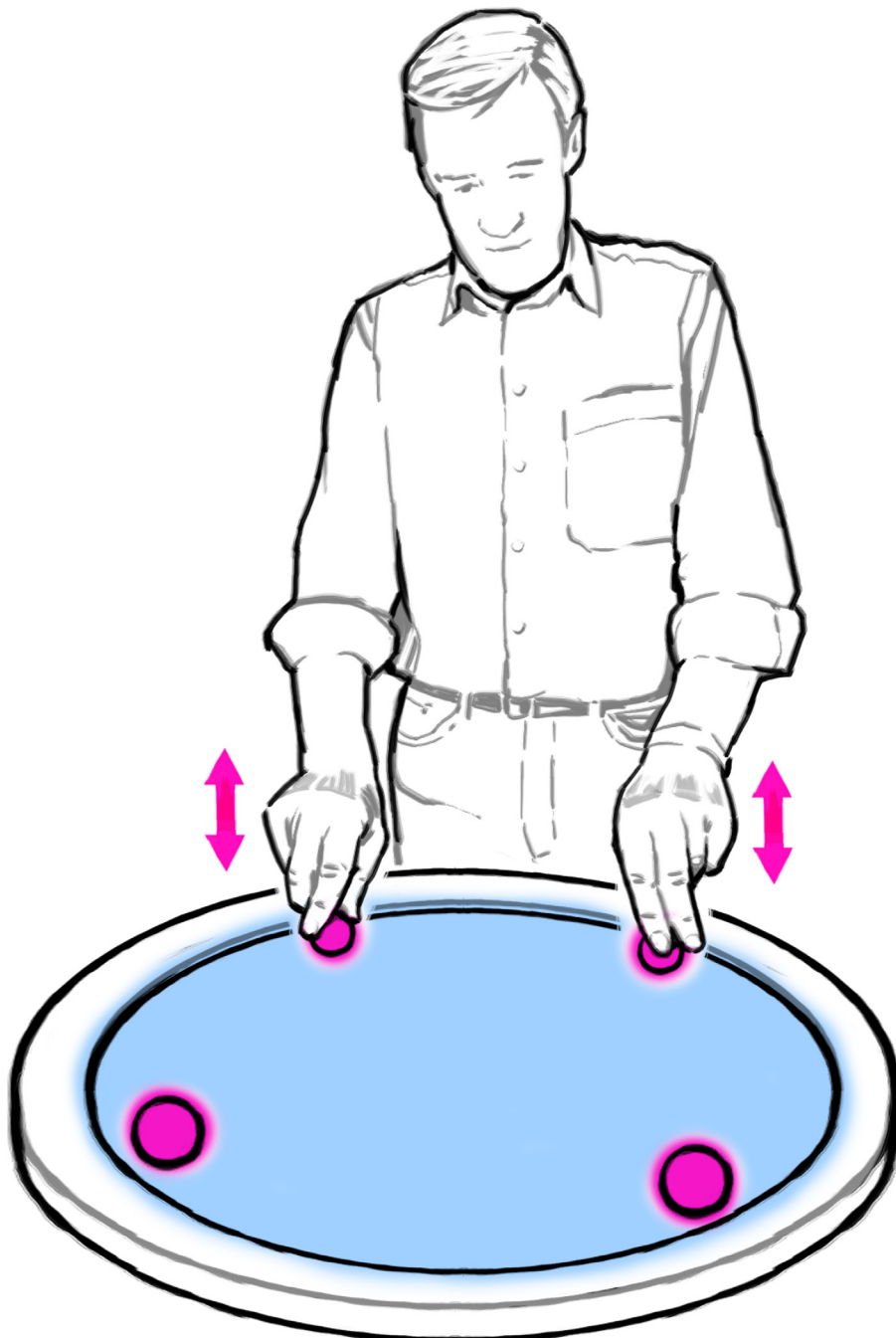


Tinten-Fraktale

Chaotische Prozesse sind langfristig nicht vorhersehbar – und zeigen doch wiederholbar sehr ähnliche Ergebnisse.

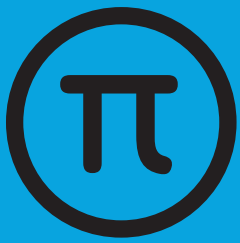


Was tun und beachten:

- *Heben Sie die Scheibe mit den Griffen an - was passiert?*
- *Zwischen der unteren durchscheinenden und der oberen Acrylscheibe befindet sich eine gefärbte Flüssigkeit.*
- *Wenn Sie die obere Scheibe mit den Griffen nach unten drücken, verteilt sich die Flüssigkeit gleichmässig zwischen den Platten.*

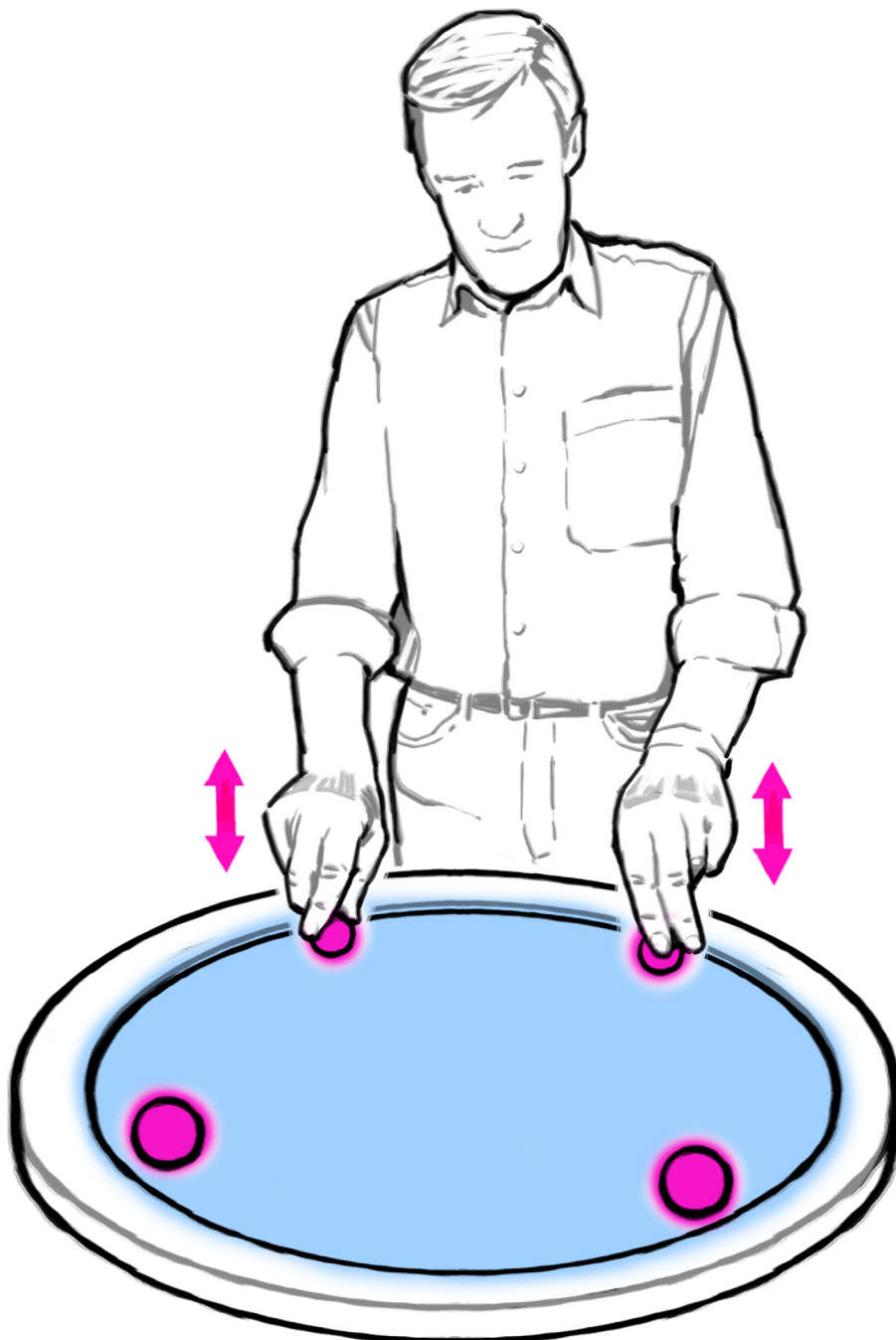
Wer mehr wissen möchte:

lesen Sie den Zusatztext



Tinten-Fraktale

Chaotische Prozesse sind langfristig nicht vorhersehbar – und zeigen doch wiederholbar sehr ähnliche Ergebnisse.

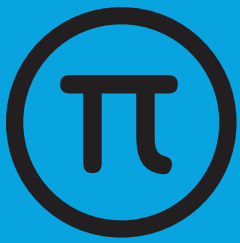


Was tun und beachten:

- *Heben Sie die Scheibe mit den Griffen an - was passiert?*
- *Zwischen der unteren durchscheinenden und der oberen Acrylscheibe befindet sich eine gefärbte Flüssigkeit.*
- *Wenn Sie die obere Scheibe mit den Griffen nach unten drücken, verteilt sich die Flüssigkeit gleichmässig zwischen den Platten.*

Wer mehr wissen möchte:





Tinten-Fraktale

Wer mehr wissen möchte

Zwischen den beiden Platten befindet sich eine Flüssigkeit. Hebt man jetzt die obere Scheibe an, kann Luft in den schmalen Spalt eindringen und die Flüssigkeit verdrängen. Die einfachste Art der Verdrängung wäre es, wenn die Luft die Flüssigkeit auf breiter Front vor sich her schiebt.

Das Bild, das wir sehen, ist aber ganz anders. Dabei spielt vor allem die Viskosität, der Fliesswiderstand (oder die „Klebrigkeit“) die entscheidende Rolle. Die Luft besitzt einen viel geringeren Fliesswiderstand und bricht in Form fingerartiger Kanäle in die Flüssigkeit hinein. Diese Kanäle entstehen an Stellen, an denen durch zufallsbedingte Schwankungen bereits kleinste Einbuchtungen der Grenzschicht zwischen Luft und Flüssigkeit bestehen.

Mit zunehmender Länge der so vorangetriebenen Finger wächst erneut eine glatte Grenzschicht zwischen beiden Flüssigkeiten heran, von der dann ebenfalls an entsprechenden Störstellen seitliche Abzweigungen und Verästelungen ausgehen usw..

Wie gross die Rolle der Viskosität ist, erleben Sie, wenn Sie die Platten wieder zusammendrücken und dabei die Flüssigkeit die Luft wieder herausdrückt. Es entstehen dabei keine fingerartigen Ausstülpungen, der Prozess ist also nicht einfach umkehrbar – allerdings wiederholbar!

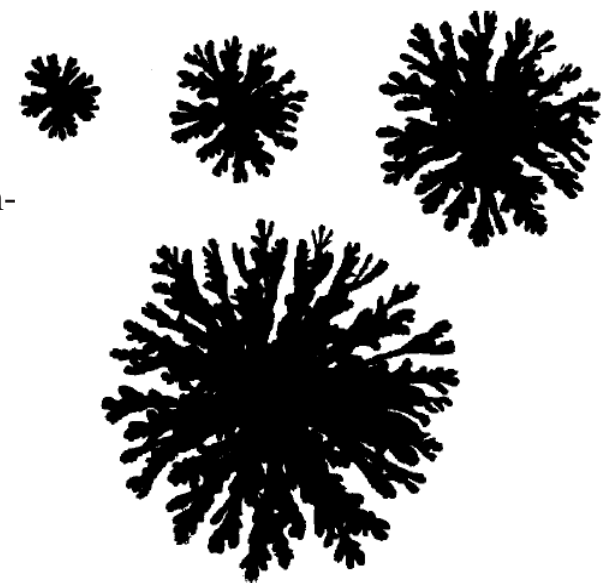
Den Fingern wachsen gewissermaßen Finger, denen Finger wachsen, denen Finger wachsen, ... und so immer weiter.

Wenn man sich die Entstehung der fingerartigen Strukturen genauer anschaut, sieht man, dass jeder kleinere Ausschnitt jedem grösseren Ausschnitt und sogar der Gesamtstruktur ähnlich ist. Solche Strukturen nennt man Fraktale.

Um fraktale Strukturen experimentell mit einfachsten Mitteln herzustellen, entwickelte der Ingenieur Henry Selby Hele-Shaw die nach ihm benannte Hele-Shaw-Zelle. Die Zelle besteht aus zwei (meist durchsichtigen) Platten mit geringem Abstand, zwischen denen sich solche Fliessvorgänge beobachten lassen.

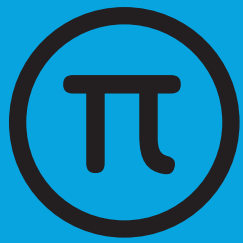
Wachstumsstadien eines Hele-Shaw-Fraktals, die Ähnlichkeiten sind klar zu erkennen.

(V. Nordmeier und H.J. Schlichting)



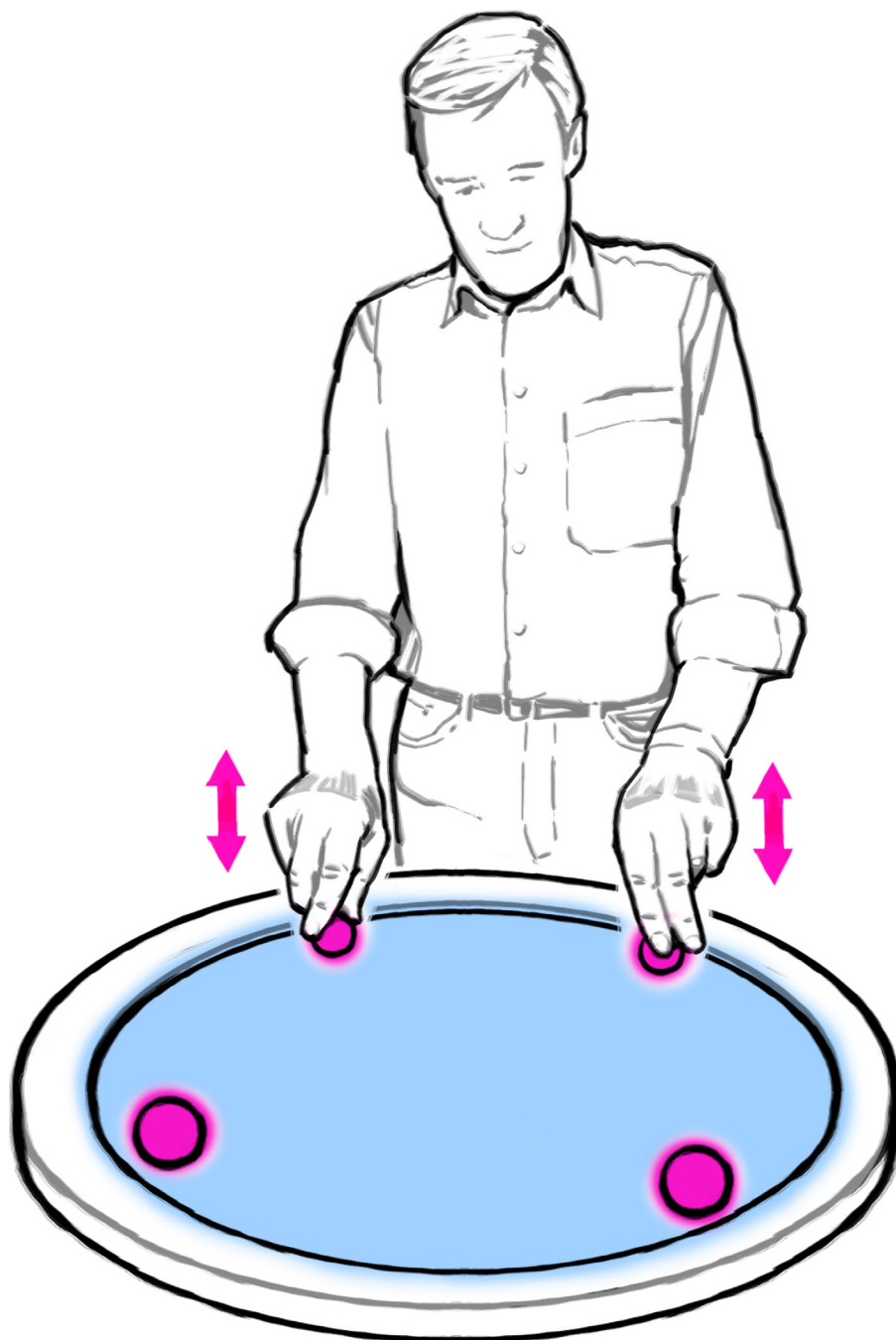
Was tun und beachten:





Ink Fractals

Chaotic processes are unpredictable in the long term, but may repeatedly show very similar results.

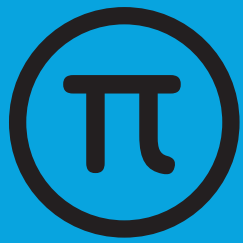


To do and notice:

- *Lift the plate with a pair of handles. Watch carefully what happens.*
- *Between the bottom reflective plate and the top acrylic plate is a layer of coloured liquid.*
- *Now press the upper plate down with the handles and watch how the liquid now spreads uniformly between the plates.*

Want to know more?





Ink Fractals

Want to know more?

There is a thin layer of liquid between the two plates. As you lift the top plate slightly, air can enter the gap from the side and displace the fluid. The simplest way that this could happen would be for the liquid edge to retreat evenly on a broad front.

However, in reality, the picture is very different! The deciding factor is viscosity, the resistance to flow (or internal stickiness) of fluids. Air has a very much lower viscosity than the liquid and flows easily into the liquid edge in a pattern of finger-like canals. These canals occur randomly in places where there happens to be a sufficient inward curvature of the liquid's edge. As a finger increases in length, the process will eventually repeat where a deviation of the liquid edge's shape occurs, so that another branching of the canal occurs. So fingers grow fingers, from which more fingers grow, and so on repeatedly!

You can see the effect of difference in viscosity when you press the plates back together. This time, the stickier liquid does not flow in fingers into the air, but on a broad front. So the flow pattern is not reversible, but the entire process can, of course, be repeated, resulting in a similar but not identical finger-like pattern as the air comes in.

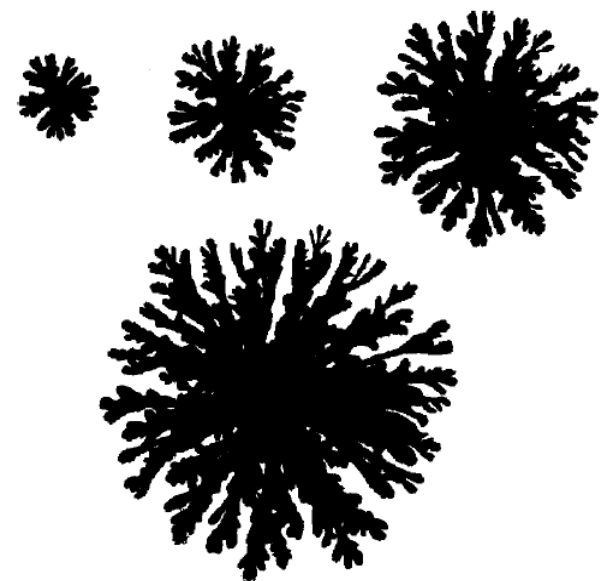
When you examine the development of the finger-like pattern, you see that every small section is similar in

shape to every larger section and even to the entire structure. Patterns with this “self similar” branching are called fractals.

The British engineer and fluid dynamicist, Henry Hele-Shaw (1854 -1941), was interested in the flow of liquids in small gaps and developed the two-plate cell used in this exhibit. His work had important implications for the extraction of oil from porous rock strata, particularly when displacing the oil with water.

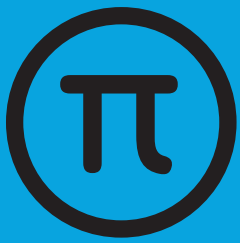
Typical stages of the growth of a Hele-Shaw fractal. The self-similarity is easy to see.

(V. Nordmeier and H.J. Schlichting)



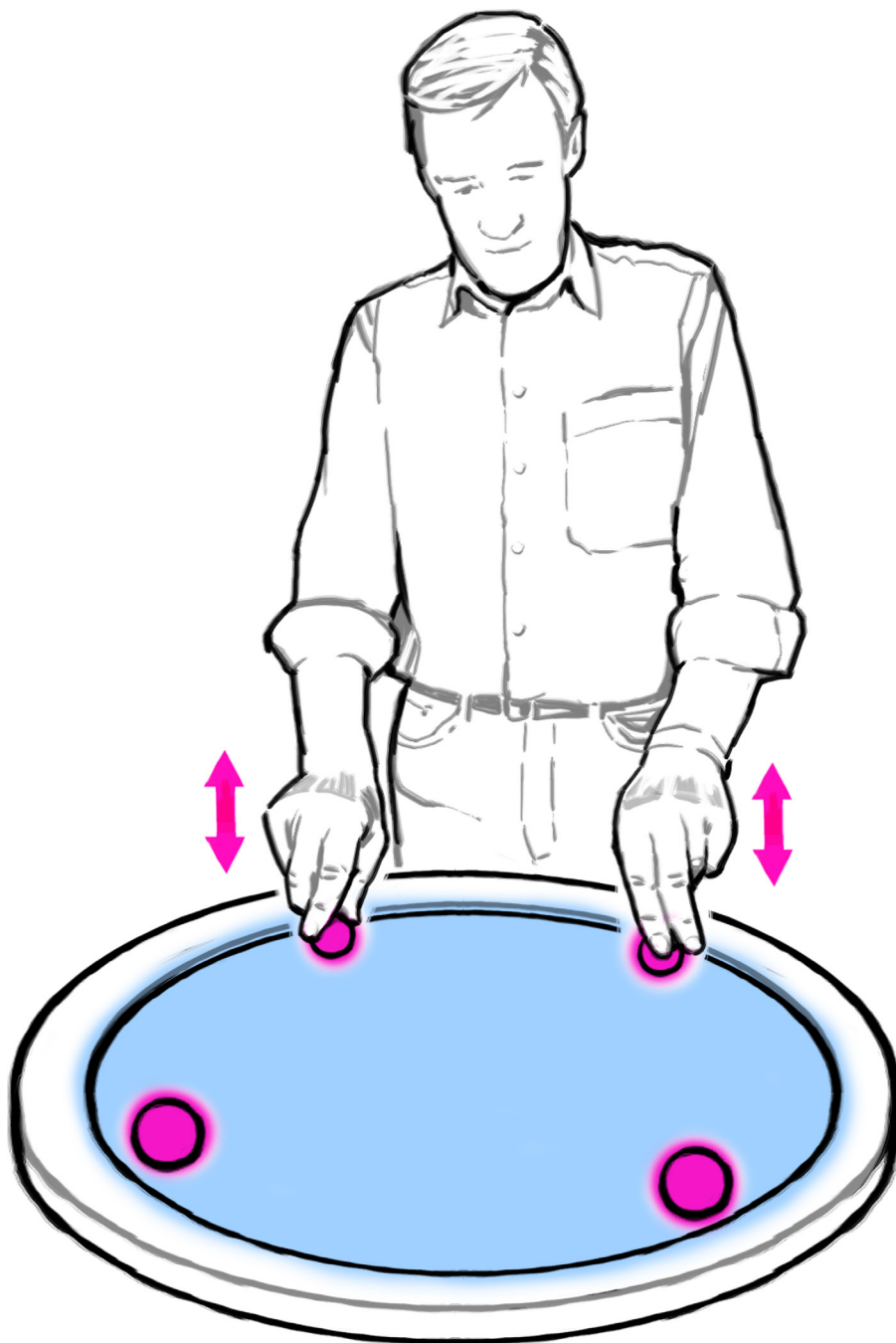
To do and notice:





Fractales d'encre

Les processus chaotiques ne sont pas prévisibles à long terme – et pourtant ils présentent de manière répétitive des résultats très semblables.

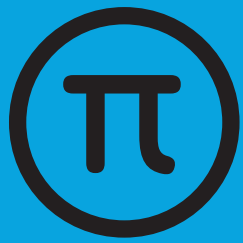


A vous de jouer:

- *Soulevez le disque à l'aide des poignées – que se passe-t-il ?*
- *Un liquide teinté se trouve entre le disque inférieur translucide et le disque supérieur en matière acrylique.*
- *Lorsque vous pressez le disque supérieur vers le bas à l'aide des poignées, le liquide se répartit de manière uniforme entre les disques.*

Pour en savoir plus:





Fractales d'encre

Pour en savoir plus

Un liquide se trouve entre les deux plaques. Si le disque supérieur est soulevé, de l'air peut pénétrer dans les interstices et comprimer le liquide. La manière la plus simple d'imprimer une pression serait pour l'air de repousser le liquide sur un large front devant lui.

L'image que nous voyons est cependant entièrement différente. Dans ce cas, la viscosité, soit la résistance à l'écoulement (la propriété d'un liquide de «coller» ou adhérer à une surface) tient le rôle principal. L'air possède une résistance à l'écoulement nettement plus faible et il se brise en créant de petits canaux semblables à des doigts dans le liquide. Ces canaux se forment aux endroits sur lesquels de petits creux sont déjà apparus sur la couche périphérique entre l'air et le liquide, sous l'effet d'oscillations aléatoires.

Si la longueur des doigts s'accroît, une nouvelle surface prend naissance entre les deux liquides, sur laquelle se formeront de nouvelles dérivations latérales et des ramifications à partir des mêmes points faibles, et ainsi de suite.

Vous découvrirez l'importance de la viscosité en pressant à nouveau les plaques ensemble et en chassant ainsi le liquide par l'air. Ce processus qui provoque la formation de petites cavités n'est donc pas simplement réversible – mais reproductible!

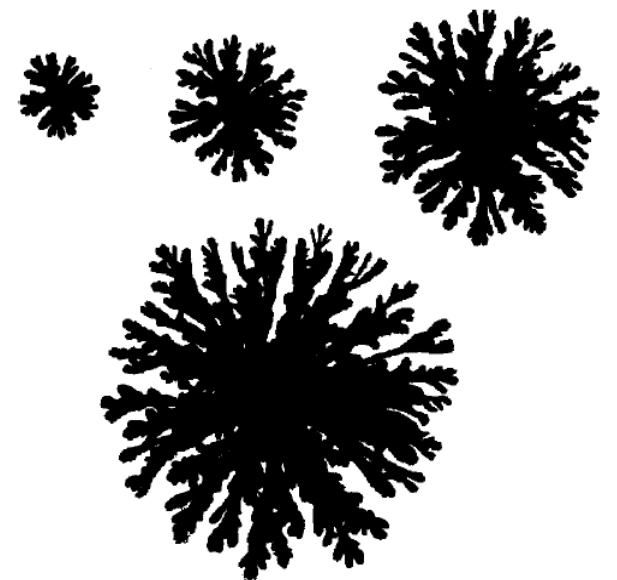
Les doigts font ainsi surgir des doigts, qui font surgir des doigts, qui font surgir des doigts... et ainsi de suite.

Si l'on observe de manière plus précise la formation des structures en forme de doigts, on s'aperçoit que toute petite partie d'une partie plus grande et même de la structure globale est semblable. De telles structures sont appelées «fractales».

Afin de reproduire des structures fractales de manière expérimentale avec les moyens les plus simples, l'ingénieur Henry Selby Hele-Shaw a développé la cellule qui porte son nom. Cette cellule se compose de deux plaques (le plus souvent transparentes) séparées par un faible interstice, entre lesquelles il est possible de suivre de tels processus d'écoulement.

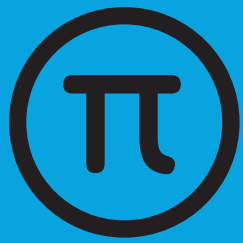
Stades de croissance d'une fractale Hele-Shaw, les similitudes sont aisément décelables.

(V. Nordmeier et H.J. Schlichting)



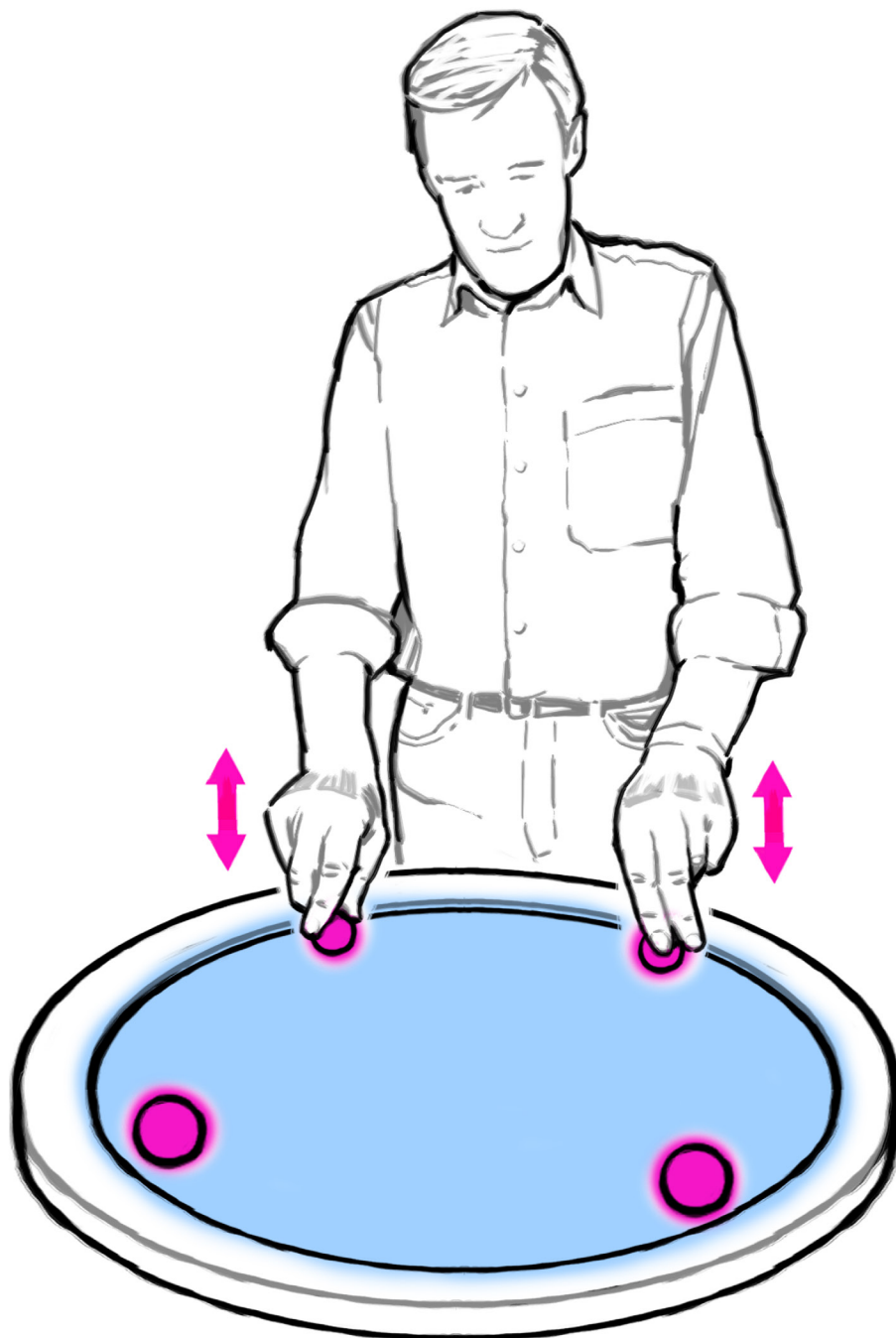
A vous de jouer:





Frattali d'inchostro

Il processi caotici non si prestano a previsioni a lungo termine, tuttavia forniscono in maniera ripetitiva dei risultati molto somiglianti fra loro.

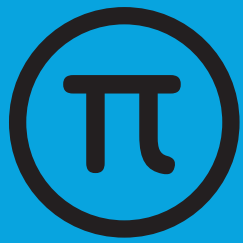


Che cosa fare:

- *Sollevate il disco afferrandolo per i manici. Che cosa succede?*
- *Tra il disco di materiale acrilico trasparente inferiore e quello superiore si trova un liquido colorato.*
- *Quando spingete verso il basso il disco superiore, premendo con entrambi i manici, il liquido si distribuisce uniformemente tra i dischi.*

Vuole saperne di più?





Frattali d'inchiostro

Vuole saperne di più?

Tra i due dischi c'è un liquido. Quando si solleva il disco superiore, l'aria riesce a penetrare nella sottile fessura, respingendo il liquido. Il modo più facile di rimuoverlo sarebbe che l'aria spinga via il liquido davanti a sé su un ampio fronte.

Tuttavia l'immagine che vediamo è assai differente. Qui entra in gioco la viscosità, ossia la resistenza a defluire (o "appiccicosità") del liquido. L'aria possiede una resistenza a defluire molto più bassa e penetra nel liquido sotto forma di piccoli canali simili a dita. Questi canali si aprono in punti in cui, a causa di fluttuazioni casuali, sono già presenti piccolissime insenature dello strato che fa da elemento di separazione tra l'aria e il liquido.

Via via che questi canalicoli si allungano, tra i due fluidi si forma uno strato di separazione liscio, da cui poi, nei punti di disturbo corrispondenti, si formano diramazioni e ramificazioni e così via.

Potete rendervi conto di quanto sia importante la viscosità quando riunite i due dischi premendoli contro l'altro e facendone espellere nuovamente l'aria. Nel fare questo non si creano rigonfiamenti a forma di canalicoli, il processo dunque non è facilmente reversibile, tuttavia è ripetibile!

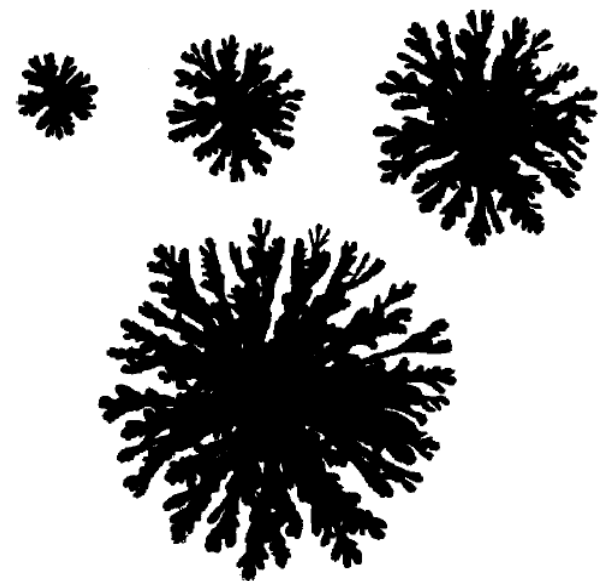
Dai canali si formano canalicoli, da questi, altri canaletti più piccoli, da questi altri ancora più minuscoli e così via.

Se si osserva con maggiore attenzione il modo in cui si formano queste strutture di canalicoli, si nota che ogni sezione più piccola è simile a quella più grande e addirittura alla struttura generale. Queste strutture si chiamano frattali.

Per produrre sperimentalmente delle strutture frattali nel modo più semplice, l'ingegnere Henry Selbu Hele-Shaw ha concepito la cella di Hele-Shaw, che da lui prende il nome. La cella è formata da due dischi (per lo più trasparenti) separati da una sottile intercapedine in cui si possono osservare fenomeni di deflusso e riflusso come questi.

Fasi di sviluppo di un frattale Hele-Shaw: sono chiaramente riconoscibili le autosomiglianze alle diverse dimensioni.

(V. Nordmeier e H.J. Schlichting)



Che cosa fare:

