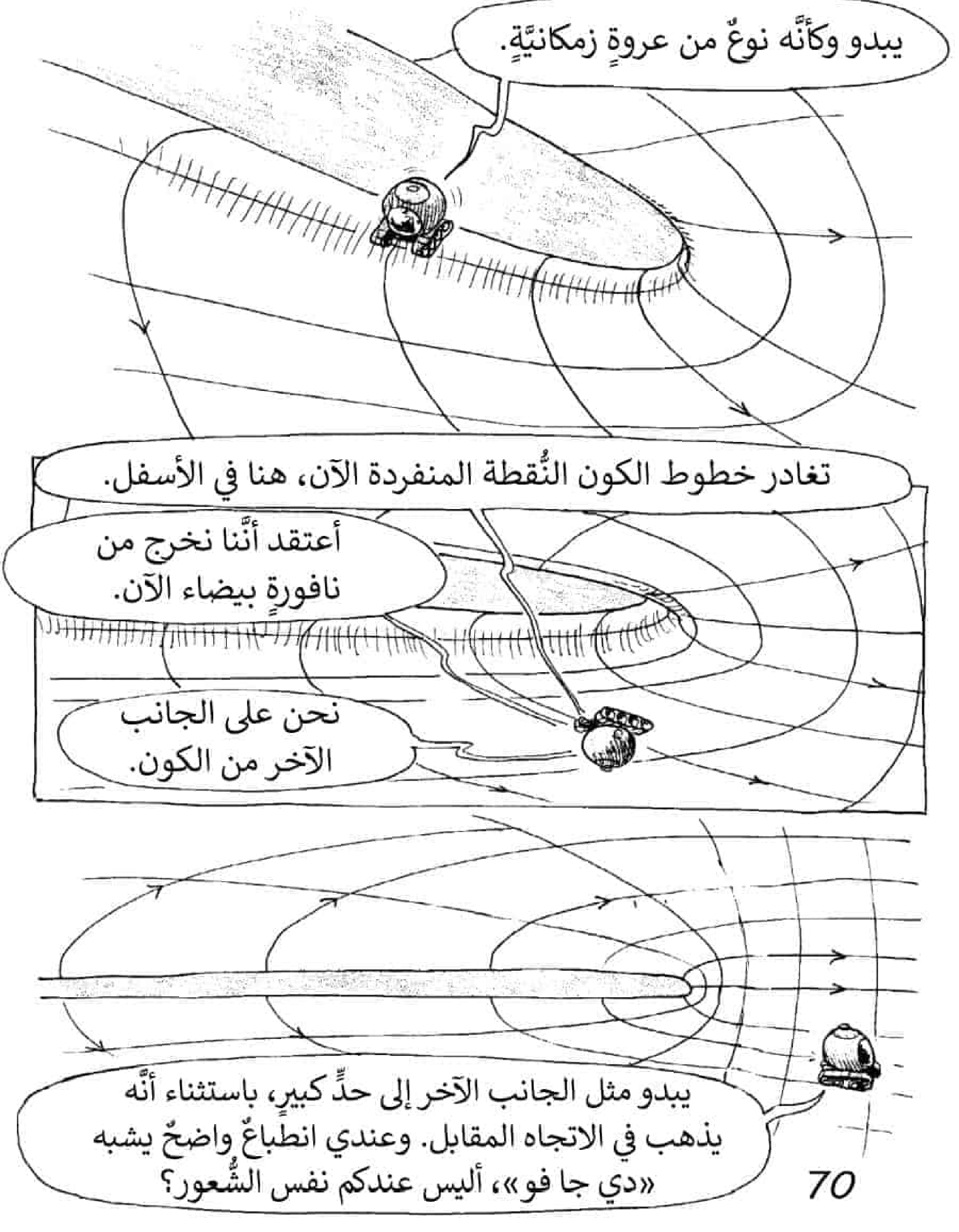

أين كنتَ
ياتيريسياس؟
تك .. تك
ذهبتُ لأحرِّك
ساقيَّ.
أووه، لقد أقلعَت العربة
الزَّمنيَّة من تلقاء نفسها ..
ما كان ينبغي عليكَ أن تصفق
الباب بشدَّة.
كيف نوقف هذا الشَّيء؟
أنت تعلم جيِّداً
أنَّه لا يتوقَّف!
كيف نقودها إذن؟
يا لأفكارك!
إيبه
لا يمكنك قيادة العربة الزَّمنيَّة، فهي التي
تقودك، وهي تتبع أحد خطوط الكون،
هذا كلُّ مافي الأمر....








مهلاً، انظروا إلى ذلك! إلى الأمام مباشرةً!
يبدو مثل السُّرَّة.
إنَّ خطَّ الكون الخاص بنا يتَّجه نحوها مباشرةً!
يبدو بالنسبة لي وكأنَّه ثقبٌ أسود إلى حدٍّ كبيرٍ.
ماهو ترتيب هذه النُّقطة المنفردة؟
نعم، إنَّه الوقت المناسب تماماً لطرح سؤالٍ كهذا!


يبدو وكأنَّه نوعٌ من عروةٍ زمكانيَّةٍ.
تغادر خطوط الكون النُّقطة المنفردة الآن، هنا في الأسفل.
أعتقد أنَّنا نخرج من نافورةٍ بيضاء الآن.
نحن على الجانب الآخر من الكون.
يبدو مثل الجانب الآخر إلى حدٍّ كبيرٍ، باستثناء أنَّه يذهب في الاتجاه المقابل. وعندي انطباعٌ واضحٌ يشبه «دي جا فو»، أليس عندكم نفس الشُّعور؟

(*) يمكن أن توجد نفس البُنى بأربعة أبعاد.

ملحق علمي

اكتشف بوي، تلميذ هيلبيرغ ، السّطح المسمى باسمه عام 1902. وتمّ تقديم أول تمثيلٍ تحليليٍّ له عام 1981 من قبل جيروم سورياو، ابن عالم الرياضيات ج. م. سورياو، ومن قبل مؤلّف هذا الكتاب. إنّ الطّريقة شبه التجريبيّة المستخدمة تجعل خطوط طول السّطح تماثل القطوع النّاقصة، والتي يتم بعد ذلك إضافة معاملات إليها. وفيما يلي شرحٌ لهذه النُّقطة:

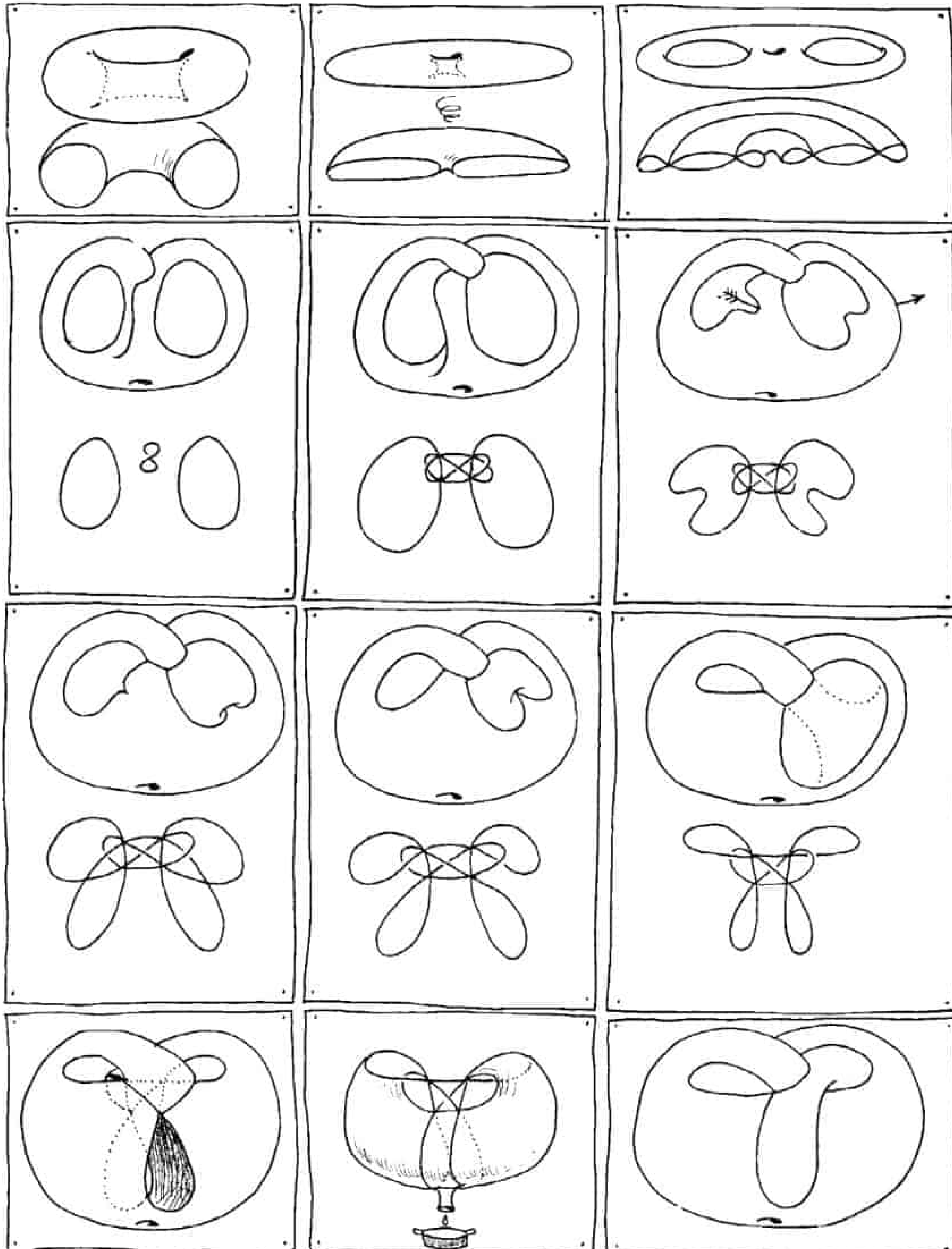
$$\begin{cases} x = X_1 \cos\mu - Z_1 \sin\alpha \sin\mu \\ y = X_1 \sin\mu + Z_1 \sin\alpha \cos\mu \\ z = Z_1 \cos\alpha \end{cases} \qquad \begin{cases} X_1 = \dfrac{A^2 - B^2}{\sqrt{A^2+B^2}} + A\cos\theta - B\sin\theta \\ Z_1 = \sqrt{A^2+B^2} + A\cos\theta + B\sin\theta \end{cases}$$

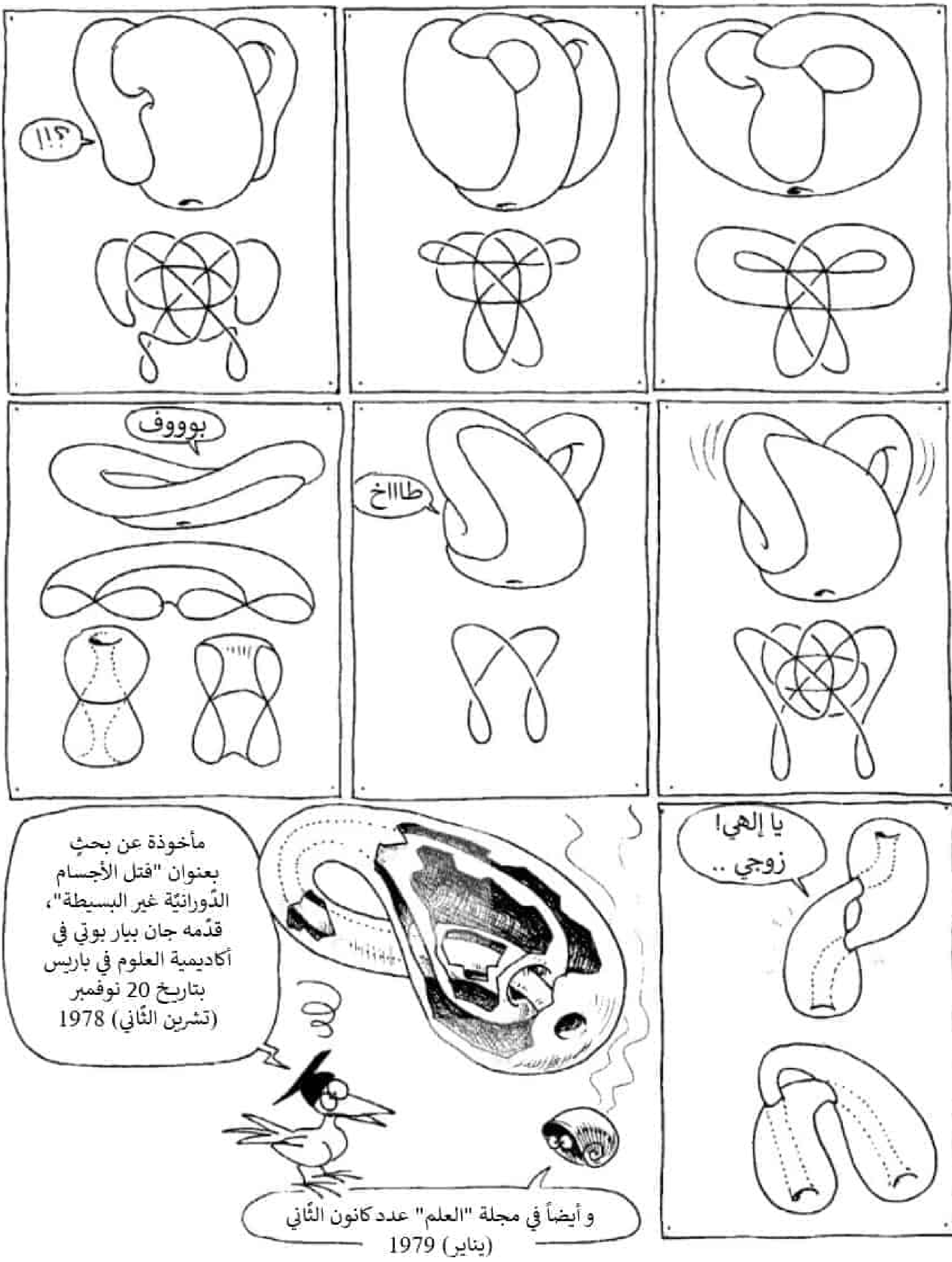
$$\alpha = \frac{\pi}{8}\sin 3\mu \qquad \begin{cases} A(\mu) = 10 + 1{,}41\sin(6\mu - \pi/3) + 1{,}98\sin(3\mu - \pi/6) \\ B(\mu) = 10 + 1{,}41\sin(6\mu - \pi/3) - 1{,}98\sin(3\mu - \pi/6) \end{cases}$$

خطوط الطُول: المنحنيات $\mu = cte$، θ القيمة المتحولة من 0 إلى 2π ، μ القيمة المتحولة من 0 إلى π

البرنامج التّالي المكتوب بلغة البيسيك يحاكي الرّسم الموجود على صفحة الغلاف:

```
1  REM  TRACE MERIDIENS DE LA SURFACE DE BOY
3  HOME : TEXT
50 PI = 3.141592:P3 = PI / 3:P6 = PI / 8:P8 = PI / 8
60  HGR : HCOLOR= 3
90  FOR MU = 0 TO PI STEP 0.1
95 P = P + 1
100 D = 34 + 4.794 *  SIN (6 * MU - P3)
110 E = 6.732 *  SIN (3 * MU - P6)
120 A = D + E:B = D - E
130 SA =  SIN (P8 *  SIN (3 * MU))
140 C2 =  SQR (A * A + B * B):C3 = (4 * D * E) / C2
160 CM =  COS (MU):SM =  SIN (MU)
180  FOR TE = 0 TO 6.288 STEP .06
190 TC = A *  COS (TE):TS = B *  SIN (TE)
200 X1 = C3 + TC - TS
210 Z1 = C2 + TC + TS
250  REM  VOICI LES 3 COORDONNEES
300 X = X1 * CM - Z1 * SA * SM
310 Y = X1 * SM + Z1 * SA * CM
350  REM  PROGRAMME DE DESSIN
360  HPLOT 130 + X,80 + Y
400  NEXT TE: NEXT MU
```




؟!!
بوووف
طاااخ
يا إلهي!
زوجي ..
مأخوذة عن بحث
بعنوان "قتل الأجسام
الدّورانيّة غير البسيطة"،
قدّمه جان بيار بوتي في
أكاديمية العلوم في باريس
بتاريخ 20 نوفمبر
(تشرين الثّاني) 1978
و أيضاً في مجلة "العلم" عدد كانون الثّاني
(يناير) 1979