

Wystarczy kawałek folii

? Współczesną fizykę kojarzy się z akceleratorami, superprojektami za miliony dolarów, a Pan zajmuje się podrzucaniem szklanych kulek, ziarenek piasku, obserwowaniem dziur w kaszce kukurydzianej czy wody kapiącej z sufitu.

➤ Rzeczywiście, moi koledzy przygadują mi czasem, że uprawiam naukę w XIX-wiecznym stylu, ale ja to właśnie uwielbiam! Jest wiele ciekawych zjawisk, do zrozumienia których nie potrzeba skomplikowanej aparatury. Takich właśnie problemów szukam dla moich studentów – żeby mogli zaprojektować doświadczenie bez kupowania urządzeń za tysiące dolarów. Dam panu przykład takiego eksperymentu, który możemy wykonać choćby z tym kawałkiem folii, w który są zawinięte moje kanapki. Rozerwijmy ją i przyjrzyjmy się brzegom.

? Są pomarszczone, czy o to chodzi?

➤ No właśnie, są pomarszczone, pofalowane, i to w bardzo specyficzny sposób. Kiedy przyglądamy się wzorkowi, w jaki układa się folia na brzegu, okazuje się, że oprócz fali o największej długości widać falki o mniejszej długości, w nich – o jeszcze mniejszej itd.

? Prosty, domowy sposób na wytworzenie fraktala?

➤ Tak, chociaż w domu najlepiej to robić z workiem na śmieci, bo jest zrobiony z grubszej folii i lepiej widać pofalowania. Teraz pora na pytania – skąd taki fraktal się bierze, dlaczego brzeg wygląda tak, a nie

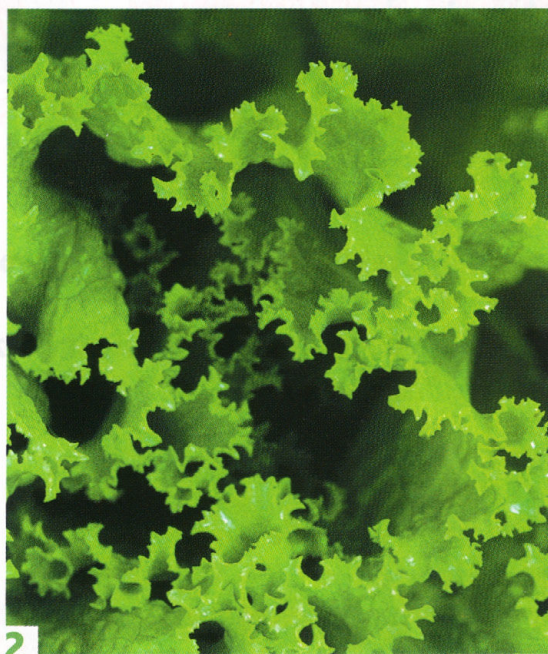
Harry Swinney, największy sztukmistrz wśród fizyków, pokazuje, jak się robi fraktale z worków na śmieci, i tłumaczy, jak ze strzępków folii wywnioskować, że nie wszystko w biologii zakodowane jest w DNA.

inaczej. Otóż okazuje się, że podczas rozrywania folia rozciąga się w kierunku równoległym do brzegu rozdarcia. Co więcej, to rozciąganie jest nierównomierne – obszary leżące blisko brzegu są rozciągnięte bardziej, a te dalej – słabo. A więc mamy matematyczny problem – jaki kształt przybierze płaska powierzchnia rozciągana w taki sposób. Co ciekawe – cała informacja o kształcie brzegu może być uzyskana z tej jednej funkcji – stopnia rozciągnięcia powierzchni w zależności od odległości od brzegu. Obecnie wśród biologów panuje przekonanie, wręcz obsesja, że wszystko jest zakodowane w DNA, że jeśli poznamy DNA, to organizm żywy nie kryje już przed nami żadnych tajemnic. A mnie się wydaje, że to nieprawda.

Jeśli zapytać biologa, odpowie, że te wszystkie falki na brzegu liścia są zakodowane genetycznie. Nasze spojrzenie jest zupełnie inne – to prosty problem geometryczny, który sprowadza się do tego, że jeśli zwiększamy pole powierzchni liścia w nierównomierny sposób, to musi pojawić się pofalowanie.



1



2



3

? **Tak samo jak w przypadku kawałka folii.**

➤ Identycznie! Zobaczymy to także u niektórych porostów czy ślimaków – wszędzie tam, gdzie mamy do czynienia z cienką warstwą tkanki, której tempo wzrostu nie jest jednorodne.

Co ciekawe, mój kolega Michael Marder zainteresował się, co by się stało, gdybyśmy wystartowali nie od kawałka płaskiej folii, ale od walca, którego jeden brzeg jest nierównomiernie rozciągany. Zrobił komputerowy model takiej powierzchni i okazało się, że do złudzenia przypomina trąbkę żonkila. A zatem – piękny, trójwymiarowy kształt kwiatu może być wynikiem bardzo prostych reguł wzrostu.

? **Rzeczywiście, wygląda to na zadziwiająco prosty mechanizm powstawania tak, zdawałoby się, wyrafinowanych struktur.**

➤ Wydaje mi się, że w biologii kryje się jeszcze wiele zjawisk, które mogą być wyjaśnione za pomocą podobnych prostych mechanizmów.

? **Można je odkryć, zaczynając od prostego doświadczenia, jak to z folią, i szukać podobnych zjawisk w innych miejscach?**

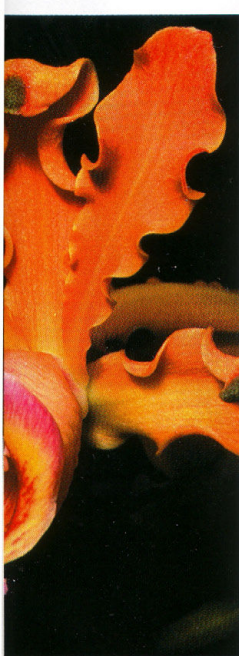
➤ Taki jest cel nauki, nieprawdaż? Zrozumieć jak najszerszą klasę zjawisk za pomocą jak najprostszych środków. Oczywiście, są ludzie, którzy mają inne podejście, starają się atakować ogólne problemy, tworzyć teorie wszystkiego, ale to nie mój styl.

? **Jednak zawsze na początku trzeba umieć zauważyć coś ciekawego i zadać pytanie – na przykład: dlaczego ta folia tak się wygina na brzegach? W końcu można rozdzierać worki na śmieci miliony razy, nie widząc w tym nic ciekawego.**

➤ Każdy naukowiec posiada tę umiejętność w mniejszym lub większym stopniu. To zresztą bardzo przyjemne – mam 65 lat, a czuję się, jakbym wciąż był dzieckiem bawiącym się zabawkami. Bo to jest zabawa. Nie chodzę do pracy, chodzę się bawić!



➤ **Harry Swinney** JEST SZEFEM CENTRUM DYNAMIKI NIELINIOWEJ W AUSTIN W TEKSASIE. BADA UKŁADY ZŁOŻONE – TAKIE, W KTÓRYCH WŁASNOŚCI CAŁOŚCI SĄ RÓŻNE OD CECH POSZCZEGÓLNYCH CZĘŚCI. JEST MISTRZEM W PROJEKTOWANIU PROSTYCH EKSPERYMENTÓW, KTÓRE – JAK MÓWI – ZAWSZE MIESZCZĄ SIĘ NA BLACIE STOŁU: OD KIESZONKOWEGO MODELU WIELKIEJ CZERWONEJ PŁAMY NA JOWISZU I CYKLONÓW W ATMOSFERZE ZIEMSKIEJ PO OBSERWACIE OSCYLONÓW – WZGÓRKÓW POJAWIAJĄCYCH SIĘ W DRGAJĄCYM PIASKU.

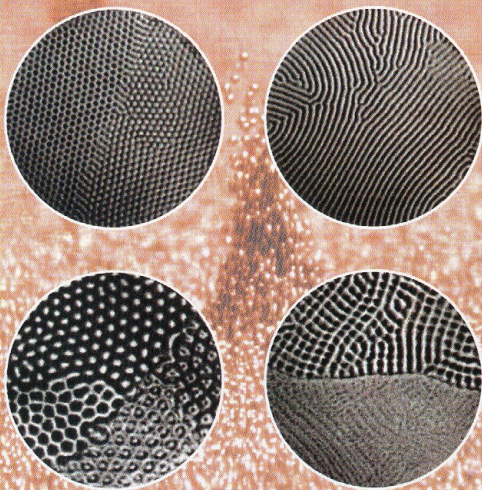


Pofalowania na boku ciała ślimaka nagoskrzelnego **1**, liścia sałaty karbowanej **2**, płatków kwiatu orchidei **3** czy plechy porostu **4** są uderzająco podobne.

To nie przypadek – jak się okazuje, takie struktury powstają zawsze, gdy tkanka biologiczna wzrasta w niejednorodnym tempie – tym szybciej, im bliżej brzegu.

Ten sam mechanizm rządzi powstawaniem falek na rozrywanej folii z worka na śmieci **A**.

Nerwowe rozpakowywanie drugiego śniadania okazuje się prostym domowym sposobem na wyprodukowanie fraktala – figury samopodobnej – czyli takiej, której każda część po powiększeniu jest podobna do całości. Własności tej nie mają tradycyjne figury geometryczne – mocno powiększone koło „spłaszcza się” i wygląda jak linia prosta (z tej przyczyny tylu ludzi wierzyło, że Ziemia jest płaska)



? **Podrzucanie piasku na patelni to też niezła zabawa, prawda?**

➤ Świetna zabawa, a jakie zaskoczenie! Wszystko zaczęło się od posypania piachem głośnika basowego, takiego, jakiego używa się na koncertach rockowych czy podczas przemówień. Kiedy zmienialiśmy częstotliwość i amplitudę drgań basów, ziarenka piasku układały się w różne regularne wzory. Zobaczyliśmy romby, sześciokąty, pasy, a także oscylony – stabilne pagórki złożone z drgających cząstek. Nikt się tego nie spodziewał!

? **Wydawać by się mogło, że na pomysł podrzucania piasku naukowcy powinni byli wpasć przynajmniej ze sto lat temu. Jak to się stało, że nikt nie próbował wcześniej zrozumieć tych zjawisk?**

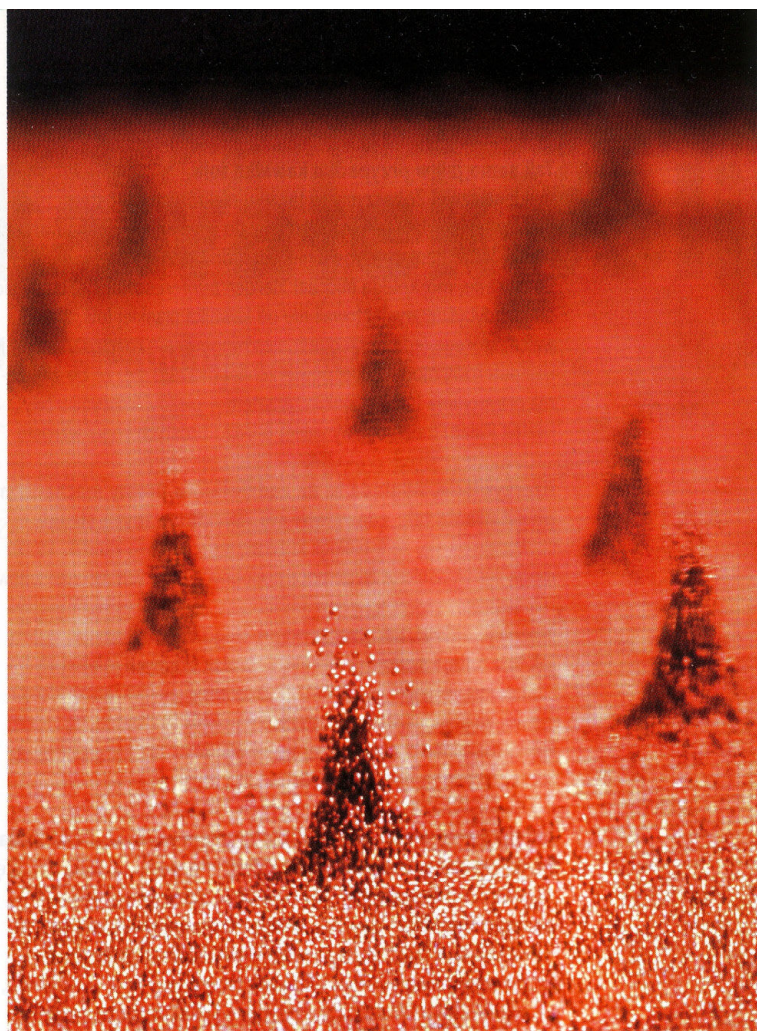
➤ To nie jest tak, że wcześniej nikt nie zastanawiał się nad własnościami piasku czy innych materiałów ziarnistych. Badano je, tyle tylko że pytania, jakie zadawano, były zwykłe natury czysto technologicznej – na przykład jak dobrze zmieszać sproszkowane składniki, aby powstała tabletka. Choć może to się wydawać dziwne, fizycy zapamiętali o tym rodzaju materii. Osobą, która na nowo odkryła materiały ziarniste dla fizyki, był Pierre Gilles de Gennes, słynny fizyk francuski. Na początku lat 80. poproszono go o wygłoszenie wykładu dla młodych naukowców. Powiedział wtedy: – *Materia ziarnista jest wszędzie wokół nas – w przestrzeni międzygwiazdowej, na Ziemi – od piasku na Saharze, przez cukier w cukiernicze, po zboże w silosach – i nikt nie rozumie jej zachowania. Tym naprawdę warto się zająć!* No i Francuzi to podchwycili, potem dołączyli się naukowcy z USA i temat szybko stał się bardzo modny.

? **Ale czy naukowcy w XXI wieku nie wiedzą już wszystkiego o zachowaniu piasku? Przecież to ruch i zderzenia wielu ziarenek.**

➤ Rzeczywiście, o ruchu poszczególnych ziarenek wiemy wszystko – kierują nim znane od stuleci prawa dynamiki Newtona. Nic tajemniczego. Jednak nikt z tych kilku praw rządzących ruchem ziarenek nie potrafił wywnioskować, że jeśli będziemy je podrzucali, to ułożą się we wzory dużo większe od nich samych. Czasem nazywa się to samoorganizacją – chodzi o spontaniczne tworzenie się w układzie struktur uporządkowanych. Na tym zresztą nie koniec – struktury te mogą oddziaływać ze sobą, a także stać się częściami jeszcze większych struktur na kolejnym, wyższym poziomie organizacji. Na każdym poziomie pojawiają się nowe własności, nowe zachowania, których badanie jest, jak sądzę, nie mniej fundamentalne niż odkrywanie nowych praw rządzących mikroświatem.

? **A czy może stać się tak, że ta zabawa naukowców z przyrodą kiedyś się skończy, że nie będzie już o co pytać?**

➤ Ha, to odwieczne pytanie o koniec nauki. Tak wydawało się wielu ludziom pod koniec XIX wieku i tego typu dyskusje toczą się też teraz. Mówi się na przykład – tylko raz można odkryć DNA, coś więcej jest tu do odkrycia, jeśli znamy już podstawowy przepis na życie?



? **Podobnie mówią też czasem naukowcy szukający podstawowych składników materii i rządzących nimi praw.**

➤ To prawda, twierdzą, że kiedy odkryją już wszystkie prawa rządzące mikroświatem, nie będzie nic do zrobienia. Myślę jednak – choć pewnie wielu kolegów nie zgodzi się ze mną – że takie dziedziny jak fizyka cząstek elementarnych wcale nie są już teraz w czołowie nauki jak niegdyś. Punkt ciężkości przesuwa się gdzie indziej.

? **Jakie zatem dziedziny wysuwają się teraz na czoło?**

➤ Przede wszystkim biologia, a szczególnie próby zrozumienia funkcjonowania organizmów żywych. To ogromne wyzwanie dla naukowców, i to nie tylko biologów, ale i fizyków, chemików czy matematyków. Zresztą wydaje mi się, że tradycyjne podziały pomiędzy różnymi budynkami na kampusie uniwersyteckim – tu biologia, tu fizyka, a tu, powiedzmy, inżynieria chemiczna – są przeżytkami, pozostałościami z XIX wieku i gdybyśmy teraz mieli budować gmach nauki na nowo, pozbylibyśmy się tych wszystkich przegródek. Natura jest jedna, a przegródki to wymysł człowieka, który kiedyś pomagał w rozwoju nauki, ale dziś go raczej hamuje. Weźmy na przykład badania nad klimatem – łączą w sobie fizykę i chemię atmosfery, biologię oceanów, ale też fizykę Słońca. Inną bardzo obiecującą dziedziną, która na pewno będzie się rozwijać, jest inżynieria materiałowa – próby zrozumienia struktur różnych substancji i opracowania nowych. Czy też badania bardzo małych układów, w nanoskali, gdzie mamy do czynienia z układami kilkunastu czy kilkudziesięciu atomów. Są też zagadnienia, których zrozumienie jest jeszcze w powijakach – takie jak analiza procesów społecznych, oddziaływań międzyludzkich czy zrozumienie, czym jest świadomość. Od piasku do życia prowadzi wiele stopni, a my jesteśmy dopiero na pierwszym. Nie boję się końca nauki, świat to zbyt skomplikowane miejsce, by mógł on nastąpić. ➤

Kwadratowe, pasiaste, spiralne – różne rodzaje wzorów pojawiających się przy podrzucaniu materii ziarnistej (piasku lub małych metalowych kulek). Przy odpowiedniej częstotliwości i amplitudzie podrzucania w piasku tworzą się samoczynnie małe wzgórki – oscylony. Są one bardzo stabilne – nie znikają nawet po tysiącach podrzuceń

➤ **ROZMAWIAŁ**
DR PIOTR SZYMCZAK
– pracownik Wydziału Fizyki UW zajmujący się na co dzień fizyką statystyczną.