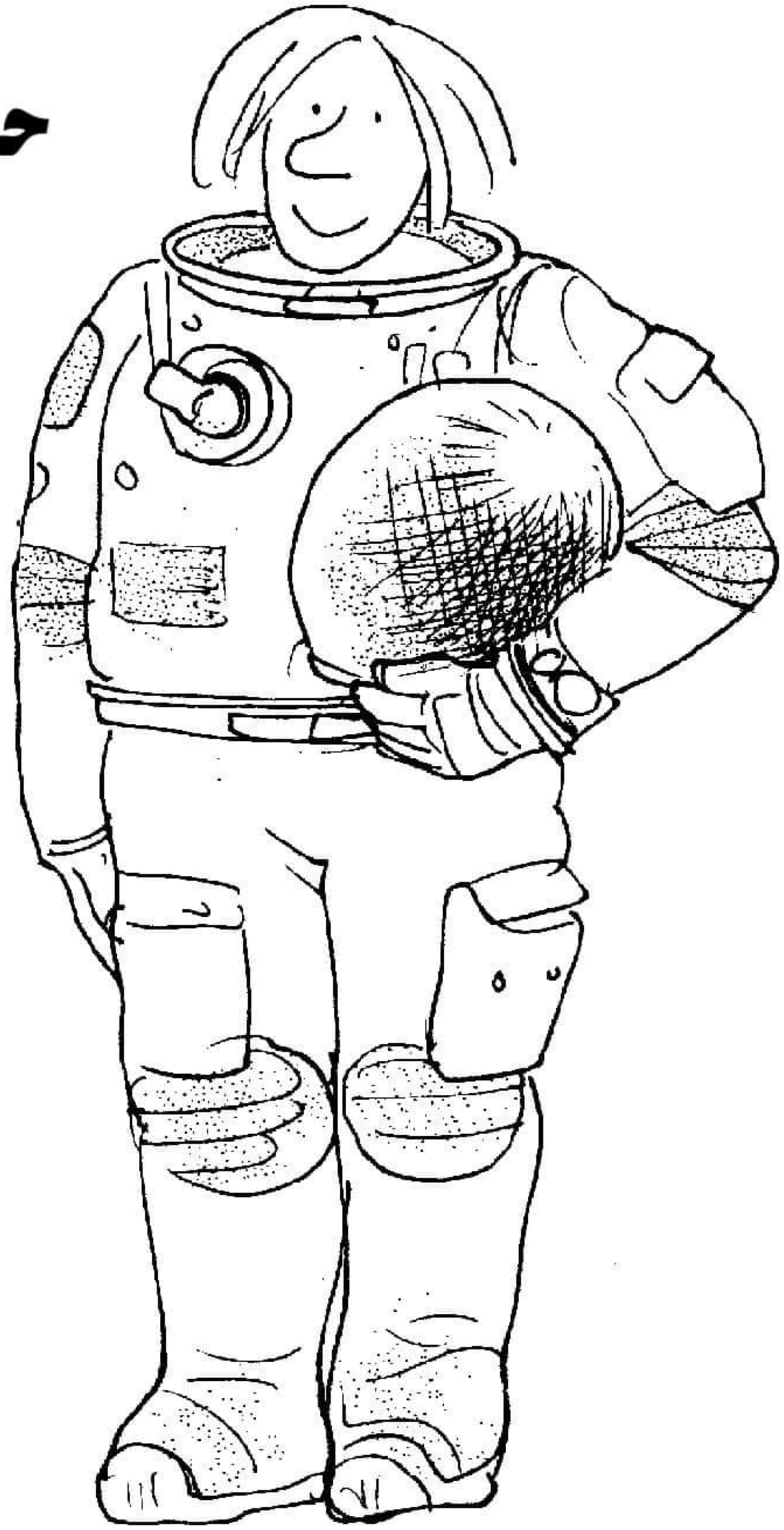
معرفة بلا حدود

حول العالم في ثمانين دقيقة

جان بيار بوتي



نقلها إلى العربيَّة

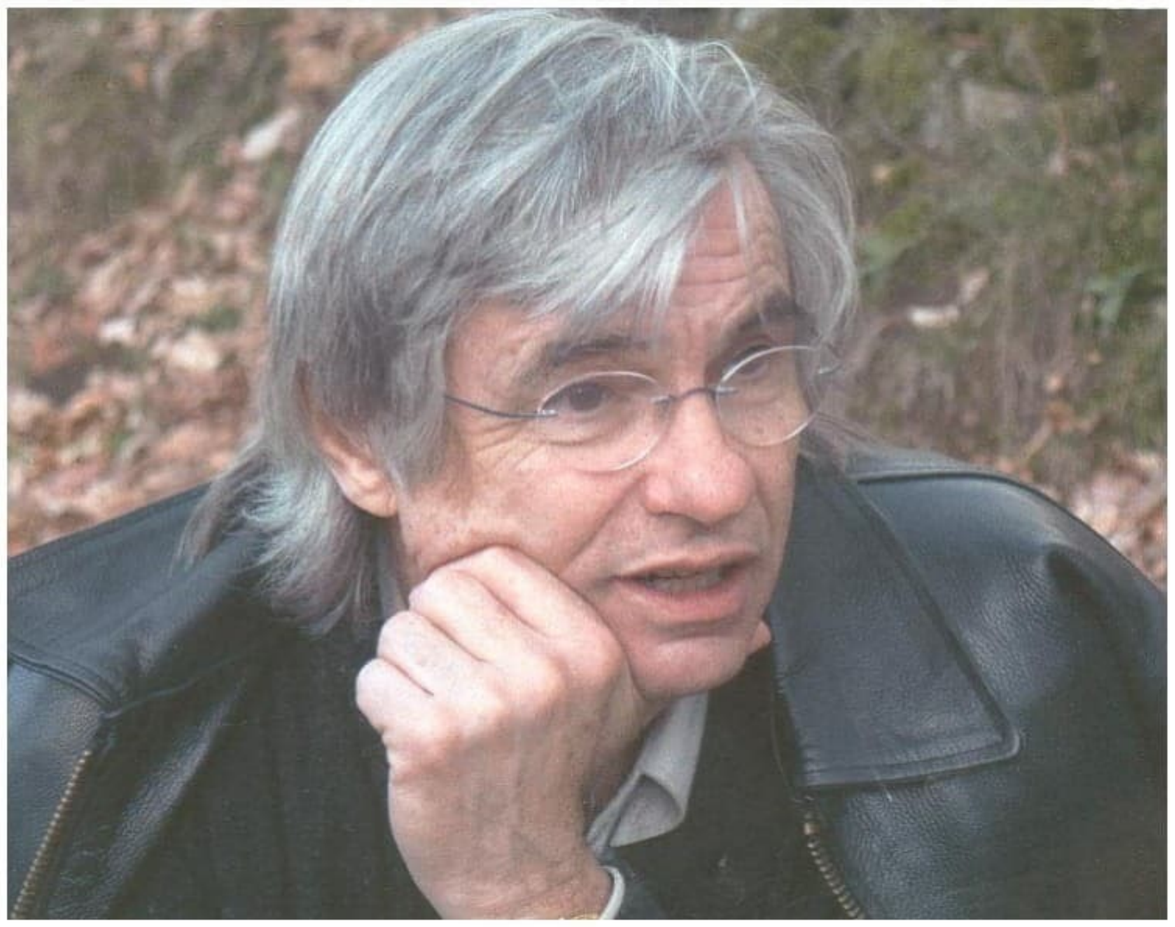
م. سامر السرَّاج

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

Savoir sans Frontières

معرفة بلا حدود

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



جان بيار بوتي ، 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 قابل للتحميل مجاناً، مترجمة إلى 28 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 بـــلا معرفـــة

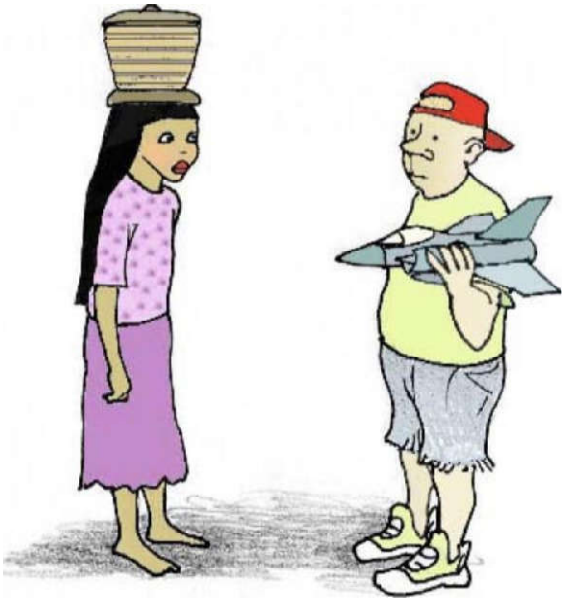
.فرنســـــيان عالمـان ويـديرها 2005 عام تأسســـت ربحيـــة غـير جمعيـة
من رسمه تـم الـذي النطـاق باســـتخدام العلميـــة المعرفـــة نشـر :الهدف
تـم :2020 عام فـــي .مجانًا للتنزيـــــل قابلـــة PDF ملفـــات خلال
عمليـة 500000 من أكـثر مع .لغـة 40 فـي ترجمـة 565 تحقيـــق
.تنزيـــل

Jean-Pierre Petit **Gilles d'Agostini**

بالمـــال التـــبرع تـم .تمامـا تطوعيـــة الجمعيـــة
.للمـــــترجمين بالكامـــل

زر اســـتخدم ، تـــبرع لتقـــــديم
:الرئيســـــية الصـــفحة فـــي PayPal

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



PayPal
FAIRE UN DON

الدَّفع بواسطة رد الفعل

يبدو أنَّ هذه البطاطا لن تنضج أبداً، سوف أستخدم وعاء الطهي بالضَّغط.

وماذا يفيد هذا الوعاء؟

إنَّ التَّفاعلات الكيميائيَّة في عملية الطَّبخ تحدث بشكلٍ أسرع تحت الضَّغط والحرارة المرتفعة.

وبعد عدَّة دقائق ....

هاقد انتهينا، وعلينا الآن الانتظار حتى ينخفض الضَّغط في وعاء الطَّهي.

يالها من قوةٍ ممتعةٍ.

إنَّها مثل البالون الذي أنفخه ثم أطلقه في الغرفة، إلاَّ أنَّ هذه تستمر وقتاً أطول.

هل يمكن لوعاء الطَّهي بالضَّغط أن يطير؟ لا، إنَّه ثقيلٌ جداً..

أعتقد أنَّ الحلَّ هو نشر الطَّاقة في فراغٍ مغلقٍ ثم السَّماح لها بالتَّحرر عبر فتحةٍ صغيرةٍ.

مفرقعاتٌ صغيرةٌ.

صفيحةٌ أسطوانيةٌ من الألمنيوم.

عليَّ أن أضع إصبع المفرقعات تحت الصَّفيحة المقلوبة.

يا إلهي، لقد ارتفعَت عشرين متراً على الأقل.

كانت التَّجربة ناجحةً لكنَّها قاسيةٌ في الوقت ذاته.

A

ألم يكن يكفيني استخدام الطاقة الموجودة في عود ثقابٍ عادي؟

ولكن بماذا سوف تحيطه؟

سوف أستعمل الغطاء القصديري لعلبة اللبن الرَّائب بعد أن أسوِّيه بظفري.

ثم أقصُّ منه مستطيلاً مستوياً بعداه 2 سم و5 سم.

وبعد ذلك يلفُّ **أرشيبالد** قطعة القصدير حول عود الثِّقاب بإحكام.

نعم، ولكن كيف تغلقُ الطَّرف؟

يقرر **أرشيبالد** أن يقصَّ الطَّرف ويترك فقط 1 سم.

ثم يطوي النهاية مرَّتين ويضغط عليها بقوَّةٍ مستخدماً أسنانه.

بصورةٍ مشابهةٍ لطرف أنبوبة معجون الأسنان.

حسناً، الأمر جيدٌ، ولكن كيف ستتمكن من إشعال الصَّاروخ؟

حقّاً..

إشعال أي جسمٍ هو ببساطةٍ تسخينه إلى درجة حرارةٍ كافيةٍ.

صوفي على حق، سوف أُسخِّن نهاية عود الثِّقاب عبر الغلاف المعدنيّ، هكذا.

إنَّه يشتعل ولكنّ الاحتراق يبدو لي بطيئاً جداً.

اششششش

يكرر **أرشيبالد** العملية لكنَّه يزيد إحكام ورقة القصدير أكثر، و... (*)

أوه

أوه

نجاحٌ تامٌّ

هل رأيتَ يا**تيريسياس**؟ إنَّه الضَّغط، وذلك عندما أوقفنا تسرُّب الحرارة.

(*) يبلغ الرَّقم القياسيُّ ثمانية أمتار

صواريخ الوقود الصّلب

هذا صاروخٌ يحوي مسحوقاً، سوف نختبر نظريّتي لنعلم إن كانت دقيقةً.

ينشر **لانتورلو** طرف الصاروخ بحذر.

انظر يا**ماكس**، كنتُ مصيباً، فعندما قطعتُ الجزء المستدق حيث ينطلق الغاز لم يعد الصاروخ يُقلع.

أصبح الضّغط والحرارة منخفضين، وبالتالي فإنّ انبعاث غاز الاحتراق انخفض. وهذا يفسّر عدم الاندفاع.

أفترض أنَّني إذا أغلقتُ القناة تماماً فإنَّ الضَّغط والحرارة سوف يرتفعان بقوَّةٍ، والاحتراق يصبح خارج السَّيطرة مما يؤدي إلى انفجارٍ صاروخيٍّ.

بووووم

على نحوٍ فعَّالٍ.

يُمكن لهذا الصاروخ أن يبلغ 300 متراً، لكنَّه يبدو لي ثقيلاً. الورق المقوَّى سميكٌ جداً.

اجعل غلافه الخارجيَّ أكثر رقَّةً.

بووووم

كان الغلاف صلباً بدرجةٍ كافيةٍ، لكنَّ حرارة الاحتراق جعلَته يشتعل.

أحتاج ببساطة أن أستعمل المسحوق بحدِّ ذاته لحماية جدار الأنبوب.

حمايةٌ حراريّةٌ

احتراقٌ في القناة المركزية

صفيحةٌ معدنيّةٌ

فوهةٌ مقاومةٌ للحرارة

كتلة المسحوق

إنّه يعمل بشكلٍ رائعٍ. لقد بلغ بالفعل ارتفاعاً 2 كم.

لا.. لقد انفجر ثانيةً قبل أن يحترق كلُّ المسحوق.

ماذا؟ لكنَّ كل شيء كان على مايرام. ما الذي حدث؟

في حالة الدَّفع القائم على المسحوق فإنَّ مقدار الضَّغط يتناسب طرداً مع مساحة سطح المسحوق المحترق.

وعندما يكون الاحتراق وفق "نموذج لفافة التَّبغ" فإن مساحة السَّطح تكون ثابتةً.

في النِّظام الذي يحوي قناةً مركزيةً تزداد مساحة سطح الاحتراق مع زيادة نصف القطر بمرور الزَّمن، مما يزيد بالتَّالي الانفجار النِّهائي.

أي أنَّه لايمكن القيام بشيءٍ.

لا ... هناك فكرةٌ.

أحتاج فقط لإنشاء قناةٍ نجميَّة الشَّكل.

القناة المركزيَّة

المسحوق

إنَّها طريقة الحفاظ على المزيد أو الأقلِّ من مساحة السَّطح الثَّابتة، وكذلك "ضغط الاحتراق" خلال فترةٍ زمنيَّةٍ.

عندما تكون الدافعات طويلةً جداً، لايمكن قولبة المسحوق في كتلةٍ واحدةٍ. ويتطلب الأمر تثبيت عدّة عناصر سويّةً.

وصلةٌ قابلةٌ للإزالة

أدّى نشوب حريقٍ في نقطةٍ متضررةٍ عند إحدى هذه الوصلات إلى فقدان مركبة فضائيّةٍ أمريكيّةٍ.

كيف يمكن تمييز أنَّ دافعات الصّاروخ قد احترقت؟

بووووف!

نعم، نحتاج في الواقع إلى تحكُّمٍ دقيقٍ جداً بتوقيت احتراق الدّافعات. ونقوم عادةً بإزالة غطاءٍ يؤدي إلى تسرُّب الغاز، مما يقلّل الضّغط في الحجرة ويسبب إخماد الدّافع.

صواريخ الوقود السَّائل

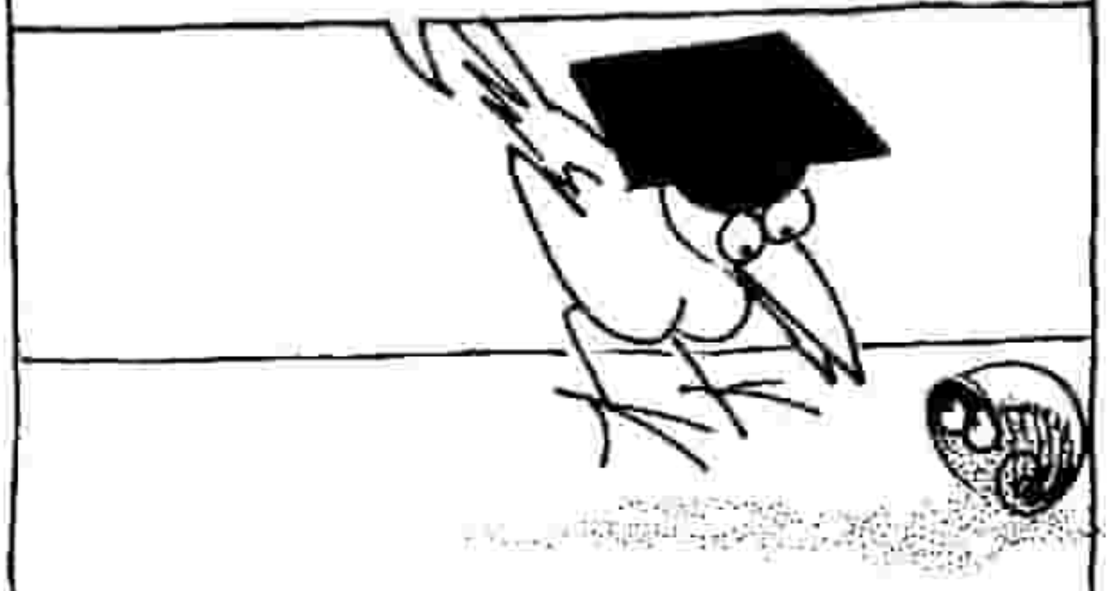
عند استعمال المادة الدَّافعة بشكلها السَّائل
فإنَّ تلك المشاكل يتم القضاء عليها.
حيث يكفي ضخُّ السَّائل ضمن حجرة
الاحتراق وحماية الحجرة من الحرارة الهائلة.

ولكن كيف يمكنك حرق الوقود؟
فعندما يعلو الصَّاروخ يقلُّ الهواء
أكثر فأكثر حتَّى ينعدم تماماً في
الفضاء الخالي.

خذ الهواء معك.

ماذا تقصد؟

عليك فقط أن تبقي الأوكسجين في
الهواء الذي تقوم بإسالته عند درجة
حرارة -193درجةٍ مئويَّةٍ. وبهذه الطَّريقة
فإنك تقوم أيضاً بعملية "التَّبريد".



نعم، هذا بالفعل ما قمنا به مع
الصَّاروخ "في 2" عام 1942 في
منطقة بينيموندە بألمانيا.

كان العمل دقيقاً،
إذا فهمتم قصدي.

ДА ..

فوهة مخروطيَّة من الفولاذ
غير القابل للصدأ،
الاتحاد السُّوفييتي.

تبريد كامل حجرة الهيكل،
الولايات المتَّحدة.

تبريد الغلاف بواسطة طبقةٍ
رقيقةٍ من الأوكسجين
"التعرُّق"، فرنسا.

وتلك محرِّكاتٌ متنوِّعة،
أكثرُ أو أقلُّ دقَّةً.

CTO!

ماهذا؟!

وكان تركيبها عملاً شاقّاً على الدَّوام.

إنَّ المركَّب الفائق المؤلَّف من الهيدروجين والأوكسجين يعطي أفضل النَّتائج.

نعم، ولكنَّ الهيدروجين يصيح سائلاً فقط عند درجة حرارة -270 درجةٍ مئويّةٍ. ومن الصعب ضخُّ سائلٍ بهذه البرودة.

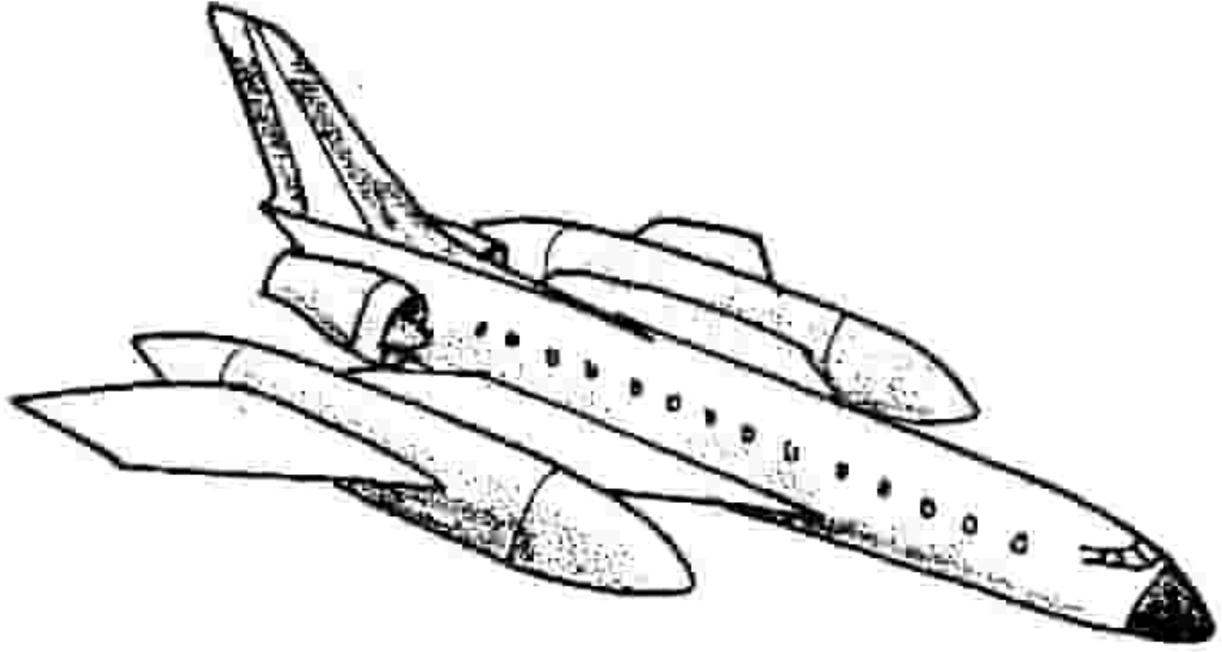
ألا تجد أنَّ كل تلك الصَّواريخ التي تُقلع وتُخلِّف غيوماً هائلةً من الدُّخان سوف تسبب تلوثاً؟

نعم، ولكن عندما يكون المركَّب مؤلفاً من الهيدروجين والأوكسجين، هل تعلم ماذا ينتج؟

منطقياً، وبعد التَّفكير ... أعتقد أنَّه أوكسيد الهيدروجين.

وبتعبيرٍ آخر H_2O "الماء".

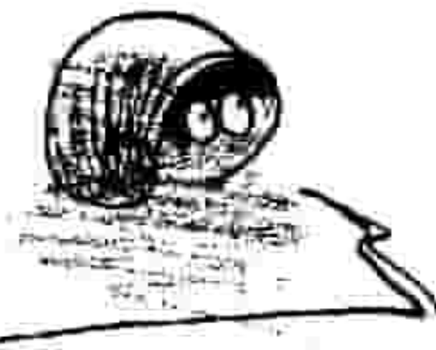
!!!؟



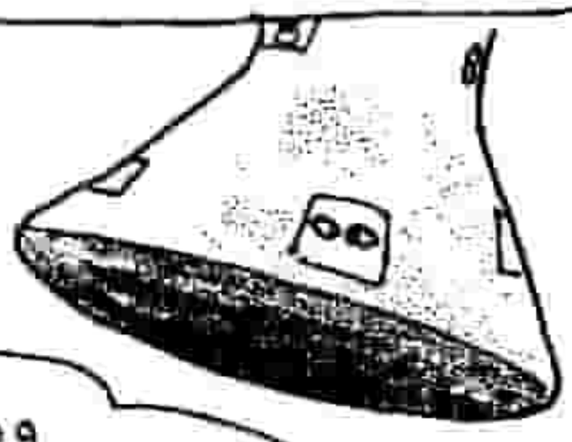
إنَّ الصِّيغة التي لاتسبب التَّلوث من
مركَّب الهيدروجين - الأوكسجين هذا،
سوف تكون هي الصِّيغة المثالية
للطائرات في المستقبل.

تمتلك الصَّواريخ ذات الوقود الصَّلب ميزة
السُّهولة في التَّخزين والاستخدام،
وهي بسيطةٌ إلى أقصى الحدود.

لذلك يفضِّلها العسكريون،
رغم أنَّهم يحاذرون من إشعالها
خارج غواصاتهم النَّووية.



وبالمقابل فإنَّ صواريخ الوقود السَّائل هي النَّموذج الوحيد
الذي يمكن إخماده وإعادة إشعاله عند الطَّلب، بينما عندما يتم
الإشعال في صواريخ الوقود الصَّلب فإنَّ كل شيء ينتهي.



وهكذا فإنَّ لدينا تشكيلةً واسعةً من صواريخ القيادة
وأجهزة التَّحكُّم الماديَّة.

الهياكل

ينبغي أن تكون الجدران الأنبوبيّة للصواريخ ذات الوقود الصَّلب مقاومة تماماً كي تتحمل ضغط الاحتراق. أمَّا في صواريخ الوقود السَّائل فإنَّ هذا الضَّغط يوجد فقط داخل حجرة الاحتراق ذاتها، لذلك حاول المصممون دائماً أن يجعلوا خزانات الوقود خفيفةً قدر الإمكان.

كان عليَّ صنع هذا النموذج من خزَّان وقود الصَّاروخ بواسطة الرَّقائق المعدنية لإبقاءه ضمن القياس المناسب.

تبلغ سماكة جدران خزَّانات الصَّاروخ إريان 1.4 مم.

لنضع هذا الغلاف الأنبوبي على الطَّاولة.

والآن القسم العلويُّ.

انتبه، فالخزَّان ينهار.

ينهار الغلاف الأنبوبي دائماً تحت تأثير وزنه الذَّاتي. لذلك جعلناه رقيقاً جداً.

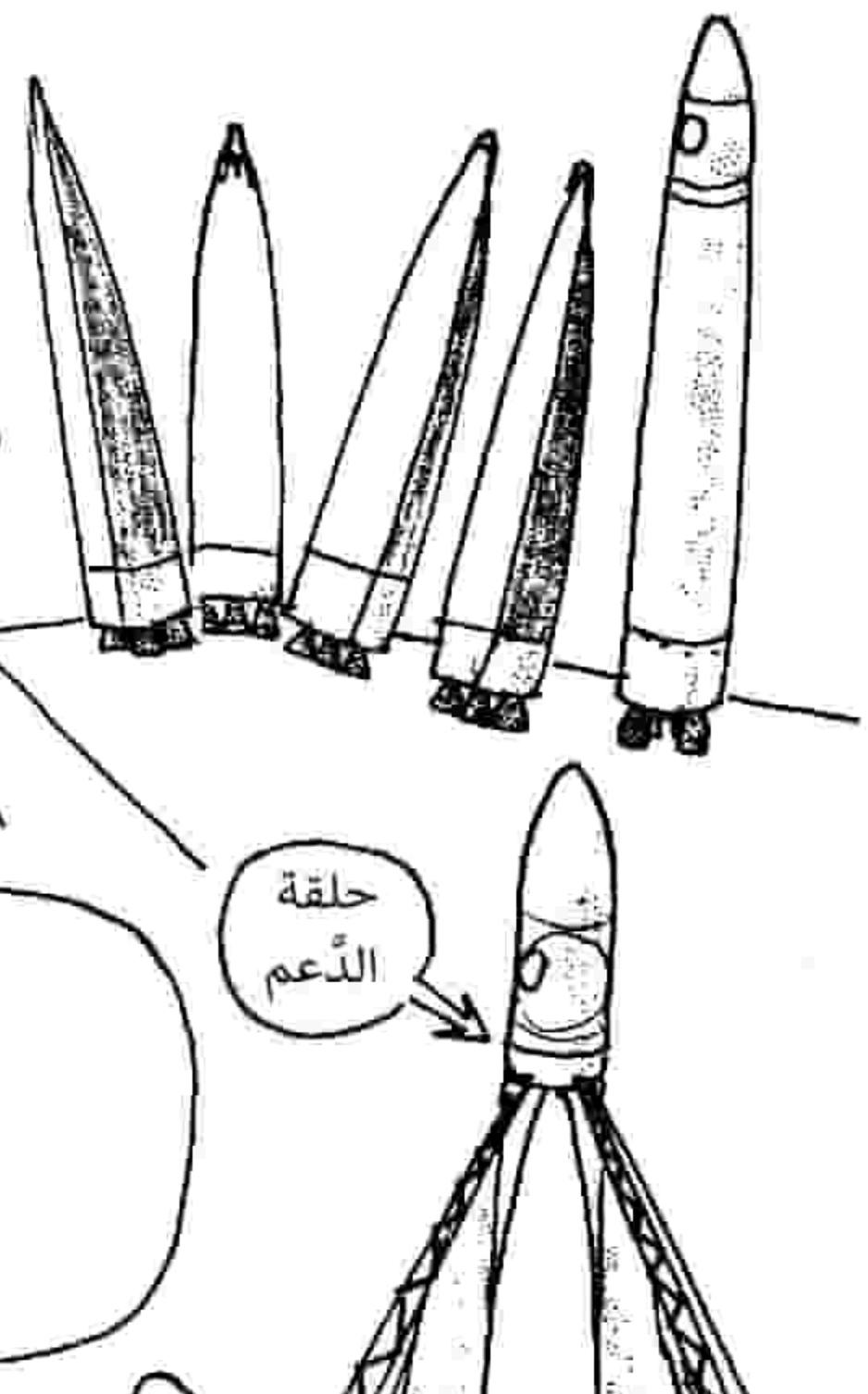
لا ياتيريسياس، لأنَّه في حالة الصَّواريخ بالحجم الطَّبيعيّ كان علينا تكييف الضَّغط، وقمنا بتضخيم الخزَّانات لتجنبيها الانهيار تحت تأثير وزنها الذَّاتي.

حسناً.

لقد أظهر غزو الفضاء العديد من المشاكل التِّقنيَّة الجديدة، التي لم نكن نعرف أي شيءٍ عنها غالباً.

البساطة .....

كانت مكافأة البساطة مستحقةً دون شكٍ للصواريخ متعددة الاستعمالات المسمَّاة **سيميوركا** التي اخترعها العالم السُّوفييتي **كورولیف**.

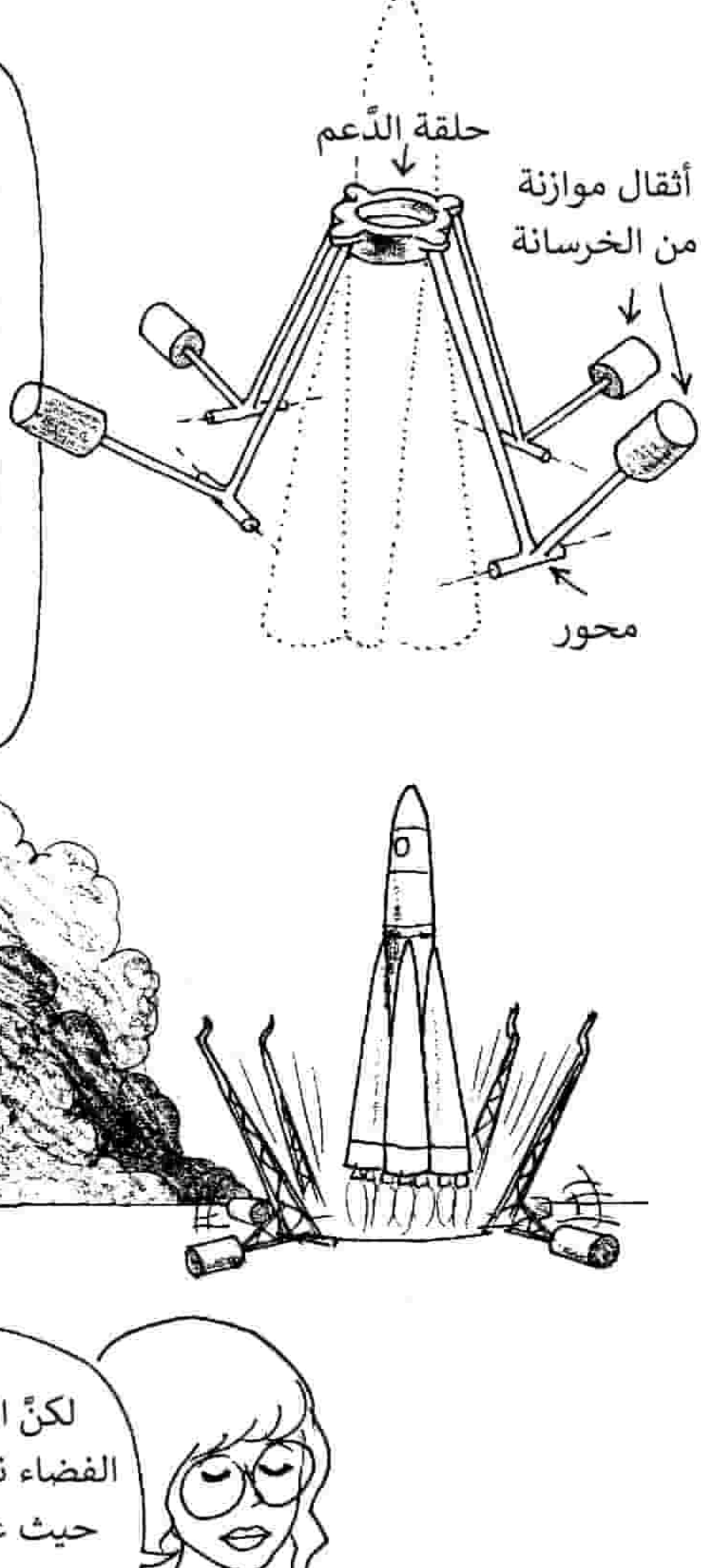


حلقة الدَّعم

أولاً، يحقق نسق الدافعات مظهراً محكماً لها ومقاوَمةً ممتازةً للاهتزاز والرِّياح الجانبيَّة خلال الطَّور الحرج من الإقلاع.

إنَّ الحلقة المعدنيَّة المعززة هي التي تمسك الجهد الدَّافع ولكنَّها أيضاً هي التي تسمح للصاروخ أن يكون معلَّقاً فوق منصَّة الإطلاق مثل قطعة لحم بواسطة أربعة نتوءاتٍ بسيطةٍ.

عندما تعمل الصَّواريخ الأربع والعشرون معاً فإنَّ الأذرع المفصليَّة تبعتد بشكلٍ آليٍّ من خلال دورانها على محورها بسبب الأثقال الموازنة.

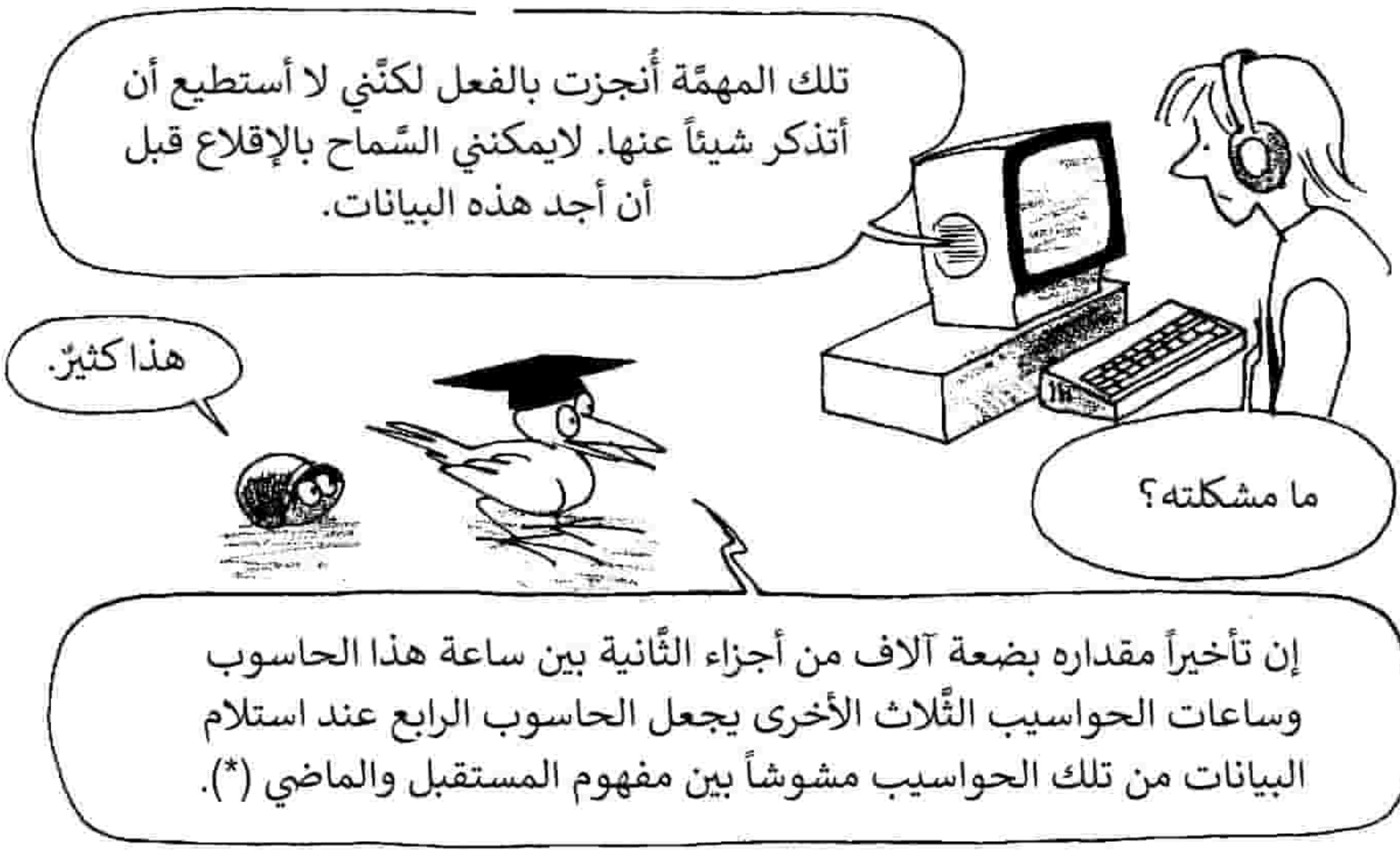


لكنَّ السُّوفييت فقدوا عدداً من رواد الفضاء نتيجة حادثة فتح أحد الصَّمامات. حيث عادوا إلى الأرض أمواتاً ومنتفخين بسبب الضَّغط الانفجاريِّ وقد كانت دماؤهم تغلي.

..... أم التَّعقيد؟

وعلى العكس فقد ضاعف الأمريكان عدد أجهزة التَّحكم وأنظمة التَّوجيه.
ويخضع مكوك الفضاء الأمريكي لتحكُّم أربعة حواسيب.
ثلاثةٌ منها متماثلةٌ بينما يُفترض أن يتحكَّم الرَّابع المختلف بالأخطاء الناجمة عن الحواسيب الثَّلاثة.

وذات يومٍ تحطَّم الحاسوب الرَّابع وأوقف تماماً عملية الإطلاق..



(*) تُسمَّى هذه الظَّاهرة في علم النَّفس "دي جا فو"

العودة للدخول ضمن الغلاف الجوي

جميع الصواريخ يمكنها تجاوز حدود الغلاف الجويّ، ولكن إذا رغبتَ في استرجاع شيءٍ من هناك فعليكَ أن تفكّر في طريقةٍ تجعله يعاود دخول الغلاف الجويّ بسرعة 2800 كم/سا.

إنَّ سرعة الدُّخول العالية مرتبطةٌ مع الاحتكاك والحرارة، لذلك لايمكن أن يتمَّ الأمر مع جسمٍ مستدقٍ.

يكمن أبسط حلٍّ في درعٍ حراريٍّ يقوم بامتصاص الحرارة عن طريق التَّبخُّر.

يمكننا استعمال جسم إعادة الدُّخول على شكل كرةٍ.

مركز الثَّقالة.

* يُطلق تعبير "التَّسامي" على انتقال المادَّة من الحالة الصَّلبة إلى الحالة الغازيَّة مباشرةً.

ينبغي أن تبقى الأجسام مستقرَّةً خلال طور العودة للدخول.
فإذا استدارت يصبح الأمر كارثيّاً.

لاتكون هناك مشكلة في الاستقرار مع الشكل الكرويِّ، ذلك هو الحل السُّوفييتي.

هذا النَّمط من الأجسام (كبسولة ميركوري وجيميني وأبوللو) جيِّدٌ بشكلٍ ملائمٍ بما يقدِّمه من مركزٍ منخضٍ للثّقالة إلى حدٍّ كافٍ.

حسناً، ولكن رغم هذا القول فأنا لاأرى كيف يمكن للصواريخ البقاء في الجو وعدم السُّقوط نحو الأرض حالما يتمُّ استهلاك وقودها.

سوف أذهب لألعب مباراة بولينغ، فذلك يساعدني على تنقية أفكاري.

الإرسال إلى المدار

هيه، شيء ظريف لأنَّ نافورة ساحة البلدة لاتعمل.
سوف يكون من الممتع لعب البولينغ فوق سطحٍ منحنٍ.

مع حصولي على شكل هذا السَّطح فإنَّني سوف أقوم برمي كرتي بحيث تعود إلى النُّقطة التي انطلقَت منها.

وبعد عدَّة محاولاتٍ فاشلةٍ

هاهي، لقد وصلتُ إلى السرعة الصَّحيحة.

إنَّ كرتك تسير في مدارٍ حول الفتحة. وبعبارةٍ أخرى فإنَّ قوة الطَّرد المركزي تساوي قوَّة الشَّد الثَّقالي.

هل تقصدين أنَّ قوَّة الطَّرد المركزي هي التي تمنع سقوط الأقمار الصِّناعية؟

قوَّة الطَّرد المركزي

العنصر المماسي للقوَّة الثَّقاليَّة

تماماً

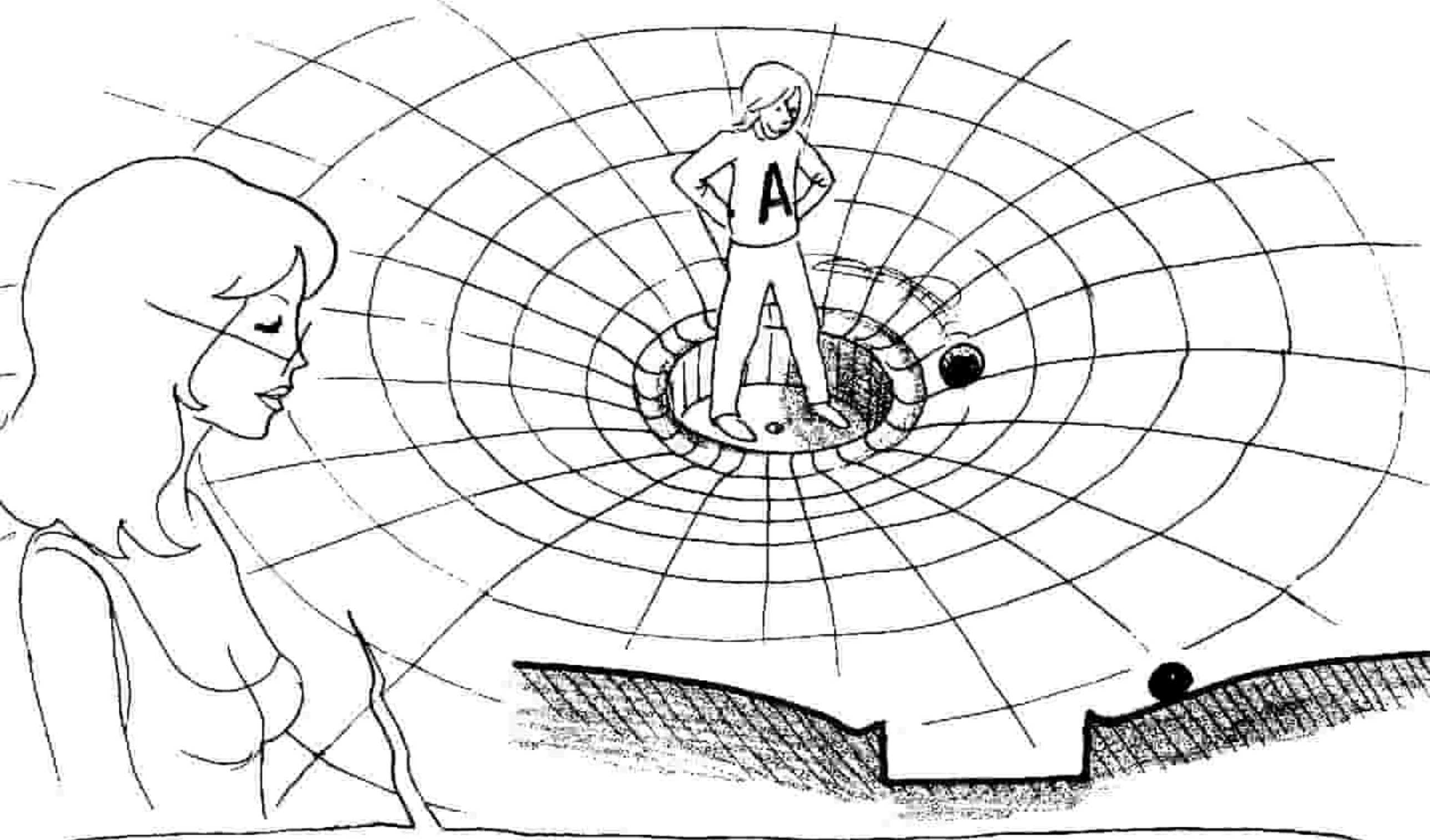
ولكن عندما تُقلع الصَّواريخ فإنَّها تتخذ مساراً شاقولياً بالنسبة لسطح الأرض وليس مساراً مماسيًّاً.

حسناً، إنَّ على الصَّواريخ الخروج من الغلاف الجويِّ، لكنَّها تنحرف بسرعة عن مساراتها. انظر إلى مكوك الفضاء هذا كيف يُقلع.

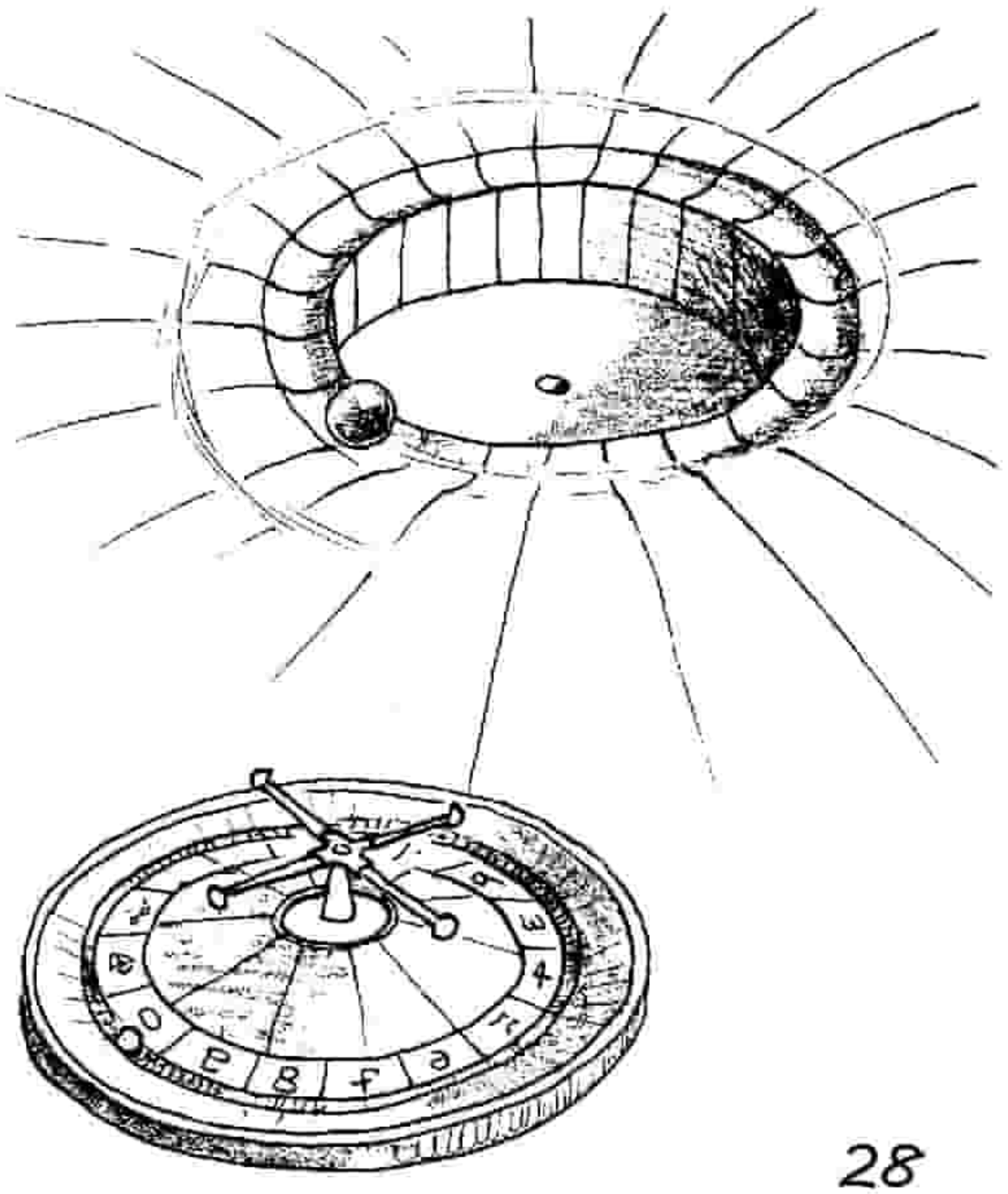
ولكن إذا قمنا ذات يومٍ ببناء قاعدةٍ فوق القمر، حيث لايوجد غلافٌ جويٌّ، فإنّه يمكننا وضع أجسامٍ تدور حوله كأقمارٍ صناعيّةٍ بمجرّد إعطاءها تسارعاً من منصّاتٍ منصوبةٍ بشكلٍ يوازي الأرضيّة (*).

وفي تلك الأثناء ينبغي أن أبلغ بكرتي سرعةً تتجاوز 90 سم/ثا كي تدور حول الفتحة المركزيّة لحوض الماء.

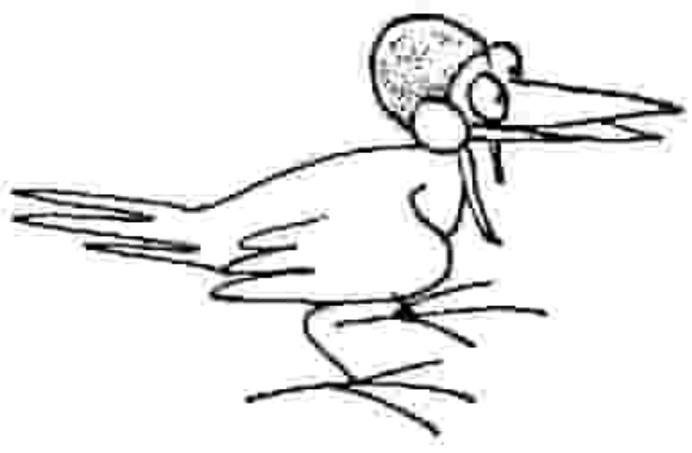
(*) تبلغ سرعة الانفلات من جاذبية القمر 2.36 كم/ثا.



إنَّ هذه السرعة مكافئة لسرعة التَّحليق بمدارٍ دائريٍّ، أو "السُّرعة الكونيَّة الابتدائيَّة" والتي هي ببساطةٍ أعلى بمائة ألف مرّةٍ، أي 7.8 كم/ثا.



إذا كانت السُّرعة أقلّ من ذلك فإنَّ الكرة ستسقط في القناة كما تسقط كرةٌ في عجلة لعبة الروليت، ثمَّ ستتوقف لاحتكاكها بالسَّطح الخشن.



وبصورةٍ مماثلةٍ، إذا أدّى فشل الجزء العلويّ من الصّاروخ الحامل للقمر الصّناعي إلى عدم بلوغه السُّرعة الدُّنيا 7.8 كم/ثا فإنّه سوف يسقط نحو الطّبقات السُّفلى من الغلاف الجويّ مما يتسبب بإبطاء سرعته فوراً.

في كلّ الأحوال فإنّ الكرات التي تدور حول الفتحة المركزيّة وفق مسارات حلزونيّة سوف ينتهي بها المطاف دائماً في القناة بسبب تأثير الشّد.

وهذا يطابق عبارة "فترة حياة" الأقمار الصّناعيّة.

قبل عشرين عاماً استخفّينا بهذا التأثير الكابح عندما افترضنا "حالة قياسيّة" في الغلاف الجويّ العلويّ.

وذلك هو الذي تسبب في الخسارة اللاحقة لمختبر الفضاء الأمريكي "سكاي لاب" (*).

كوكب الأرض

(*) تمّ وضع هذه المحطّة الفضائيّة عام 1973 على ارتفاع 435 كم، وسقطت نحو الأرض في 11 تموز/يوليو 1979

إنَّ الغلاف الجويَّ العلويَّ غير مستقرٍ سكونيّاً. يمكنك مقارنته بطبقةٍ من البخار يعتمد امتدادها الشَّاقولي على النَّشاطِ الشَّمسي. فالغلاف الجوي يبدأ بالغليان عندما تكون هناك انفجاراتٌ شمسيّةٌ ....

البقع الشَّمسيّة إشاراتٌ على نشاطٍ شمسيٍّ انفجاريٍّ كثيفٍ.

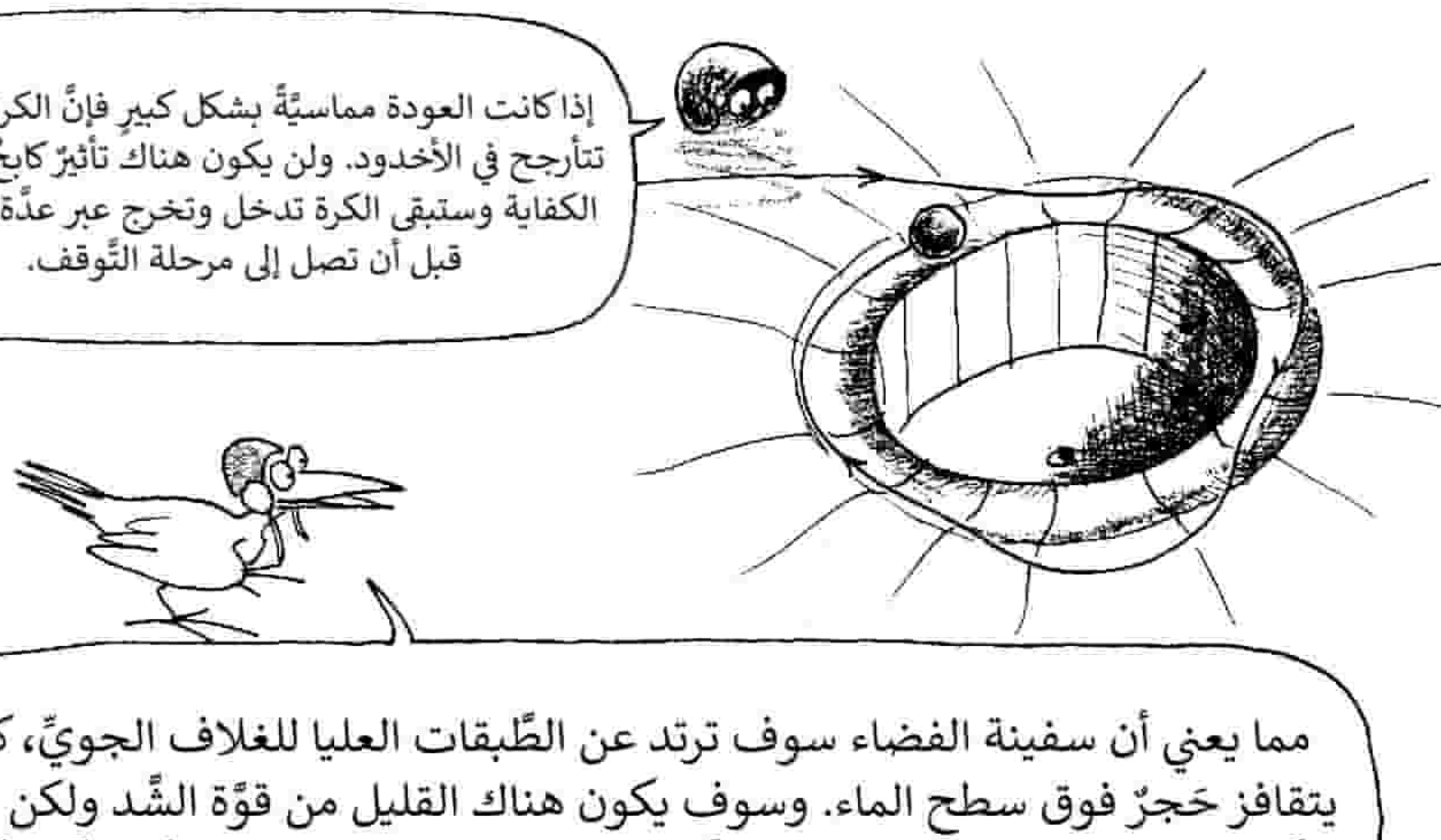
.... تحت تأثير صدمة العديد من الجسيمات عالية الطَّاقة المنبعثة من الشَّمس. وهذا يزيد إلى حدٍّ كبيرٍ قوّة الشَّد للأقمار الصناعيَّة في الطَّبقات العليا.

إنَّ الغلاف الجويَّ للأرض يسمح بالعودة إلى الأرض دون استعمال الطَّاقة (وإلاَّ فإنَّ الأمر كان سيحتاج في العودة إلى طاقةٍ مماثلةٍ للطاقة اللازمة لوضعه في المدار). لكن العودة للدخول يجب أن تتم بزاويةٍ دقيقةٍ جداً.

أقوم بتفعيل الصَّوايخ الكابحة

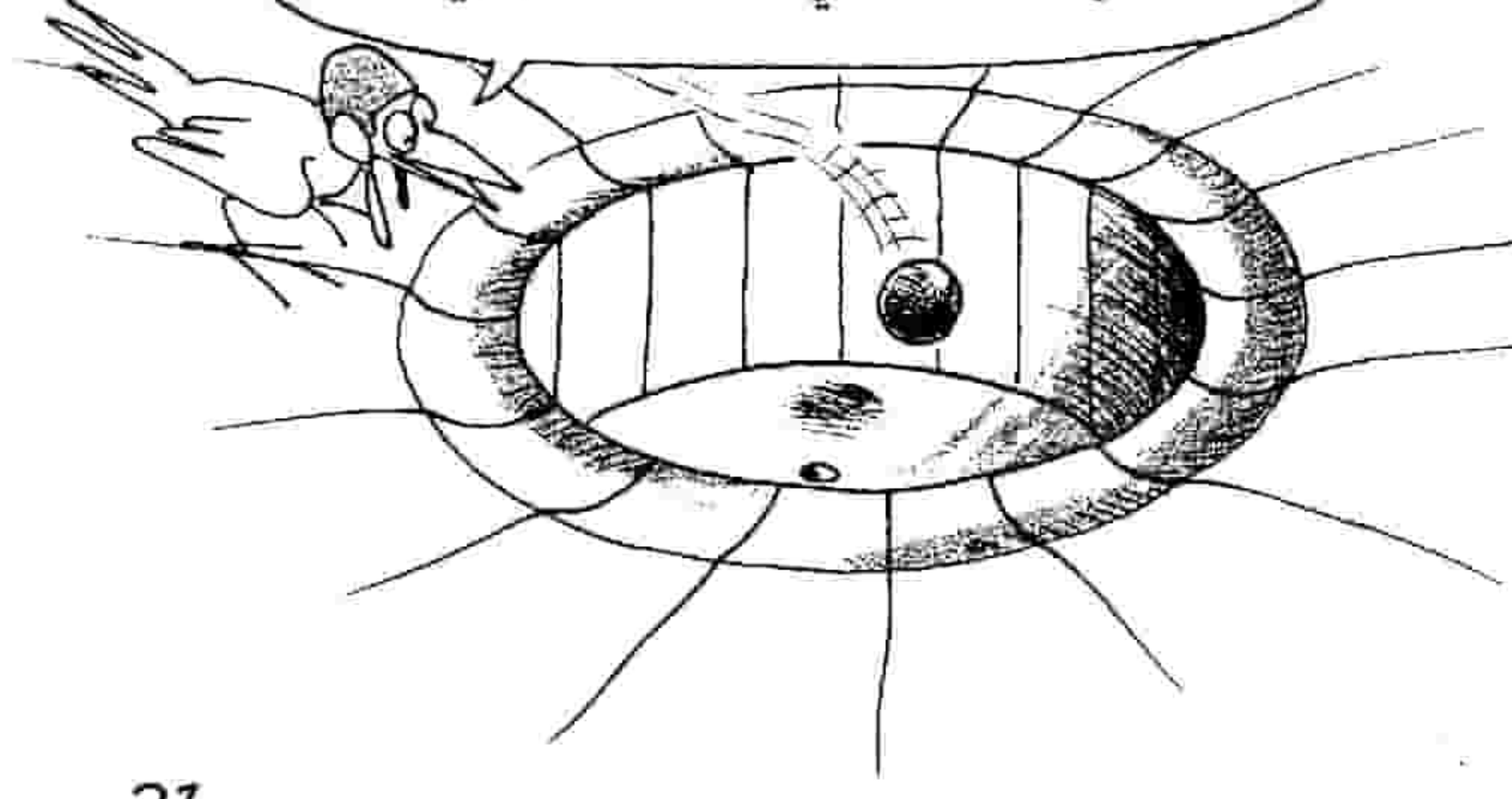
نافذة العودة للدخول

إذا كانت العودة مماسيَّةً بشكل كبيرٍ فإنَّ الكرة سوف تتأرجح في الأخدود. ولن يكون هناك تأثيرٌ كابحٌ بما فيه الكفاية وستبقى الكرة تدخل وتخرج عبر عدَّة فتحاتٍ قبل أن تصل إلى مرحلة التَّوقف.



مما يعني أن سفينة الفضاء سوف ترتد عن الطَّبقات العليا للغلاف الجويِّ، كما يتقافز حَجرٌ فوق سطح الماء. وسوف يكون هناك القليل من قوَّة الشَّد ولكن بعد عدَّة دورات في مدار حول الأرض فإنَّ السَّفينة سوف تكتسب مقداراً كبيراً جداً من الحرارة وسوف تبدأ تسخن.

وبالمقابل، إذا كانت الزَّاوية حادَّةً جداً فإنَّ الكرة سوف تسقط في الفتحة المركزيَّة.



وبعبارةٍ أخرى فإنَّ العودة للدخول سوف تكون قاسيةً جداً ومترافقةً بتباطؤ السُّرعة إلى درجةٍ قد تؤدي إلى تدمير المركبة الفضائيَّة.

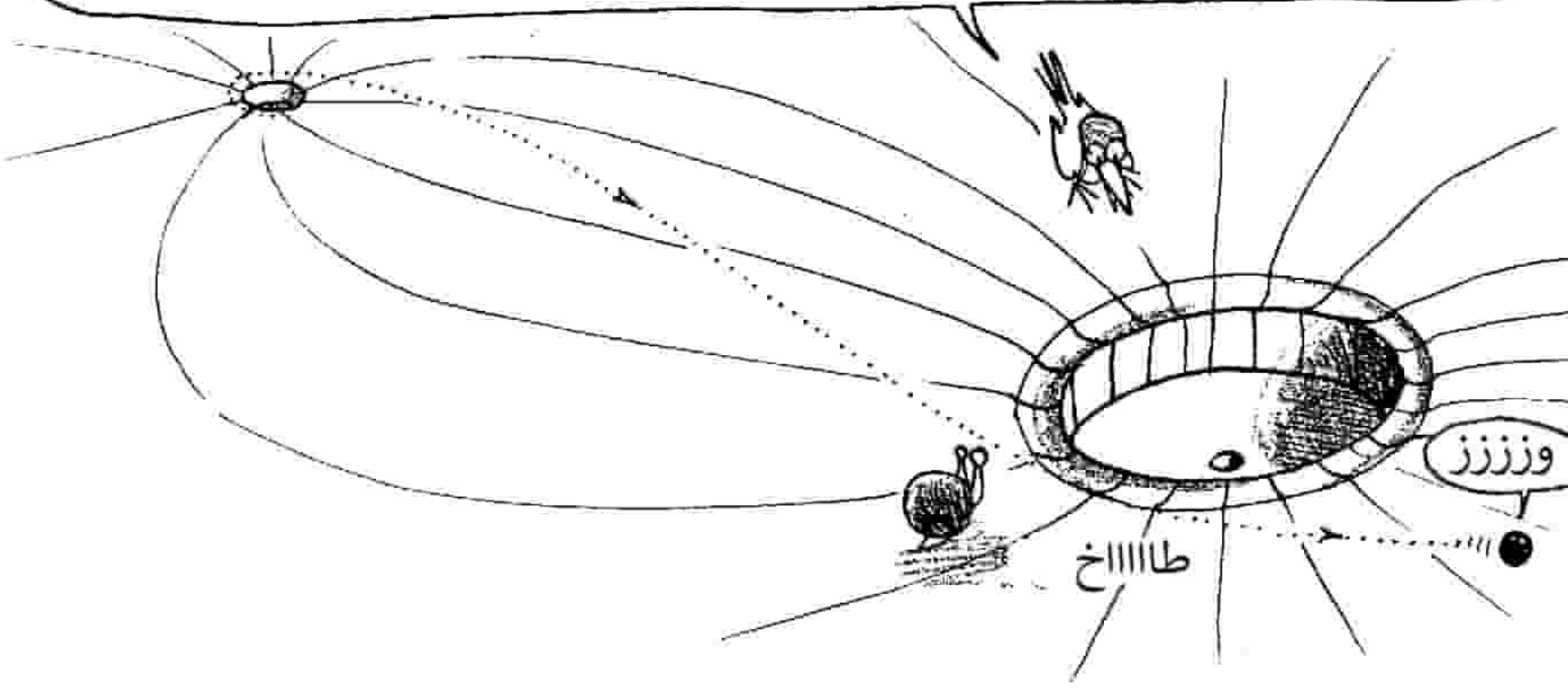
إذا منحتُ كرتي سرعة 80 سم/ثا فيمكنني أن أجعلها تصل إلى مناطق أبعد فأبعد متَّبعةً مساراتٍ إهليلجيةٍ.

إذا كنتَ مُصرَّاً فإنَّك قادرٌ على إرسال الكرة بعيداً حتَّى حوض الماء الفارغ التَّالي، الذي لايحوي قناةً، وعنده فتحةٌ مركزيَّةٌ أصغر، وجوانب أكثر نعومةً.

جيِّد؟

عملٌ متقن. لقد نجحتَ للتوِّ في "مهمتكَ القمريَّة".

إنَّ العودة هي المرحلة الأكثر دقَّةً لأنَّ سفينة الفضاء تقترب من كوكب الأرض بسرعة 11كم/ثا بدلاً من 7.8 كم/ثا. وأيُّ خطأ مهما كان بسيطاً سيجعل روّاد الفضاء مسطحين مثل رقائق المعجّنات، أو سيجعل مركبة العودة ترتدُّ عن الغلاف الجوي وتختفي في الكون.

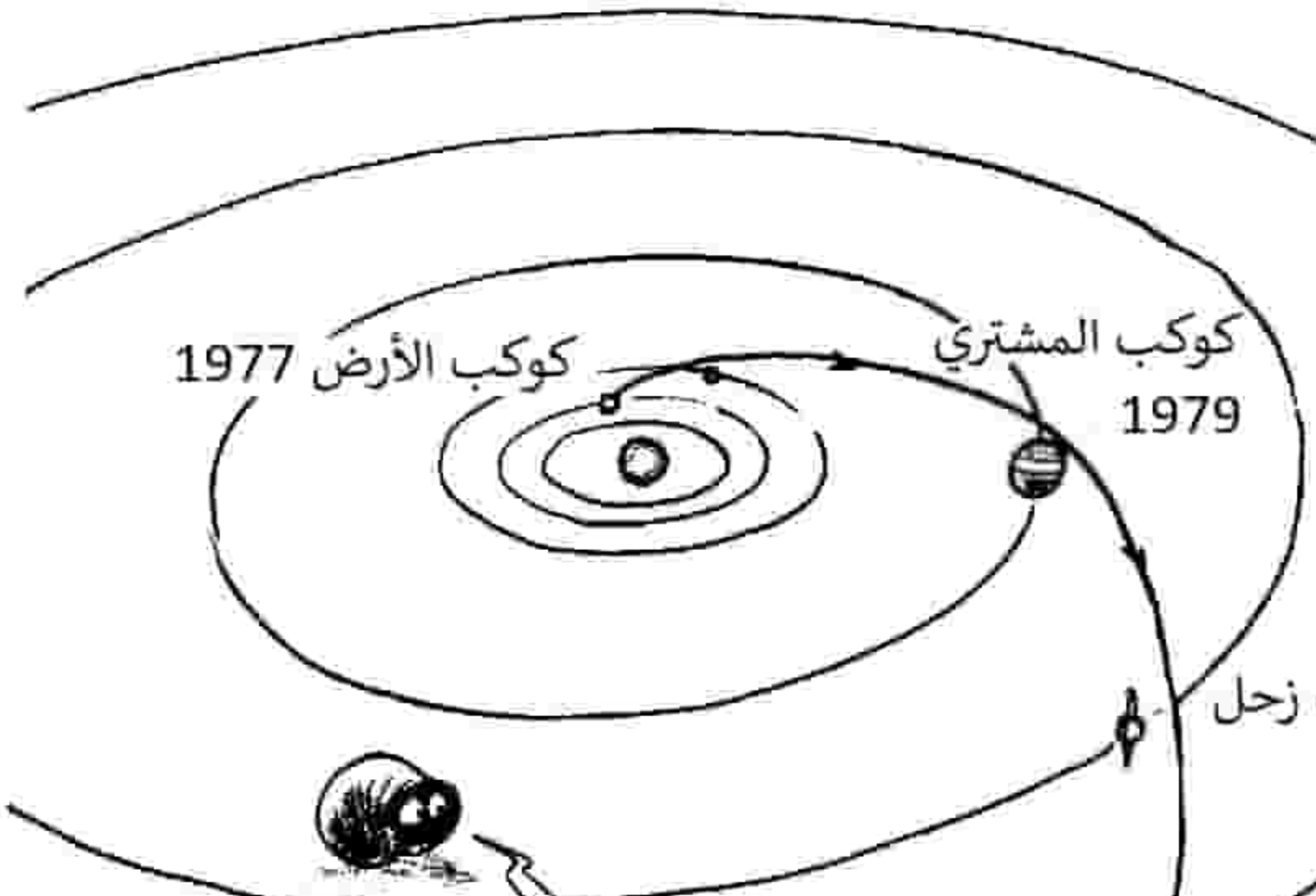


سرعة الانفلات

هذا يكافئ "سرعة الإنفلات" وهي السُّرعة التي يجب الوصول إليها للتغلب على قوَّة الشَّد من كوكب الأرض، أو "السُّرعة الكونيَّة الثَّانية" والبالغة 11 كم/ثا.

ولكنَّ هذا يعني أنَّ علينا تزويد مركبة الفضاء بطاقة أكبر بمرَّتين.

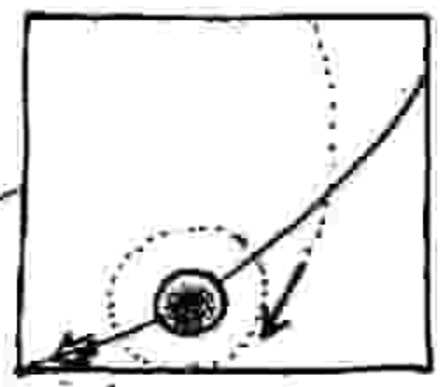
لقد استطعنا الاقتصاد في هذه الطَّاقة في مركبة الفضاء فوياجر 2 عن طريق الاستفادة من التَّوضُّع الاستثنائي للكواكب في المجموعة الشَّمسيَّة.



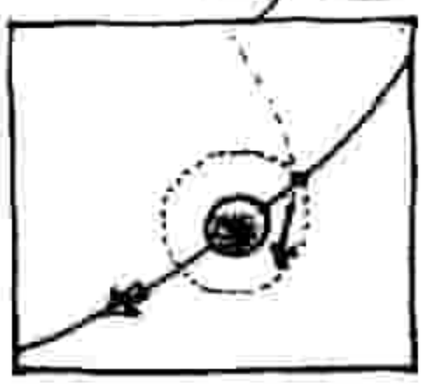
وكتأثيرٍ، فعندما يمرُّ جسمٌ في مسار أحد الكواكب، يقوم الكوكب بشدٍّ وجرِّ الجسم مما يمنحه سرعةً إضافيَّةً.

أتاحت السُّرعات المكتسبة المتتالية للمركبة مغادرة المجموعة الشَّمسيَّة.

هذا يجعلني أفكِّر بالطريقة التي يقود بها عمِّي أدولفو سيَّارته الصَّغيرة خلف الشَّاحنات الكبيرة، بحيث ينطلق بسرعةٍ تزيد بضعة كيلومتراتٍ في السَّاعة.

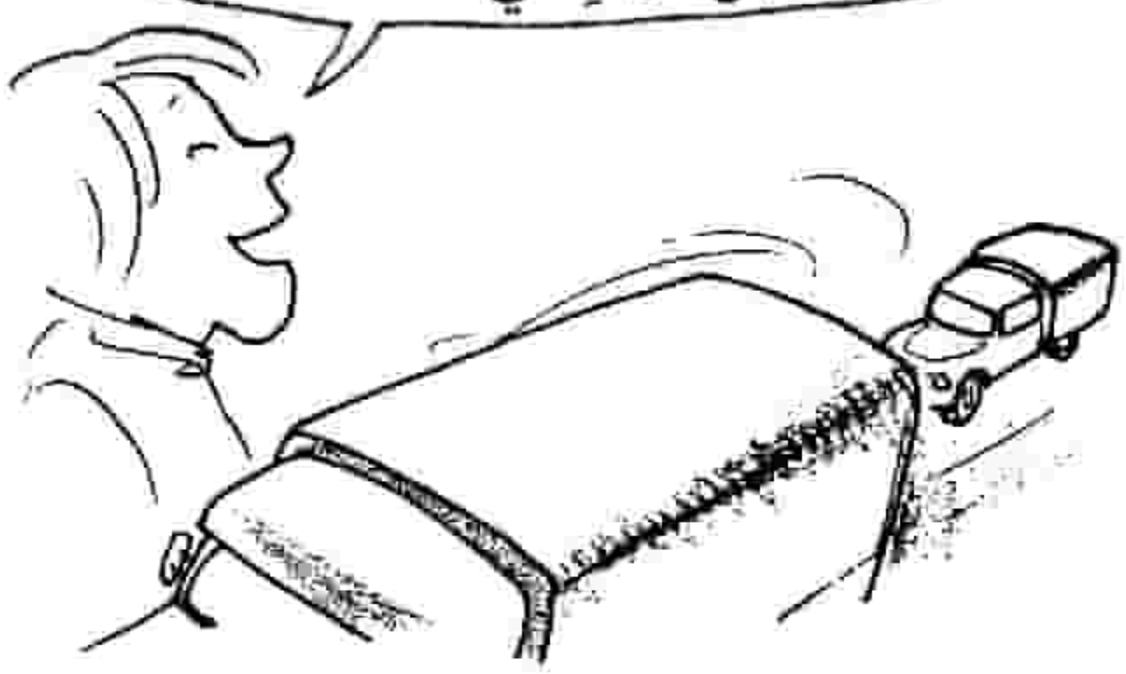


المركبة تخترق منطقة الجذب الخاصَّة بالكوكب.



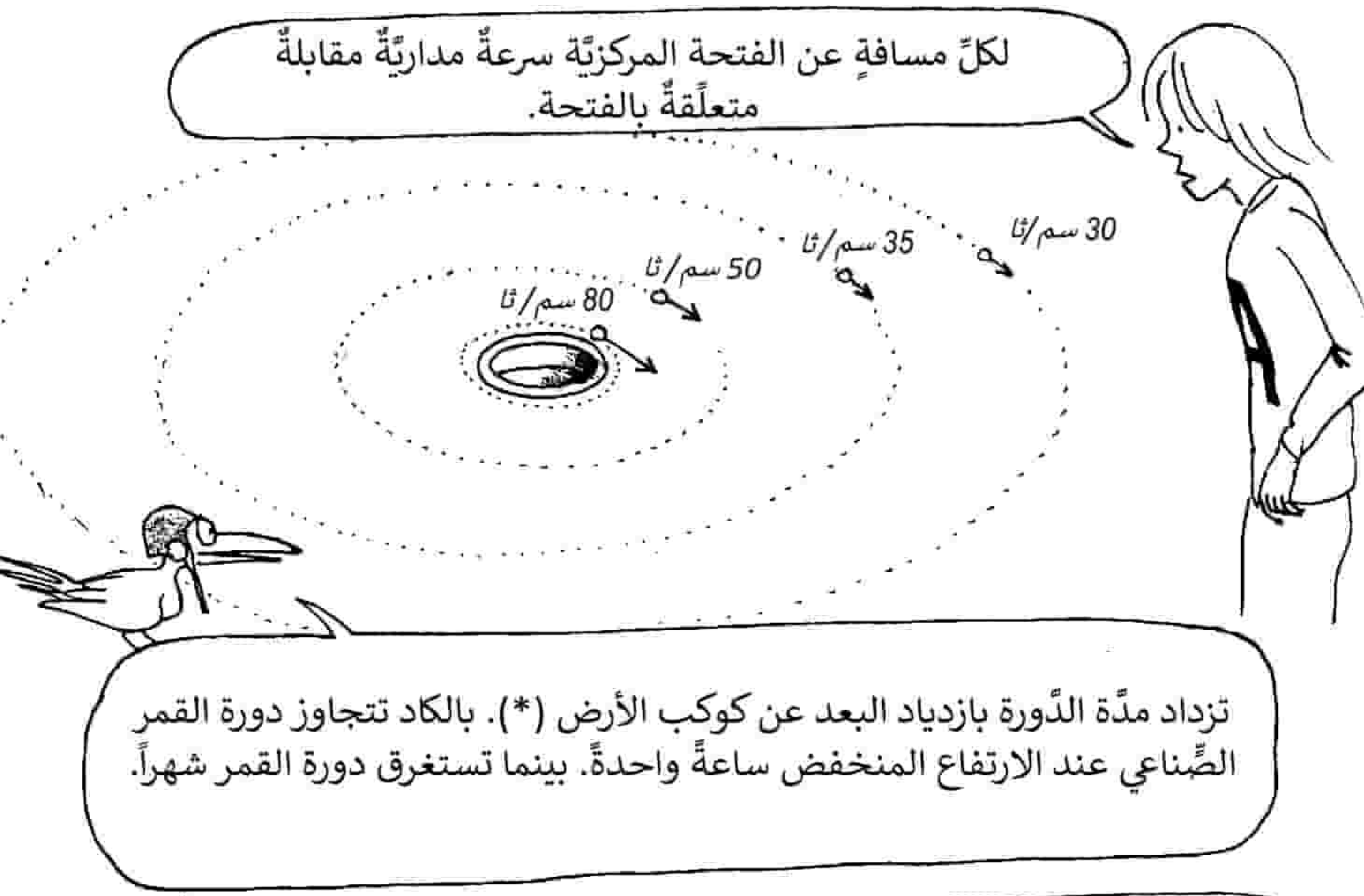
تكتسب سرعةً إضافيَّةً.

ثمَّ تغادر منطقة الجذب وتتابع طريقها.



الطَّاقة الكامنة تساوي ½ م مربع السُّرعة

الأقمار الصّناعية ذات المدار الثابت

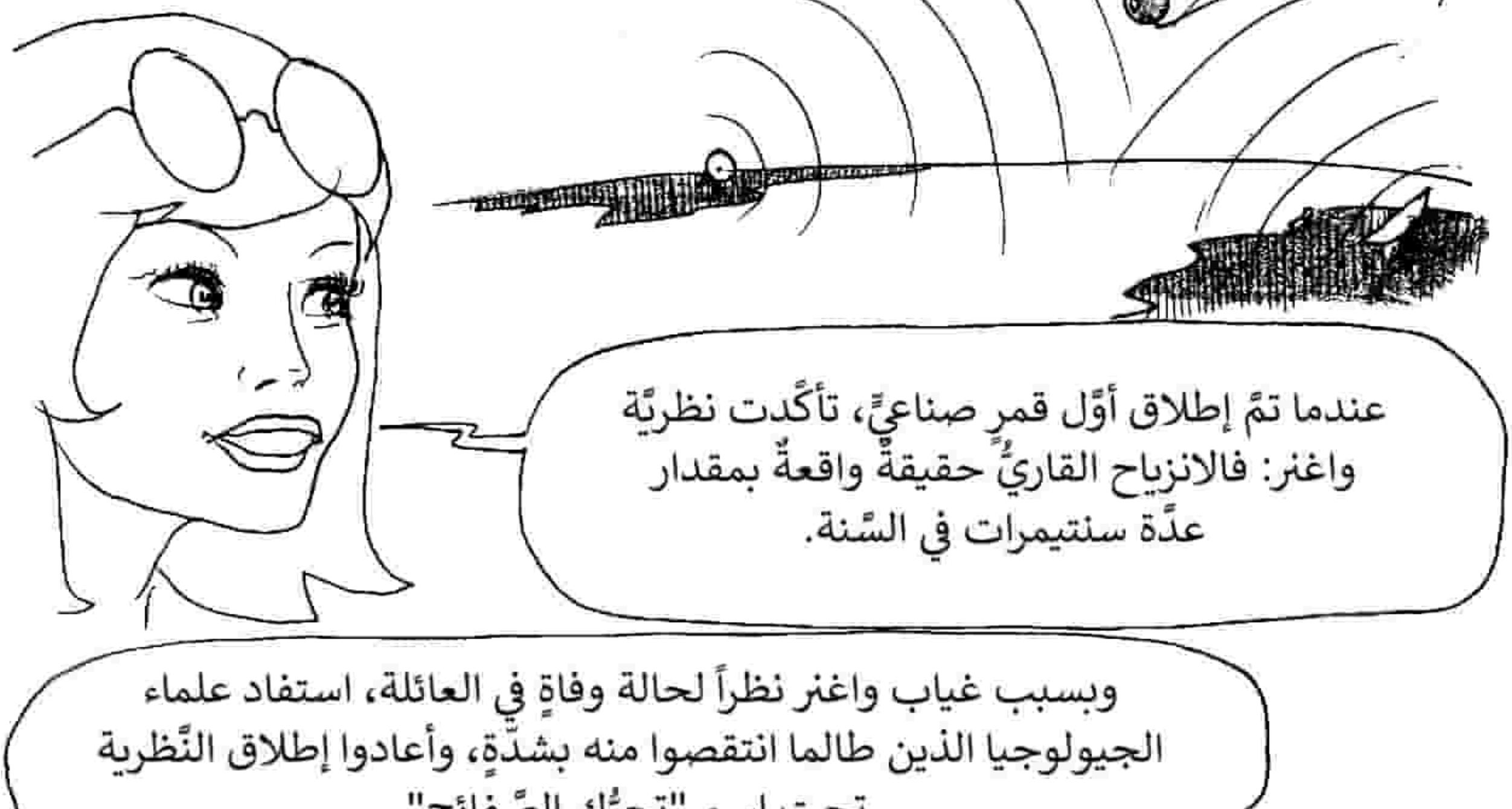


(*) قانون كبلر: مربع مدّة الدّورة يختلف تناسباً مع مكعّب نصف قطر الدّوران.

المشهد من الفضاء

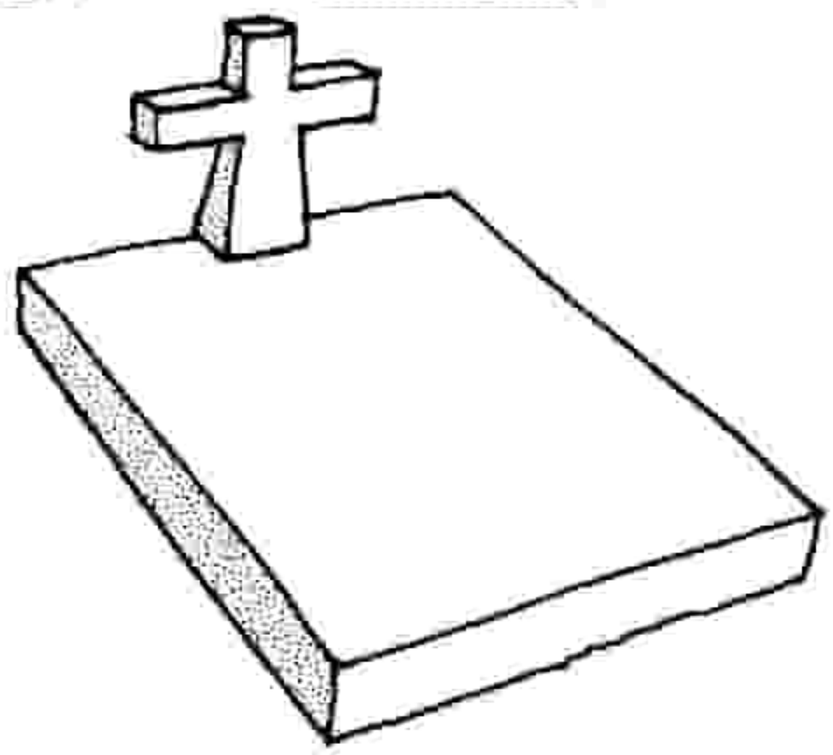
لقد عرفنا كيفيّة قياس سرعة الاقتراب أو الابتعاد لأيّ جسمٍ ولعدّة سنواتٍ بدقّةٍ عاليةٍ مهما كانت المسافات هائلةً، وذلك باستخدام ظاهرة دوبلر-فيزيو (*) .

أراد النّاس لوقتٍ طويلٍ أن يعرفوا إن كانت قارة أمريكا تتحرك بعيداً عن قارة أوروبا، بناءً على فرضيّة عالم الأرصاد واغنر في بدايات القرن العشرين.



عندما تمّ إطلاق أوّل قمرٍ صناعيٍّ، تأكّدت نظريّة واغنر: فالانزياح القاريُّ حقيقةٌ واقعةٌ بمقدار عدّة سنتيمرات في السّنة.

وبسبب غياب واغنر نظراً لحالة وفاةٍ في العائلة، استفاد علماء الجيولوجيا الذين طالما انتقصوا منه بشدّةٍ، وأعادوا إطلاق النّظرية تحت اسم "تحرُّك الصّفائح".

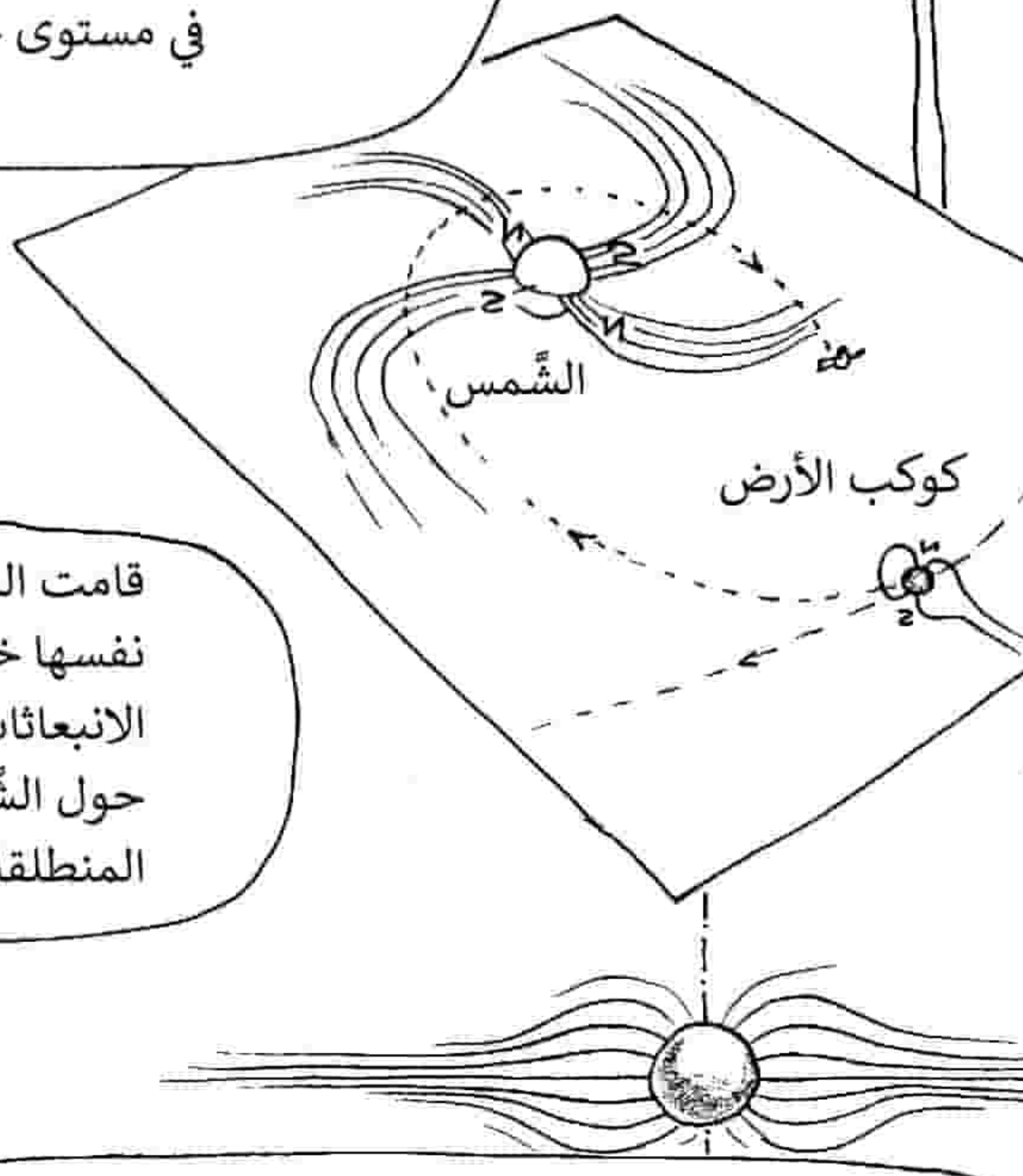


(*) انظر فقرة "الانفجار العظيم"

وبعد علماء الجيولوجيا بدأ علماء الأرصاد بالاستفادة من الصور المرسلة من الأقمار الصِّناعيَّة ليجعلوا توقعاتهم أكثر دقةً.

ولكن ذات يومٍ، أرسل قمرٌ صناعيٌّ مخصصٌ للبقع الشَّمسيَّة بياناتٍ عن مجال مغناطيسيٍّ أدَّت إلى إرباك علماء الفيزياء الفلكيَّة. فقد كان من المعروف لوقتٍ طويلٍ أنَّ للشَّمس مجال مغناطيسي، ولكن لم يكن من المعروف أنَّ هذا المجال له قطبان، شماليٌّ وجنوبيٌّ، متوضعان في مستوى خط الاستواء الشَّمسي.

قامت الشَّمس - التي تتم دورةً حول نفسها خلال ثلاثين يوماً – بسحب الانبعاثات المغناطيسيَّة والتي تموضعت حول الشَّمس بشكلٍ مماثلٍ للتدفقات المنطلقة من مرش مائيٍّ دوَّارٍ.



كان بمقدورنا رؤية هذه المجموعة المنسجمة من زاويةٍ جانبيَّةٍ، وحتَّى ذلك الحين كنَّا نعرفها فقط كما تبدو في هذا الرَّسم.

ولكن كيف أمكننا معرفة شكل المجال المغناطيسي للشَّمس من مسافةٍ هائلةٍ؟

حسناً، خلال الكسوف يغطي القمر قرص الشَّمس تماماً، وبالتالي يمكننا رؤية الهالة الشَّمسيَّة والتَّوهجات المنطلقة منها.

يحتوي الانبعاث على غازٍ متأينٍ شديد الحرارة يتخذ مسار خطوط القوى للمجال المغناطيسي.

ولكن إذا كانت هذه التدفقات من الغاز المتأين أو البلازما، تتبع مسار خطوط المجال المغناطيسي فإنَّ الهالة الشَّمسيَّة ينبغي - عند رؤيتها من المحور التَّناظري - أن تبدو هكذا.

ولكنَّ ذلك هو الصَّليب المعقوف، رمز الشَّمس في نصوص الفيدا (*) .

الفيدا نصوص ظهرت في التُّراث الهنديِّ القديم وألهمت عدَّة علماء مثل هازنبرغ ونيلز بور وأوبنهايمر، ولكن منذ حينها وحتَّى .....

(*) استخدمها هتلر فترةً شعاراً للنهايات الرَّهيبة.

كان المجال المغناطيسي لكوكب الأرض عرضةً لنوعٍ من انقلاب الاتجاهات خلال الماضي البعيد. هل كان الأمر نفسه بالنسبة للشّمس ياترى؟

لنفترض أنّ الهالة كانت تبدو هكذا خلال الكسوف لملايين السّنين الماضية،
يبقى الغموض قائماً لأنّ تلك الهائلة لم تكون متألقةً بشكلٍ كافٍ يسمح برؤيتها بالعين المجرّدة من هذه المسافة البعيدة عن الشّمس. وكان يتوجب الاستعانة بنظام تصويرٍ ضوئيٍّ ذو فترة تأخير طويلة. وماعدا ذلك فإن الأمر طبعاً لايعدو المصادفة.

قصةٌ غريبةٌ.

جمعت المركبات الفضائيّة التي أُرسلت إلى الأطراف الأربعة للمجموعة الشّمسيّة معلوماتٍ غير متوقعةٍ نهائيّاً.

وهكذا قامت الموجات الراديويّة التي بثّتها مركبة أمريكيّة باختراق غطاء الغيوم فوق كوكب الزُّهرة وقدّمت أول المؤشرات على شكل تضاريس الكوكب.

على أسطح الكواكب التُّرابيّة، وهي تلك الكواكب التي لاتملك كتلةً سائلةً كليّاً مثل المشتري وزحل، تشكّل الحممُ المتصلّبةُ "البرَّ" و"البحرَ"، لكنّنا لانعلم السّبب.

ماالذي تقولينه؟ لايوجد ماء في كوكب المريخ، وكوكب الزُّهرة عبارة عن فرنٍ حرارة سطحه 500 درجة.

أرضٌ قاريّة (طبقةٌ صلبةٌ)

حممٌ منصهرةٌ

"بحرٌ" (طبقةٌ رقيقةٌ من الحمم المتصلّبة)

يملأ الماء في حالته السَّائلة المناطق ذات الارتفاع المنخفض على كوكب الأرض، و"البرُّ" مجرد كتلةٍ من الحمم الصَّلبة تطفو على سطح كتلةٍ من الحمم السَّائلة.

حسناً، وبالتالي فإنَّ كواكب المريخ والزُّهرة وعطارد تحوي أرضاً قاريَّةً. وإن يكن؟

تقوم التَّحركات الدَّاخليَّة للحمم على كوكب الأرض بتعريض الطَّبقات الصَّلبة لجذبٍ هائلٍ وبالتَّالي تكسيرها، محرضةً "الانزياح القارِّي". تتشقق الطَّبقة العليا بشكلٍ مستمرٍّ وتظهر الحمم على طول التلال المحيطيَّة الوسطى، وهي مناطق نشاطٍ بركانيٍّ شديدٍ.

أرضٌ قاريَّةٌ

ماء

طبقةٌ من الحمم السَّائلة

التِّلال المحيطيَّة الوسطى

حركة الحمل الحراري للحمم السَّائلة

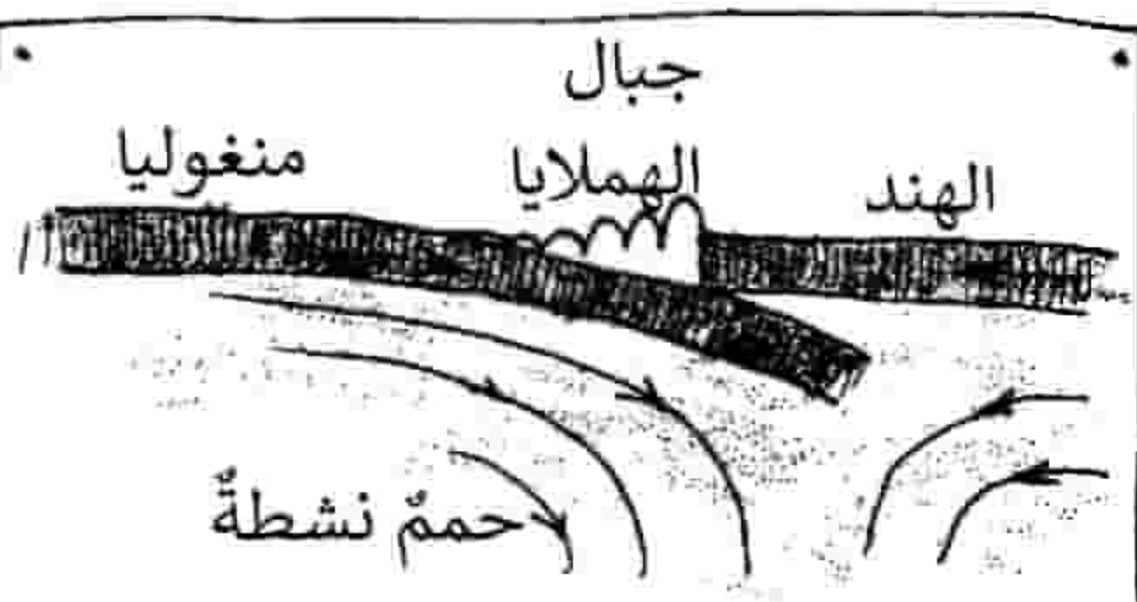
أرضٌ قاريَّةٌ

هذا شكلٌ من سلاسل الجبال تحت البحر، تقع في منتصف المسافة بين قارَّة إفريقيا وقارَّة أمريكا الجنوبيَّة اللتين تتحركان مبتعدتين عن بعضهما.

أظهرت الخرائط الرَّاديويَّة للكواكب الأخرى عدم وجود تلال محيطيَّةٍ وسطى، وأنَّ الكواكب لم تكن عرضةً لتفتت أرضها القاريَّة الأساسيَّة.

هذا يعني ببساطةٍ أنَّ حمم كواكب المريخ والزُّهرة وعطارد "خامدةٌ" مقارنةً بحمم كوكب الأرض.

لنفترض أنه وجد حول نجمٍ آخر كوكبٌ يحوي الماء في حالته السَّائلة، فإنَّه لن يمرَّ وقتٌ طويلٌ قبل أن تقوم الأمطار بتسوية التَّضاريس الناتجة عن الارتطام النيزكيّ. ولأنَّه لن يكون هناك انزياحٌ قاريٌّ وكذلك لن يكون هناك تشكُّلٌ لجبالٍ جديدةٍ، فإن هذا الكوكب سيكون ذو سطح مستوٍ مثل سطح الفطيرة.



تداخل صفيحتين قاريتين يؤدي لنشوء سلسلة جبال.

إذا تطوَّرت الحياة على كوكب ذو سطح مستوٍ فإنَّ غياب الحدود الطبيعيَّة سيعترض أي تطورٍ منفصلٍ.

سوف تكون الأنواع الحيوانيَّة أقلَّ تنوُّعاً بكثير، وإذا تطوَّر النَّوع البشريُّ فإنَّه سيكون عِرقاً واحداً ويتكلَّم لغةً مشتركةً.

يُعتبر الانزياح القاريُّ ظاهرةً نادرة الحدوث على مستوى المجموعة الشَّمسيَّة كونه يؤثر على كوكب الأرض فقط. ولو كان ظاهرة عامةً فإنّ أيّ مخلوقٍ فضائيٍّ يأتي سوف يصادف بضع مفاجآتٍ.

حسناً يازعيم، يبدو أنَّهم يرسمون الأشياء بألوانٍ مختلفةٍ طبقاً لمواضعها.

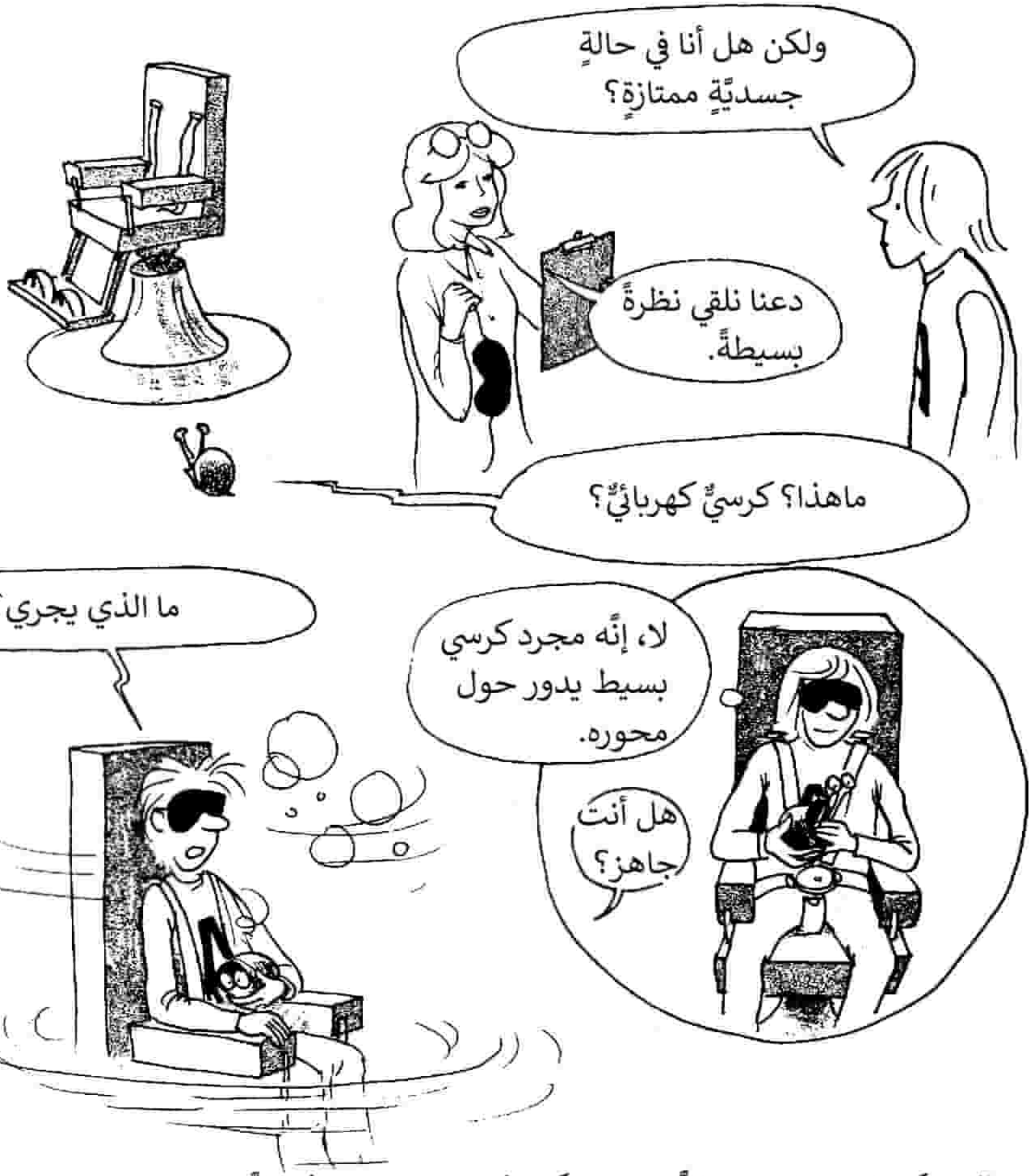
يمكننا التَّطلع قدماً نحو اكتشافاتٍ علميةٍ عظيمةٍ من الفضاء. كم أحبُّ أن أساهم في تلك المغامرة.

لديَّ مهمة "هيرمس" في الخامس عشر من الشَّهر. يمكنك المجيء إذا رغبتَ.

رائع، سوف أصبح رجلاً في الفضاء، أو بالأحرى "فضائيّاً".

انتظر، سوف يكون عليكَ الخضوع لبعض التدريبات الجديَّة.

تدريب روّاد الفضاء (★)



(*) يمكن لهواة الفضاء الشّباب استكشاف واستخدام هذه التّجهيزات في "معسكر **باتريك بودري** الفضائيّ" في مدينة **كان** الفرنسيّة.

ما الذي فعلتيه بهذا الكرسي ياصوفي؟ أشعر وكأنّني في مدينة الألعاب.

عندما تكون عيناك مغلقتان، فإنّك تستخدم نظامك الدِّهليزي أي أذنك الدَّاخليَّة كي تستنبطَ موقعكَ في الفراغ.

القنوات شبه الدَّائريَّة

القوقعة

تخيَّل نظاماً عطالياً مؤلفاً من ثلاثة أنابيب مملوءة بمادةٍ سائلةٍ ومتوضعة في ثلاثة مستويات متعامدةٍ، وهذه الأنابيب مغطاةٌ من الدَّاخل بأهدابٍ تعمل كحساسات. وعندما يتم تدوير النِّظام حول نفسه فإنَّ السَّائل يتحرَّك ويسبب جريانه انحناء الأهداب مما يسمح برصد أي تسارعٍ زاويٍّ.

عندما نشعر بتسارعٍ زاويٍّ نتيجة حركةٍ معيَّنةٍ فإنَّنا نخمِّن سرعة الدَّوران المكتسبة، وعندما يكون هناك تباطؤ فإنَّنا نحصل على فكرةٍ مبهمةٍ عن مقدار سعة الحركة الزَّاويَّة التي وقعت. ولكنَّ هذه الطَّريقة في القياس غير دقيقةٍ نوعاً ما.

كانت الحركة الدَّورانيَّة البسيطة كافيةً لخلط السَّائل في الأنابيب التي صنعتُها إلى درجةٍ جعلتني لا أميِّز أيَّ قسمٍ منها كان الأعلى وأيُّ قسمٍ كان الأسفل.

قل شيئاً يا تيريسياس.

يبدو أنَّه انكمش كليّاً في مؤخرة صَدَفته.

يمكنك الخروج الآن، لقد انتهى الأمر.

هل أنتَ متأكِّدٌ؟

لماذا قلبتم مركز التَّدريب رأساً على عقب؟

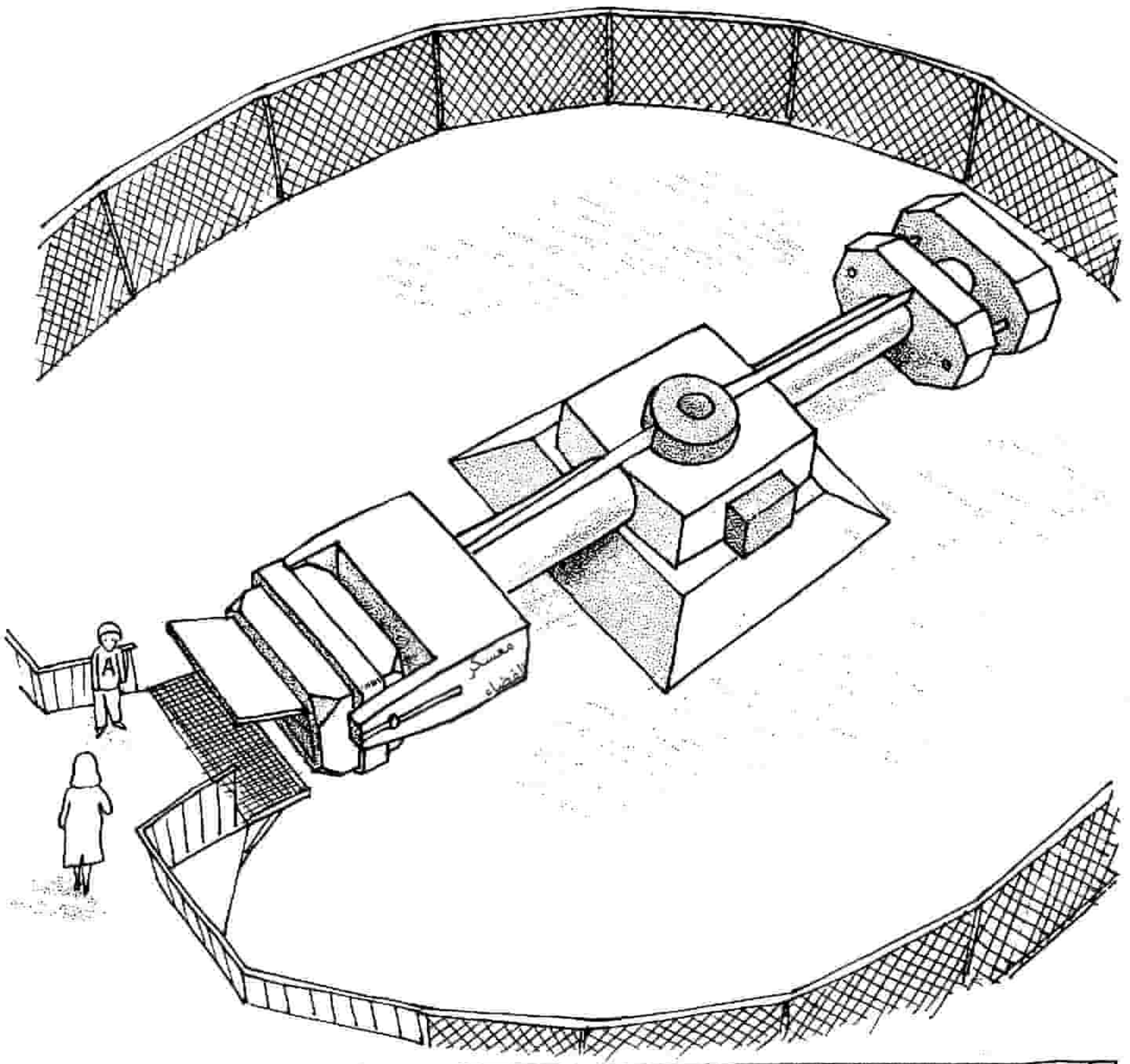
تخيَّل أنَّكَ كنتَ ذات يومٍ في قمرةٍ فضائيَّةٍ فقدَتْ استقرارها نتيجة حادثٍ ما. إن احتفاظكَ بهدوئكَ في مثل هذه المواقف ليس أمراً سهلاً.

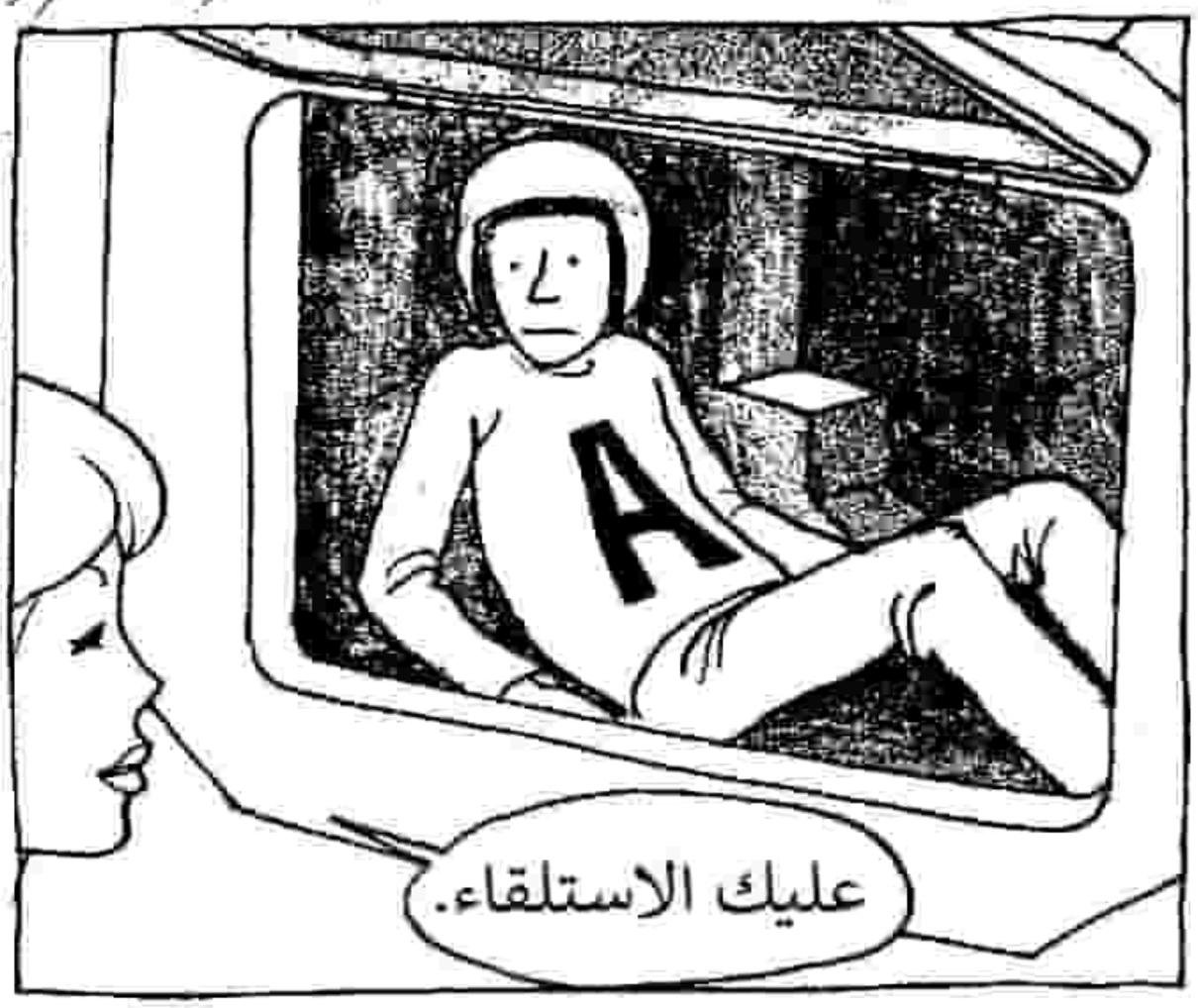
ماهو ناتج العدد 38 مكرّراً 47 مرةً يا**أرشيبالد**؟

دقيقة فقط وسأجد الإجابة.

اممممم، العمية ليست بسيطةً.

صح، والآن إلى جهاز الطَّرد المركزيّ.


معسكر
الفضاء
A


عليك الاستلقاء.

حسناً، إنَّها تبدأ العمل.
A

وصلنا إلى مرحلة 3 ث.

ماذا تعني 3 ث ياصوفي.

إنّها المرحلة التي يبلغ فيها وزن أرشيبالد ثلاثة أضعاف وزنه.
وإن شئتَ الإيضاح فإنّ 3 ث هي تسارع حزمة الخسّ عندما تكون متأرجحةً حول رأسي داخل مجفِّفة السَّلطة.

ماذا؟

هل يمكنك أن تتصور نفسك داخل مجفِّفة سلطة عند المقدار 3 ث يا **تيريسياس**؟

تلك هي القيمة الأعلى التي تم اختبارها في أيِّ مهمَّةٍ.

تعلَّم **أرشيبالد** خلال الأسبوع التَّالي جميع مراحل المهمَّة وخطواتها ومقاييس الأمان.

... ثمّ نتحكَّم بدرجة الحرارة المحيطة.

ماهذا الشيء هناك؟

إنه نموذج بالحجم الفعليّ للمقعد الفضائيّ المتحرّك الذي سوف تستخدمه خلال المهمّة.

هل سنأخذه معنا في المكوك؟

لا، فهناك واحدٌ موجودٌ من قبل، علينا فقط إعادة تزويده بالوقود الدّافع.

إنّه مجهّزٌ بذراعي تحكُّم، ماهي وظيفتهما؟

أجهزة التّحكُّم بالمقعد المتحرّك

فتحات

طرف

دافعات التموضع

الأنابيب

الوقود الدافع: 12 كغ من النيتروجين المضغوط

الأزرار

حركة الأذرع

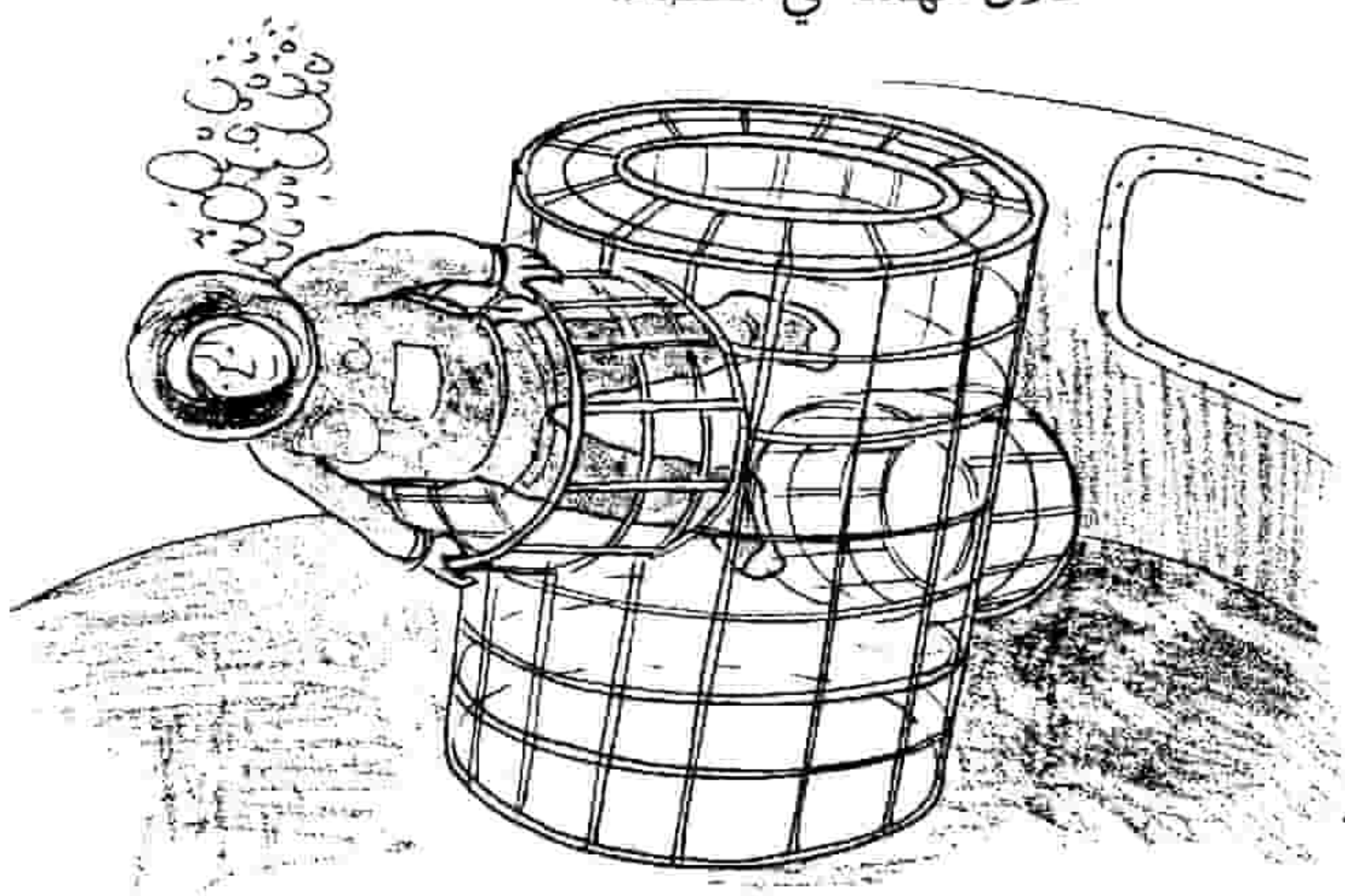
الحركة الالتفافيّة

الحركة الدورانيّة

حركة الانتقال الشّاقولي

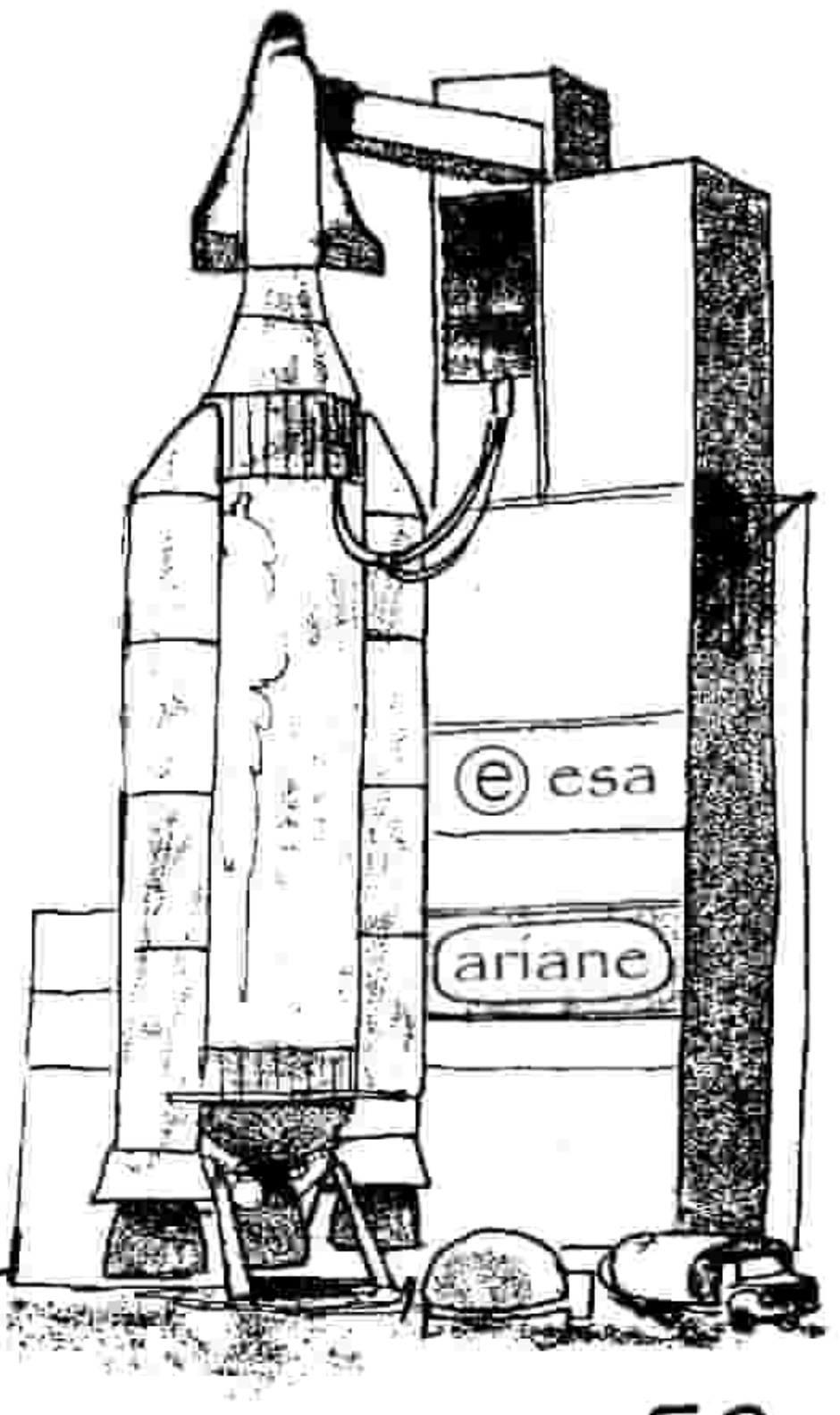
النقل إلى الأمام والخلف، والنقل إلى اليمين واليسار

أنهى **أرشيبالد** تدريباته بقضاء ساعاتٍ
في حوض محاكاة "انعدام الوزن"،
حيث اختبر الحركات التي سيقوم بها
خلال مهمّته في الفضاء.



هيرمس

هذا هو مكوك الفضاء هيرمس مثبّتاً على الصّاروخ إريان 5. يبلغ ارتفاعه الإجمالي 50 متراً. تتألف منصّة الإطلاق من محرّكَين ابتدائيَّن يعملان بالوقود الصّلب، يقدِّم كلٌّ منهما 600 طن من طاقة الاندفاع، وهما مثبّتان على جانبي داسر يعمل بالهيدروجين السّائل والأوكسجين ومزوّدٌ بفوّهاتٍ متحرّكةٍ يُستعمل لقيادة النِّظام. ويقدِّم 110 طن من طاقة الاندفاع مما يجعل الإجماليّ 1370 طنّاً. ويبلغ الوزن الكليُّ لمنصة الإطلاق والمكوك 750طنّاً



وداعاً ياكوكب الأرض العجوز.

كورو، غوايانا الفرنسيَّة السَّاعة 05:07

هل أنتَ بخير يا **أرشيبالد**؟

نعم، إنَّ الوضع أسهل من جهاز الطَّرد المركزيّ.

لايتجاوز التَّسارع حدَّ 3 ث أبداً خلال "الإدخال في المدار".

ariane

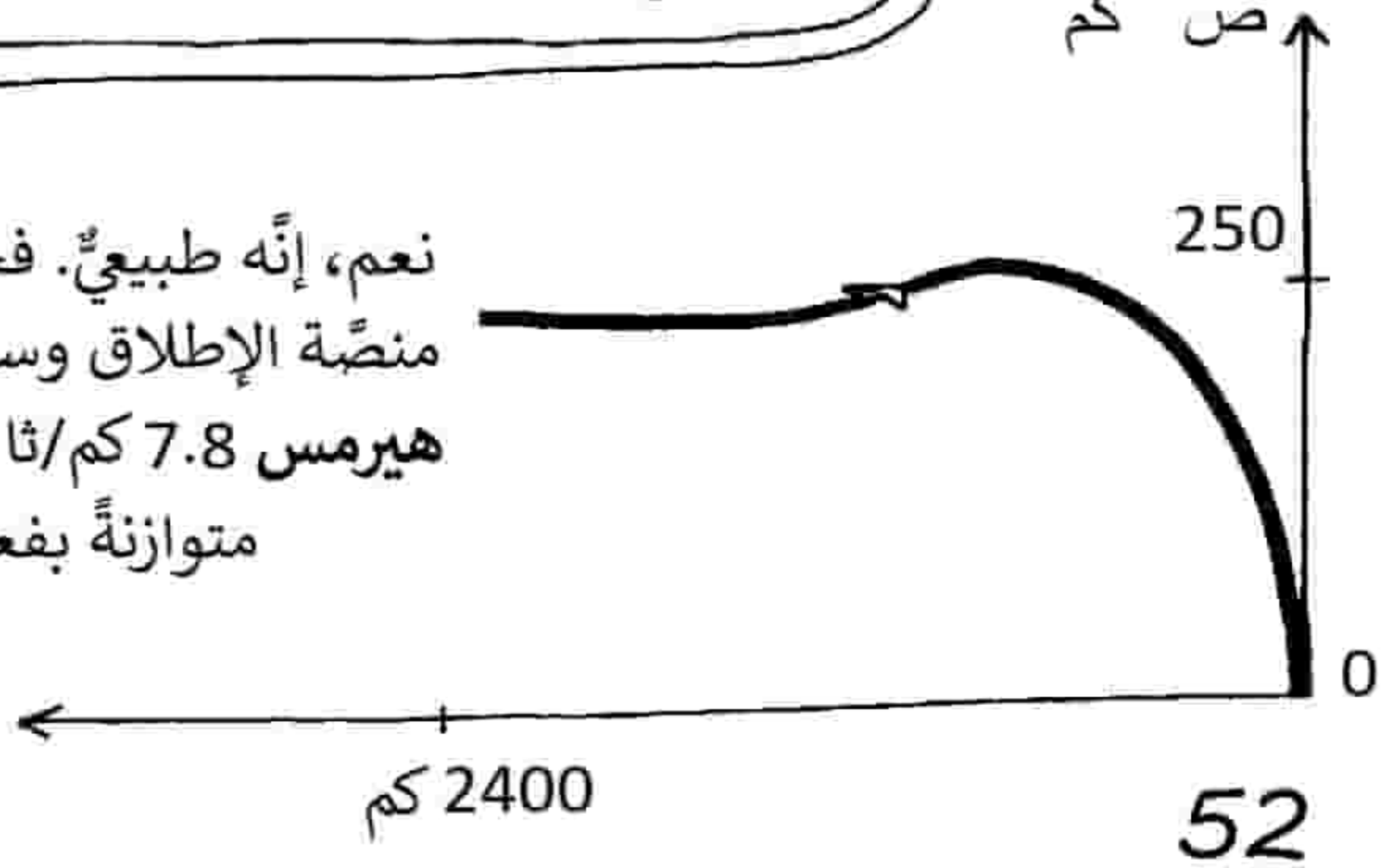
تكسر منظومة **إريان - هيرمس** حاجز الصَّوت بعد 50 ثانيةٍ.

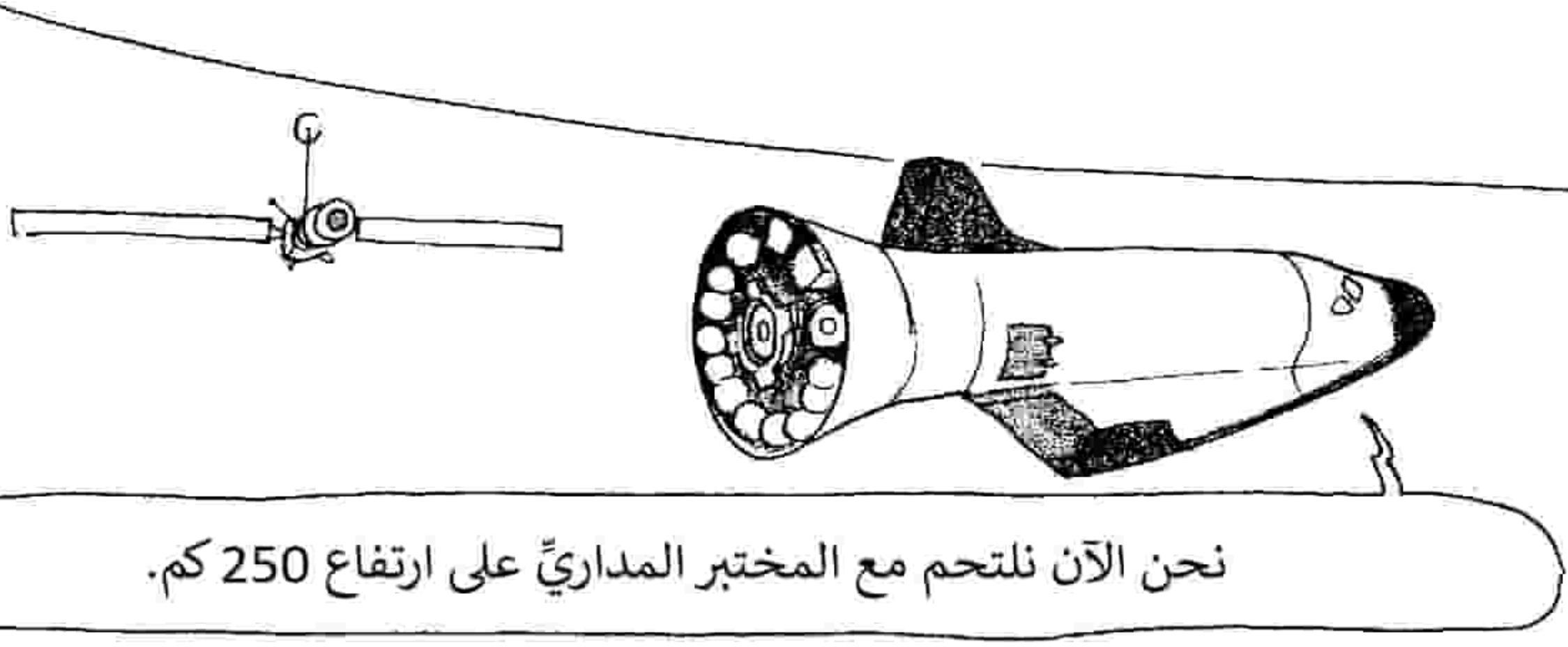
120 ثانيةً.

الارتفاع 40 كيلومتراً، تمّ فصل المحرِّكَين الابتدائيين اللذين ساعدانا على الخروج من القسم الكثيف من الغلاف الجويِّ.

ثوانٍ قليلةٌ. إنّنا الآن في وضعٍ أفقيٍّ. بل إنّ لديّ انطباعٌ أنّنا عدنا نحو الأسفل. هل هذا شيءٌ طبيعيٌّ؟

نعم، إنّه طبيعيٌّ. فخلال عدّة ثوانٍ سيتمُّ انفصال منصّة الإطلاق وستبلغ سرعة دفع مكوك الفضاء **هيرمس** 7.8 كم/ثا مما يسمح لأجسامنا أن تصبح متوازنةً بفعل قوّة الطّرد المركزيّة.





نحن الآن نلتحم مع المختبر المداريِّ على ارتفاع 250 كم.

أقوم بوصل الأنبوب 24
بخزّان غاز الفريون.

بينما كان أرشيبالد يرتاح بعد جولته الفضائيَّة
أنهت **صوفي** جمع تسجيلات البيانات
الخاصَّة بالتجارب المختلفة
التي أُجريت على متن
المحطَّة الفضائيَّة.

يقضي النَّاس وقتهم في العمل
على متن المحطَّة الفضائيَّة.

والآن؟

حان وقت النَّوم.

خخخخخخ

انهض أيُّها الزميل الشَّاب. علينا توثيق بيانات تلوُّث الفضاء على مسافة ألف مترٍ من المحطَّة.

أنهض؟ كيف تريدين منِّي النُّهوض في عالمٍ ليس فيه أعلى وأسفل؟

لقد وصلتُ إلى مؤخرة المحطَّة وأنا جاهزٌ لإطلاق المقعد المتحرِّك.

تمَّ إحكام أحزمة الأمان

تحرَّر المقعد المتحرِّك.

هل يمكنك رؤيته؟

نعم، هاهو ذا. أستطيع رؤية الوشاح لامعاً بضوء الشَّمس، سوف أنعطف نحوه.

إنَّني على بُعد عشرة أمتارٍ من المحطَّة.

قاربتُ على الوصول. ياإلهي، يا له من غربالٍ. (*)

إنَّ المهمَّة الأكثر دقَّةً هي نشر الغربال المصنوع من رقيقة البوليستر والمستخدم لالتقاط الجزيئات والحبيبات التي تشكِّل البيئة الأرضيَّة.

يتمُّ الحفاظ على هذه المظلَّة الشَّمسيَّة الخفيفة مفتوحةً بواسطة حركةٍ دورانيَّةٍ طفيفةٍ.

(*) ظاهرة تنتج عن الجسميات النَّيزكيَّة الدَّقيقة والأجرام الشَّاردة.

أبدأ الآن بتشغيل الغربال
مستخدماً قضيب التَّوجيه
يا صوفي.

أوه.. ما الذي يجري؟

بدأتُ بالدَّوران كما يدور غطاء القارورة.
أحتاج أن أحفظ توازني بسرعةٍ.

أووووف، يبدو أنَّني استخدمت
التَّحكُّم غير المناسب.

ما الذي يجري يا أرشيبالد؟
لقد اختفت الصُّورة عن الشَّاشة.

إنَّني عالقٌ تماماً داخل غربال البوليستر
نتيجة مناورةٍ خاطئةٍ.

تفقَّد الكاميرا المثبَّتة أعلى
مقعدك المتحرِّك.

إنَّني أدور حول نفسي مثل غطاء القارورة الدوَّار. بالإضافة إلى أنَّني لا أستطيع التَّحرُّر من رقيقة البوليستر هذه التي تلتصق بي كالأخطبوط.

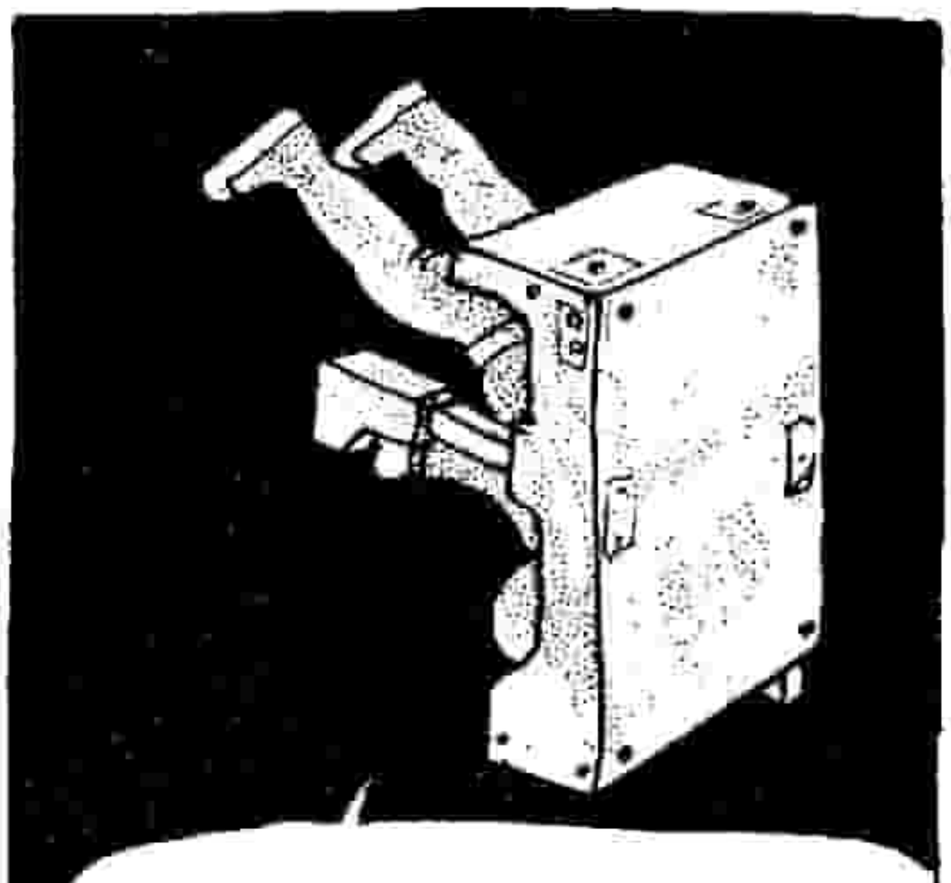
لابدَّ أنَّها نوعٌ من الظَّواهر الكهروسكونيَّةٌ.

ولكن لماذا ويدور ويدور كغطاء القارورة؟

أثناء محاولته سحب الغربال التقطَ "الطَّاقة الحركيَّة" الرَّئيسيَّة، كما هو حال المتزلج على الجليد الذي يوجِّه ذراعيه نحو جسمه.

حاول يا أرشيبالد وابقَ هادئاً. أستطيع سماعك تنفخ كالحصان، وبذلك سوف تستهلك كل الأوكسجين الذي معك.

حسناً، أعتقد أنَّني تخلَّصتُ من الفخِّ الرَّهيب لكنَّ مقدّمة خوذتي أصبحَت مغطَّاةً بالبخار المتكاثف، وبالكاد أستطيع رؤية أيَّ شيءٍ.



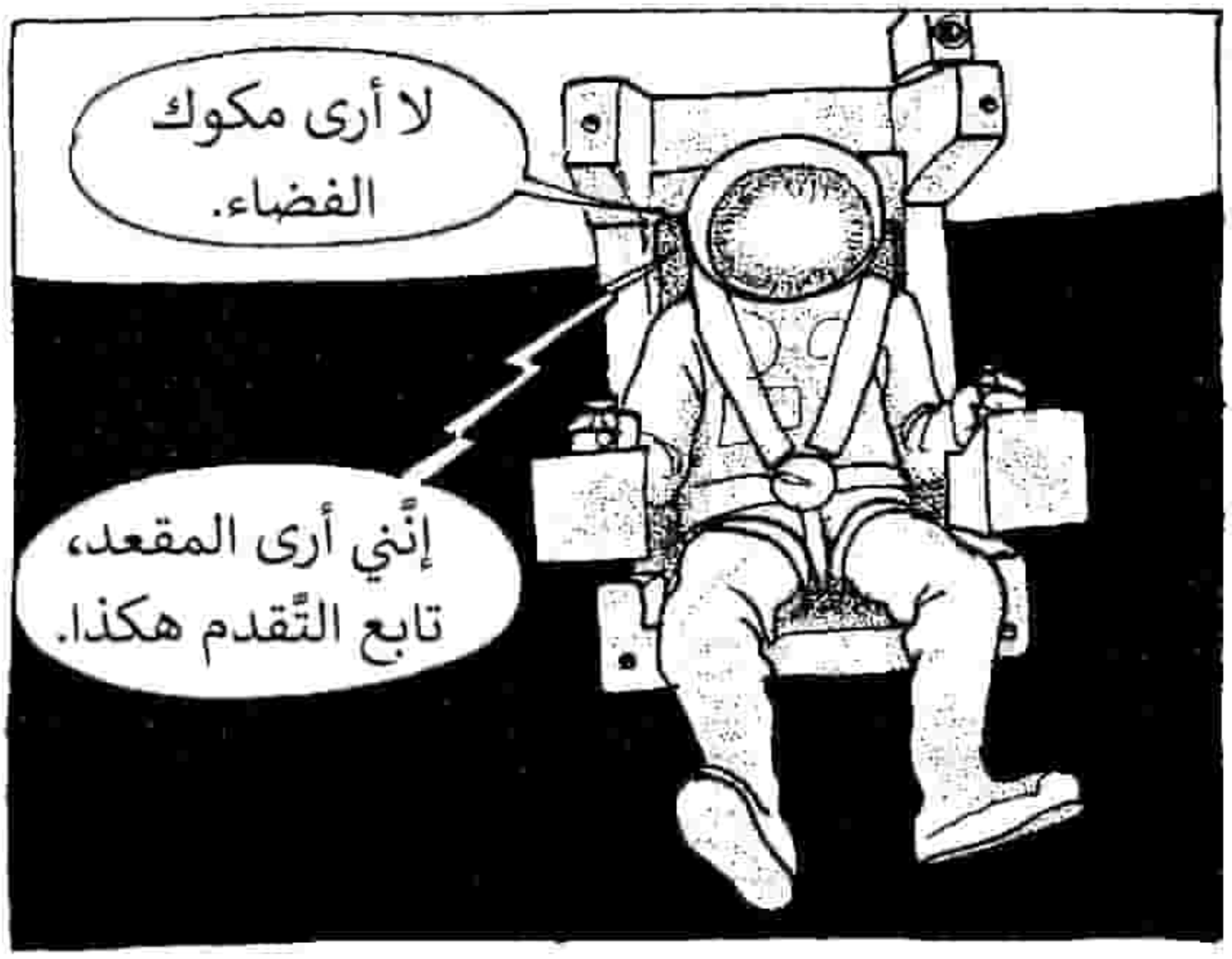
لقد نجحتُ بإيقاف الحركة الدَّورانيَّة، ولم يكن القيام بذلك سهلاً دون رؤيةٍ.

يمكنني الإبصار عنك. فقد وصلتني إشارة الفيديو من مقعدك المتحرِّك وأقوم بمتابعة الرادار على متنه.

إنَّه يستخدم كلّ الاحتياطيّ الذي لديه. وإن بقي على هذه الحال فلن يعود أبداً إلى المحطَّة.

لابدَّ أنَّ رقاقة البوليستر عندما التصقَت ببذلتك الفضائيَّة أخلَّت بنظام تكييف الهواء. اهدأ، فإنَّ النِّظام سوف يصوِّب نفسه.

أعيديني إلى المحطَّة ياصوفي، فأنا لا أبصر شيئاً.



انخفض ضغط النِّيتروجين عندي إلى الصِّفر ياصوفي.

إنَّني أتدحرج نحو المحطَّة لكنَّني لن أبلغها.

لاتقلق، سوف نأتي وندخلك إلى المكوك.

انخفض ضغط الأوكسجين عندي إلى عشرة كغ ياصوفي.

هذا يعني أنَّ لديه خمس دقائق متبقيةً من التَّحكم الذَّاتيّ. وهو وقتٌ يكفي بالكاد للعودة إلى المكوك من خلال القفل الهوائيّ، وفتح قفل المحطَّة ثم إيجاده ... لاااا.

سأحاول إمساكه بواسطة الذِّراع المتحرِّك ولكن قبل ذلك علينا أن ندير المحطَّة بمقدار 180 درجة.

ولايبدو أنَّ بإمكاننا الوصول إلى الوضع المطلوب في الوقت المحدَّد طالما الألواح الشَّمسيَّة مفرودةٌ.

هل يمكنك رؤيته؟

نعم، لقد فصل نفسه عن المقعد المتحرِّك.

هاااا، وماذا يفعل الآن؟

بسرعة، السِّلك..

بحذر..

الآن.

قام **أرشيبالد** مستفيداً من قانون "الفعل ورد الفعل" بالدفع تجاه المقعد المتحرِّك، وهكذا أرسل المقعد نحو طرف المحطّة وفي الوقت ذاته دفع نفسه في الاتجاه المقابل.

ماهذه الضوضاء؟
يبدو كصوت كشط السِّلك للهيكل.

هل تسمعينني يا**صوفي**؟
لقد وصلتُ للتو واستردتُ المقعد المتحرِّك.

الحمد لله، ولكن كيف فعلتَ ذلك؟

سأشرحُ لكِ لاحقاً.

يعالج **أرشيبالد** القفل الهوائيّ.

أووووف

أوه، سأقطع السِّلك.

لقد كنتُ مذعورةً **يا أرشيبالد.**

مرحباً، هنا **هيرمس.**
أبدأُ الآن إجراءات العودة.

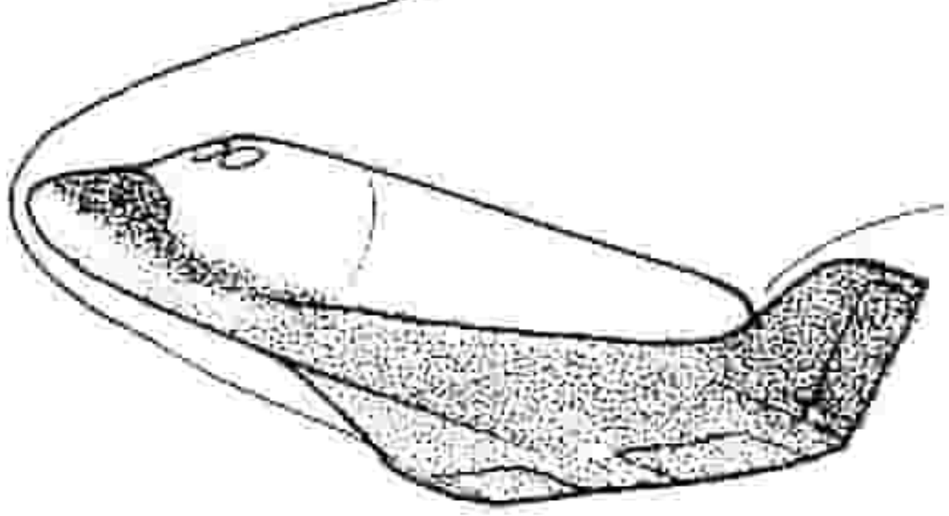
تمَّ فكُّ قفل المحطَّة.

تمَّ إطلاق القفل الهوائيّ.

مناورة الكبح (الفرملة).

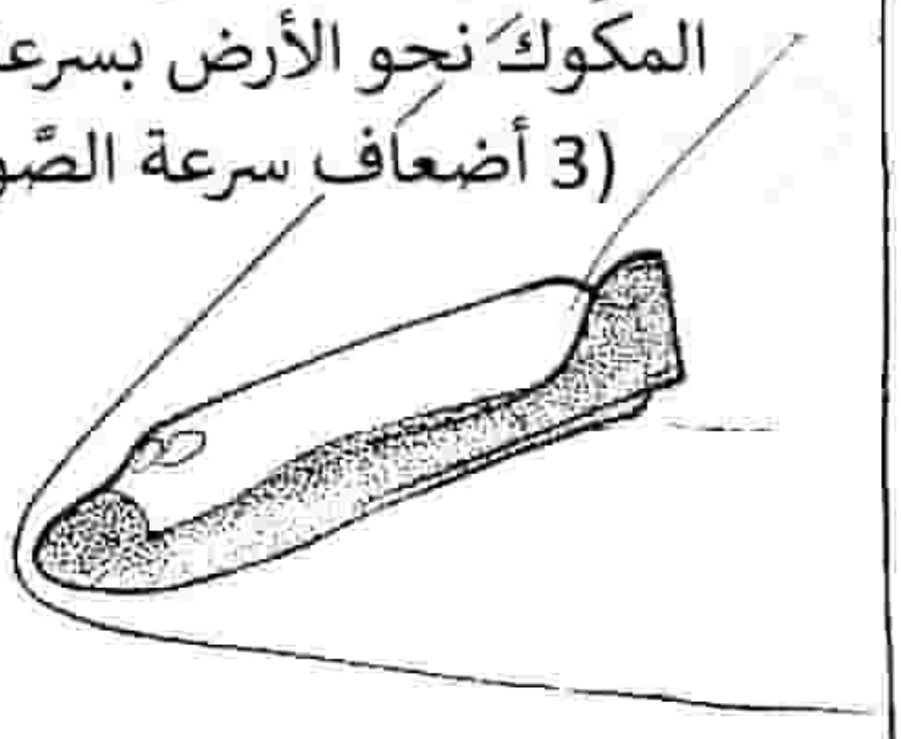
تمَّ إطلاق المحرِّك وتفعيل الدوران.

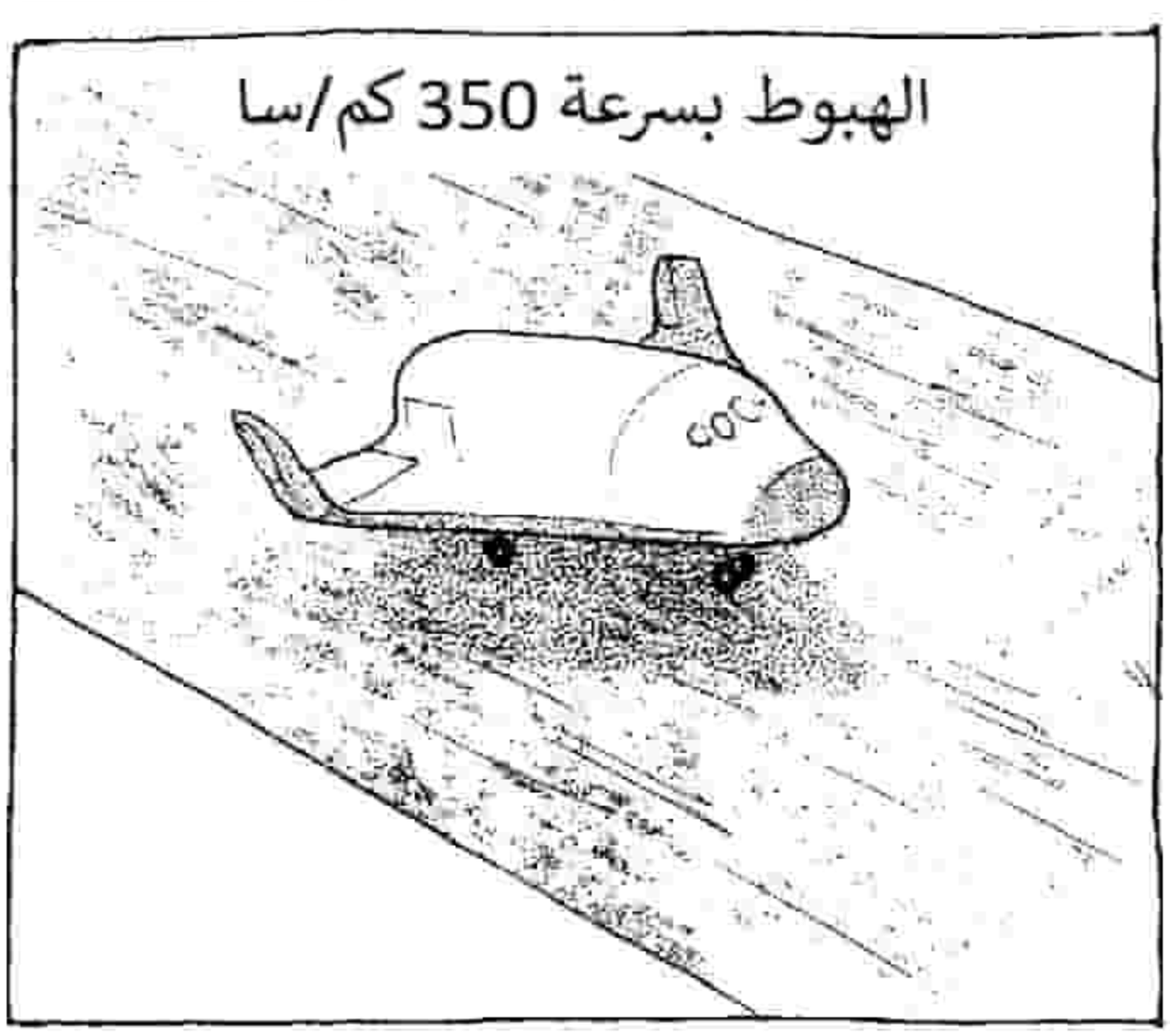
إنَّ انخفاضاً طفيفاً في السُّرعة بحدود 100م/ثا سيكون كافياً لهبوط مكوك الفضاء.

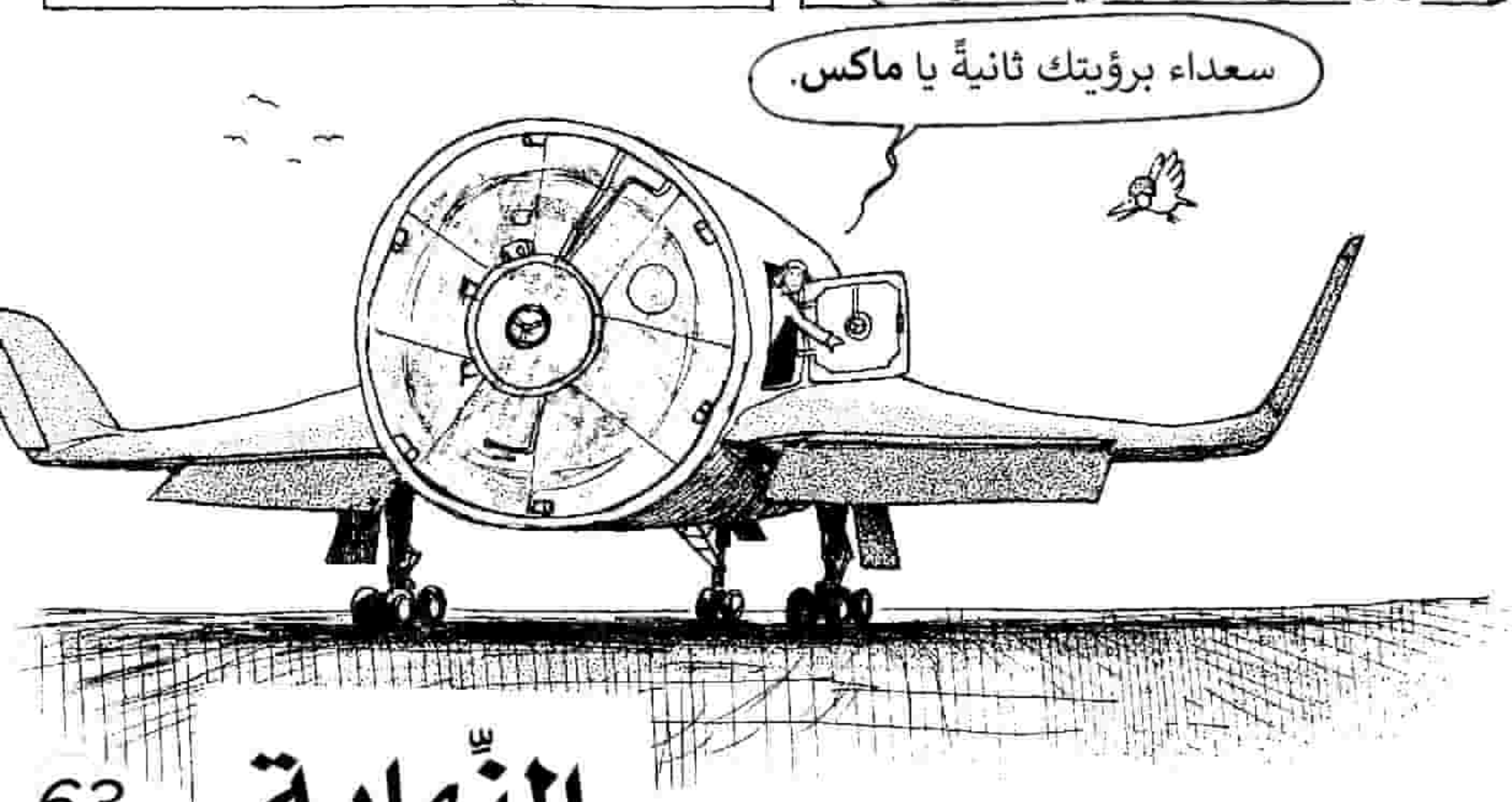


يخترق **هيرمس** الغلاف الجويَّ العلويَّ لكوكب الأرض على ارتفاع 80 كم وبسرعة 2270 كم/سا. وتلك هي اللحظة التي تكون فيها التَّأثيرات الحراريَّة في ذروة شدَّتها.

وبعد ذلك، حالما يتمُّ تخفيض السُّرعة بشكلٍ كافٍ على ارتفاع 30 كم، يهوي المكوكَ نحو الأرض بسرعة 3 ماك (3 أضعاف سرعة الصَّوت).







النِّهاية