

the cell lines were derived, and these, too, had the mutations, although normal cells from the same patients did not. And since the paper was written, Vogelstein says, the researchers have screened dozens of primary tumors from HNPCC tumors, and "nearly all have the same mutations."

Even that impressive evidence doesn't necessarily prove that the mutation contributes to the cancer development. "You have to be careful about ascribing a role [to a mutation], since so many genes are mutated in cancer cells," Vogelstein cautions. But the researchers have evidence that the mutation in the RII gene is more than just an innocent bystander. When the Brattain-Markowitz-Willson team transferred a good copy of the gene into a line of colon cancer cells that lack it and normally form fast-growing tumors when injected into nude mice, they found that the cells lost their tumor-forming capacity. "This demonstrates that there really is a biological consequence of the mutation," Brattain says.

Researchers who study TGF- $\beta$  are thrilled by these results. NCI's Roberts notes that while there was ample reason to suspect that a receptor defect might be involved in tumor cells' loss of responsiveness to TGF- $\beta$ , "this really nails it down" for a human cancer. Another TGF- $\beta$  pioneer, Harold Moses of Vanderbilt University School of Medicine in Nashville, Tennessee, agrees: "This is the first demonstration of a mechanism for the loss of the growth inhibitory response, and to tie it in with the repair defects is particularly interesting."

In addition to providing a possible solution to the problem of what causes loss of response to TGF- $\beta$ , these results suggest, says Minna, that the RII gene may be a critical kind of gene called a tumor suppressor, whose loss or inactivation may lead to cancer. He points out that the gene maps to an area on chromosome 3 that is thought to contain a tumor suppressor because it is deleted in several cancers. His own team, he says, is exploring whether loss or inactivation of the gene might contribute to development of small-cell lung cancer. Indeed, he says, "several components within the pathway [by which TGF- $\beta$  inhibits growth] could be tumor suppressors."

On the clinical front, Markowitz and Willson want to explore whether it is possible to detect HNPCC colon and ovarian cancers by screening for cells that carry the RII mutation in blood or stool. And beyond that lies the goal of using gene replacement therapy to treat cancers that have lost their responsiveness to TGF- $\beta$  by putting in a good copy of the RII gene. That's a long way off, but the new work at least opens up the possibility of doing what the cell's mechanic should have been doing all the time.

—Jean Marx

PHYSICS

## Grown-Up Physicists Play Serious Games in the Sandbox

An old adage holds that all problems in physics are either trivial or insoluble. Those categories can actually be near neighbors. Take the bouncing, flowing, mixing, oscillating, avalanching substances called granular materials—of which sand is the most familiar. "Sand," says University of Chicago physicist Heinrich Jaeger, "we associate with something terribly simple. Something whose behavior we can obviously predict. But if we look more closely," says Jaeger, who recently helped organize a conference on granular materials, "we are faced with an unbelievable complexity of outcomes."

That mix of simplicity and complexity won't come as a surprise to industrial engineers, who have struggled for decades with fertilizers that plug hoppers and pharmaceuticals that won't stay mixed as they form pills, to cite just two examples. Granular materials are polymorphous: They can resemble solids, liquids, or gases, depending on the situation, and engineers have learned the hard way that a weird amalgam of known and unknown physical laws governs their behavior. But physicists have been latecomers to the sandbox. "A few years ago you used to be a laughingstock if you were working on sand," says Anita Mehta of the University of Birmingham in the United Kingdom.

Now, she says, "it has become rather trendy." The complex behavior of sand and other granules has enchanted physicists by giving them a model of other difficult areas of physics. "The sandpile is a metaphor for a lot of systems in physics that we have been struggling with for a long time," says Jaeger. As speakers at the conference showed, granular materials can mimic the roiling convection cells that form in fluids, undergo "phase transitions" analogous to those of solids changing

\* Dynamics of Granular Materials: Understanding and Control, May 11–13 at the University of Chicago. Organizers: Heinrich Jaeger, Elizabeth Grossman, Sidney Nagel, and Yunson Du.



All shook up. A layer of particles shifts from one surface pattern to another as the vibration amplitude changes.

SOURCE: UMBROHWAR ET AL./UNIV. OF TEXAS AT AUSTIN

from one crystal structure to another, and form bizarre, finger-like clumps through processes that may mimic structure formation in the early universe. And these phenomena are yielding new insights for the industrial engineers who have traditionally struggled with granular media on their own.

Like an avalanche triggered by a single pebble tumbling down a slope, much of the recent surge of interest in granular materials began with the 1987 publication of a paper by Per Bak, Chao Tang, and Kurt Wiesenfeld, then at Brookhaven National Laboratory. The paper laid out a notion these researchers dubbed "self-organized criticality." They proposed that under the pressure of outside stimuli, a system of many complicated, interacting parts—anything from a sandpile to the stock market—will organize into a precarious state, far from stability, that is prone to unpredictable fluctuations. In the case of a sandpile, the theory predicts that as sand is added to the pile, it will slough off not

in regular, catastrophic avalanches but in an unpredictable series of small and large ones.

Whether nature really behaves this way is still a matter of debate. But by getting physicists to take a serious look at sand, the proposal opened up the field. At the University of Chicago, for example, a group that includes Jaeger, Sidney Nagel, and Chu-Heng Liu (now at the Exxon Research and Engineering Company in Annandale, New Jersey) started by looking for self-organized criticality in sandpiles. They failed to see it, says Jaeger, "but got intrigued by all of the other things that happen in sandpiles" and other granular aggregations. Among them was the "Brazil nut phenomenon"—the puzzling tendency of the largest granules in a container to rise to the top when it is shaken.

Two years ago Jaeger and Nagel, along with Chicago colleagues James Knight and Edward Ehrlich, studied the phenomenon by filling a cylindrical container with glass beads, some of them dyed black to serve as



When they vibrated the container, they saw the beads circulate in a convection pattern similar to those seen in fluids heated from below: The beads flowed down near the walls and up in the center of the container. "Differential friction" at the wall may be responsible, the researchers think: Whenever the vibrating wall lifts a collection of particles, they "fluff up," and as they drop, the wall's grip on them—its upward frictional push—is weaker than the downward tug they experienced on the way up. The result is a

series of avalanches, and other patterns that changed from one to another at sharply defined shaking frequencies and strengths (see illustration on p. 1277). The transformations to complex structures are reminiscent of the "symmetry breaking" seen when, say, an amorphous liquid freezes to a crystalline solid, says Melo—but are "much richer" than standard phase transitions, which are limited by such constraints as conservation of energy. He and his colleagues think they have their hands on a system that

behaves in a way that would be far too complex to calculate in more elaborate models of mixing.

**Order from randomness?** Those insights could help engineers in the pharmaceutical industry and elsewhere design better mixers. But some of the most striking theoretical results presented at the conference have implications extending all the way to an underpinning of physics—its picture of how collections of randomly colliding particles behave. If no long-range force is acting on the particles, classical statistical mechanics predicts that they will remain randomly distributed no matter how long they knock about. But when Sean McNamara and William Young of the Scripps Institution of Oceanography at the University of California, San Diego, used a computer to simulate particles colliding in two dimensions, they were startled to see structures spontaneously take shape.

Work in one dimension had already shown that when collections of inelastic particles—those that lose energy in collisions—start with random initial positions and velocities, groups of three or more particles tend to clump together. These "collapses" can occur when two particles are moving toward each other and a third is caught between them, where it acts as a cushion, dissipating the energy of the converging particles by rattling back and forth between them. That way, the particles don't rebound but remain "stuck" together.

But Young and most other physicists had thought that collapse was a "pathology" of one dimension. He recalls that he bet McNamara "a million dollars" they would see no such phenomenon in their 2D simulations—and lost, when they identified finger-like structures within which particles were colliding rapidly. The structures moved as a unit within larger, amorphous clumps. (McNamara graciously accepted a used textbook in lieu of cash.)

Exactly why the structures take shape remains mysterious. But the fingers "are extremely reminiscent of the structure astronomers find in sky surveys," says the University of Chicago's Jaeger. He raises the possibility that the giant walls and filaments of galaxies seen in the distant universe might not have formed solely by gravitational interactions, as theorists often assume. Instead, they might have emerged from random processes, as dust, star clusters, and galaxies collided early in cosmic history.

Linking a sandpile, even a theoretical one, with the early universe requires climbing out on "a very thin, long limb," says Jaeger. But if sandpiles can help explain the origin of cosmological structure, it's a limb that could quickly get crowded.

—James Glanz



The right spin. Experiments in odd-shaped containers show that granules mix in a series of avalanches.

net downward shove. To everyone's surprise, the researchers found that the flow probably accounts for the Brazil nut phenomenon: The largest granules don't fit into the thin convective zones at the walls that would otherwise pull them down; as a result, they become trapped at the top.

**The dead zone.** More recently, with colleagues in the University of Chicago's department of radiology, the group explored the details of the flow by applying magnetic resonance imaging (MRI) to a container of poppy seeds, whose oil makes them visible to MRI (*Science*, 17 March, p. 1632). MRI, first applied to granular media by researchers at The Lovelace Institute in Albuquerque, New Mexico, allowed the Chicago group to clock the convection currents—and yielded an insight that may have industrial benefits. At the conference, Knight reported that MRI scans revealed an exponential slowing of the convection currents with depth—the first quantitative study of what engineers call the "dead zone" near the bottom of a container, where particles resist diffusing when they are shaken up. Such data could help engineers design containers with the right wall friction and shape to expand the dead zone, reducing unwanted sorting of pharmaceutical and ceramic powders, cement, and even flour.

While the Chicago group occupied itself with the innards of granular systems, other researchers probed the mysteries of their surfaces. At the University of Texas, Austin, Paul Umbanhowar, Harry Swinney, and Francisco Melo of the University of Santiago in Chile vibrated a thin layer of tiny bronze spheres in circular dishes. When the team illuminated the dishes from the side with strobe lights synchronized with the vibra-

tion, they saw stripes, squares, hexagons, and other patterns that changed from one to another at sharply defined shaking frequencies and strengths (see illustration on p. 1277).

In Melo's work, theory is lagging somewhat behind practice. But in some areas of granule work, theory is opening new paths. One group found that a simple theory could help them understand a very practical problem: mixing in spinning containers. In the mixing of granules, says Julio M. Ottino of Northwestern University's chemical engineering department, one member of the group, "lots of things do not have an analogy with how fluids mix." For example, in contrast to most fluids, which mix smoothly throughout a spinning container, a granular material often mixes mostly around the container's edges, where the grains can tumble freely, leaving an immiscible "core" at the center.

The Northwestern group, which also includes Troy Shinbrot, Guy Metcalfe, and Joseph McCarthy, approached the problem by assuming that mixing in a rotating drum takes place in a series of avalanches. When the drum is stationary, the grains tend to form a horizontal surface; when the drum begins turning, the surface gradually steepens until it slumps in an avalanche. The group assumed that each avalanche cuts a pie-like wedge of material from the top of this slope and deposits it downslope—thoroughly mixing the grains in the wedge along the way.

These simple assumptions, says Shinbrot, turn out to "work surprisingly well," as the Northwestern group found when they packed different-colored batches of grains into a drum, spun it, and watched the mixing process. The simple avalanche picture successfully predicts the efficiency of mixing not only in cylindrical drums but also in irregu-



## SEARCH AND DISCOVERY

### Oscillating granular layers produce stripes, squares, hexagons . . .

Take a bunch of granular particles, put them in a container on a rigid platform and shake the system vertically. You might find heaping, convective rolls, size segregation or traveling waves. Recent experiments with several layers of particles have produced, at a critical acceleration, a sharp transition from a flat surface to standing-wave patterns oscillating at either one-half or one-quarter the excitation frequency.

When a group of researchers at the University of Texas at Austin oscillated a shallow granular layer, they produced squares and stripes; they found a continuous transition between these states as they varied the vibration frequency at constant acceleration. More recently the Texas team—Francisco Melo (now at the University of Santiago of Chile), Paul Umbanhowar and Harry Swinney—have been finding hexagons and period-doubling behavior.

Granular materials are ubiquitous, ranging from sand to sugar, from gravel to geological formations. Despite the importance of such materials to industry, only in the last several years have physicists and engineers begun to learn much about their peculiar nonequilibrium behavior as a function of time.

Umbanhowar points out that "there's no Navier-Stokes equation for the flow of granular materials. Granular materials act as fluids, solids and gases, depending on how they are excited." At present, there is no comprehensive understanding of the fluidlike state of granular materials, let alone the crossovers between fluid-, solid- and gas-like behavior. Heinrich Jaeger of the University of Chicago explains: "The fluidlike state in particular arises from a highly nonlinear response to external vibrations. Concepts from ordinary hydrodynamics or statistical mechanics fail for granular media because the thermal energy is irrelevant and all collisions are inelastic. This situation provides a tremendous challenge for physicists: the identification of an appropriate theoretical framework. Likewise for experimenters, research on granular materials provides an exciting opportunity to explore widely uncharted territory and

experiments with vertically oscillating thin layers of granular particles show robust pattern formation. Studying the pattern dynamics may yield insight into basic mechanisms of granular flow and connect these patterns to those found in other dissipative systems.

to isolate key aspects of nonlinear dynamical behavior in a problem of immense technological importance. The recent experiments have done just that: They have provided benchmarks against which to test any forthcoming theoretical understanding."

#### Previous work

In 1831 Michael Faraday used thin layers of fine powder on vibrating plates to investigate the position of nodal and antinodal lines in an essentially two-dimensional system. He found that the powder formed heaps by means of a convective mechanism.

In 1989 Claude Laroche, Stéphane Douady and Stéphane Fauve at the Ecole Normale Supérieure de Lyon studied a two-dimensional granular system, with one horizontal direction plus the vertical shaking direction (essentially a narrow shoebox); the system was only a few layers high. They found a parametric instability; that is, when they drove the granular system with a frequency  $f$ , it responded with  $f/2$ . So it takes two shaking cycles to come back to the original state. Since the experiments by Laroche, Douady and Fauve, a number of groups have done granular flow experiments on systems only a few layers high, either in the shoebox geometry or, by wrapping it around, in an annulus. The groups include Robert Behringer, Hyuk Pak and Eric Van Doorn at Duke University; Melany Hunt, Christopher Brennen and their collaborators at Caltech; A. Goldshtein and his collaborators in Israel; and Jean Rajchenbach and Eric Clément at Pierre and Marie Curie University in Paris.

Recently the University of Texas group and Jaeger and his collaborators at the University of Chicago have done such experiments in shallow layers that yield planar patterns.

Both groups reported their results at a workshop on granular dynamics held at the University of Chicago in mid-May.

Another category of experiments involves granular convection in taller systems, many grains high. Pierre Evesque and Rajchenbach studied these systems in 1989, using a container that was a long, thin but tall box. When the acceleration of this system exceeded  $g$ , the acceleration due to gravity, large-scale convection rolls filled the container. This state resembles Rayleigh-Bénard convection in a small-aspect-ratio container and has a large heap of material at the point of maximum upflow. In this case, traveling waves occur, as seen by the Duke group, rather than the standing waves observed for shallow layers. At Caltech, Carl Wassgren, Brennen and Hunt have observed heaping, surface waves and arching.

This year, two experiments have provided new insights into two of the most important of these mechanisms. One of these mechanisms, studied by E. E. Ehrichs, Jaeger, Greg Karczmar, James Knight, Vadim Kuperman and Sidney Nagel at the University of Chicago, is a ratchet effect involving friction between the sidewalls of the container and the grains. Using magnetic resonance imaging, the experimenters found that the fastest flow occurs in the thin boundary layer near the walls.<sup>1</sup>

The other key mechanism involves a kind of buoyancy provided by surrounding gas, an effect studied at Duke. After contradictory results on the effects of pressure on flow obtained by Laroche and his collaborators and Evesque and his collaborators, the Duke experimenters carefully controlled pressures between vacuum and atmospheric. They found<sup>2</sup> that the heaping and convection in tall layers was virtually independent of pressure above 10 torr, and ceased below 10 torr. Behringer explains that the key idea is that gas, which is trapped under the layer during each shaking cycle, is compressed as the material hits the container bottom. If the layer is shallow or the particles are large, gas seeps out

P. A7

quickly and plays no role in the shaking dynamics.

### Texas experiments

In experiments reported early last year, Melo, Umbanhowar and Swinney vertically vibrated a thin layer of spherical particles in a container whose horizontal extent was much larger than the layer depth.<sup>3</sup> For increasing amplitude of the sinusoidally varying acceleration, the initially flat layer became unstable and standing-wave patterns emerged, oscillating at  $f/2$ . At lower frequencies these wave patterns (see the figure) appeared as squares, at higher frequencies, as stripes; the stripes and squares competed at intermediate frequencies.

"We expected to see convection and heaping like Rajchenbach and Fauve found," says Umbanhowar; so the Texas team was somewhat surprised to find patterns instead.

What's the explanation? the group wondered. Similar patterns of squares and stripes are observed in convection in fluids and liquid crystals and in vibrated fluid layers. Says Swinney, "The analogy between a granular system and a fluid is deeper than the observation of similar spatial patterns: in both cases the transition from the initial uniform (flat) state to a pattern yields squares at low dissipation and stripes at high dissipation. The viscosity determines the dissipation of a fluid, while for a granular material, the dissipation arises from particle-particle collisions and is small at low frequencies where the layer is more dilated."

After learning about the Duke convection experiment showing the effect of air pressure, the Texas group had decided to repeat the earlier experiments using an evacuated container. With the air removed, a new set of patterns emerged in addition to squares and stripes oscillating at  $f/2$ . As Melo, Umbanhowar and Swinney increased the dimensionless acceleration amplitude  $\Gamma = 4\pi^2 f^2 A/g$  (where  $A$  is the drive amplitude), hexagons and kinks appeared with frequency  $f/2$ ; squares, stripes and hexagons with domains of different phase oscillating at  $f/4$ ; and a disordered state.

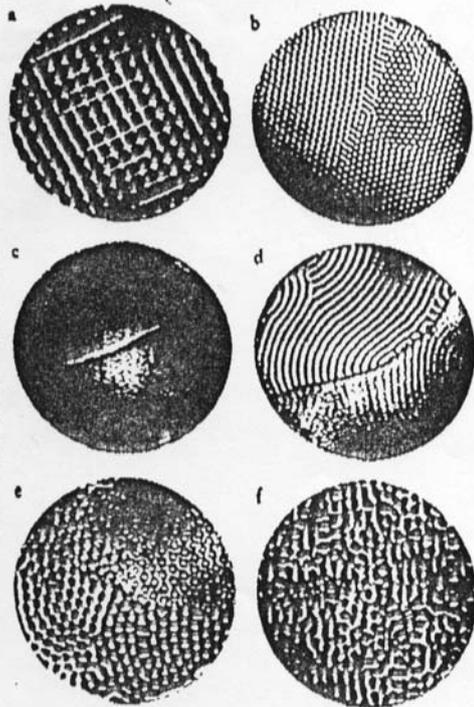
The researchers explain the different patterns using a simple one-dimensional model that focuses on the vertical motion of the layer with respect to the container. Since the layer behaves much like a completely inelastic object, it does not bounce; so it leaves the bottom of the container only when the container accelerates downward faster than  $g$ . The appearance of waves appears to be deter-

GRANULAR PATTERNS formed by a thin layer, seven particles deep, of 0.17-mm bronze spheres.

The different patterns arise from a competition between a granular-wave instability and period doubling in the vertical motion of the layer.

a: Squares occur at driving frequency  $f=24$  Hz and dimensionless acceleration amplitude,  $\Gamma=2.7$ ; b: Hexagons at  $f=43$  Hz,  $\Gamma=4.2$ ; c: Flat layer with kink at  $f=67$  Hz,  $\Gamma=5.8$ ; d:  $f/4$  stripes at  $f=70$  Hz,  $\Gamma=6.8$ ; e:  $f/4$  hexagons at  $f=70$  Hz,  $\Gamma=7.6$ ; f: Disorder at  $f=67$  Hz,  $\Gamma=8.5$ .

(Courtesy of Paul Umbanhowar, University of Texas.)



mined mainly by the relative collision velocity of layer and container, while the particular wave pattern that is selected depends on the timing of successive collisions, as the group explains in a recent paper.<sup>4</sup>

When the acceleration amplitude first exceeds  $g$ , the layer loses contact with the container and later collides with the container. Because the gas pressure is low, the layer remains flat and heating is not observed. When the acceleration amplitude is raised to about  $2.5g$ , the collision velocity is large enough that the layer becomes unstable and wave patterns arise, the group says. With a further increase in acceleration amplitude, hexagonal patterns appear (part b of the figure) from either square or striped patterns due to a doubling of the period of the layer's vertical motion. This doubling occurs because the layer leaves the container with sufficient velocity that it doesn't land again until after the downward instantaneous acceleration of the container is already less than  $g$ . As a consequence, there are long flights followed by short flights. The relative collision velocity at the end of the long flight is smaller than the relative collision velocity at the end of the short flight; this introduces an additional forcing at  $f/2$ , since it now

takes two container oscillation periods for the sequence to repeat. Two years ago experiments by Hanns Müller at the Ecole Normale Supérieure de Lyon on vertically oscillated fluid layers showed that forcing simultaneously at  $f$  and  $f/2$  can lead to hexagons. Swinney says that in the granular system both phases of the period-doubled motion can be observed simultaneously because the long-flight-short-flight sequence can start on one cycle of the container motion or the next.

"As we turn up the acceleration, the hexagons vanish," says Umbanhowar, and the layer then consists of flat domains connected by a kink (part c of the figure). This occurs because of a resonance—the relative collision velocity of the layer and container goes to zero. Umbanhowar compares this behavior to an egg tossing contest at a county fair: "You toss raw eggs back and forth with a partner and move back one step after each successful throw. As the distances and velocities increase you must move your hands in the same direction and with nearly the same velocity as the egg so that you can reduce the egg's velocity as slowly as possible." Similarly, at the resonance, the layer and plate velocities are al-



most equal at the time of contact, and no waves are excited. "Even though the patterns go away, we still have one side of the layer staying in flight for more than one and a half cycles and then repeating, while the other side does the same thing 180 degrees out of phase, which is why we see the kink in the layer."

If the experimenters increase the acceleration amplitude further (to about 6 g), the layer hits harder and waves are again excited. Square and striped patterns reappear, but now, because the time between collisions is two periods, the waves oscillate at  $f/4$ . Part d of the figure shows that because of the degeneracy associated with period doubling, the group says, there are two domains differing in phase by  $\pi$ , so that one domain is taking off while the other is in mid-flight.

When the acceleration is increased so that the flight time is greater than two periods, intrinsic two-frequency forcing is restored (at  $f/2$  and  $f/4$ ) and hexagonal patterns reappear, now with four different phases (part e of the figure).

For still larger accelerations, the layer becomes disordered in both space and time. Part f of the figure shows multiple small domains of wave-like structures. "You see a random bunch of stripes," explains the Texas team. "We think the phase of the layer with respect to the cell isn't very stable. Some portions of the pattern miss the collision with the container, which changes the phase of that portion with respect to the rest of the pattern."

"The pattern formation phenomena we observe are robust," the group says. The patterns don't change quali-

tatively with particle restitution coefficient (0.5–0.9), density (2–11 grams per cubic centimeter) and size (0.05–3 mm); layer thickness (2–40 particles deep) and aspect ratio (2–100 pattern wavelength/hs); and the pressure ( $10^{-1}$ – $10^{-4}$  torr).

"The simple one-dimensional model of a layer with inelastic collisions provides insight into the sequence of transitions in the patterns," says Swinney, "but a deeper understanding of why the different patterns are selected must await the development of an equation of motion for the granular layers."

#### Chicago experiments

Jaeger and his collaborators at the University of Chicago have also been doing experiments in a geometry similar to that used by the University of Texas group. Jaeger notes that the 1994 experiments by the Texas group were done at atmospheric pressure. So he feels their dispersion relation must be reevaluated at low pressure.

Two years ago Jaeger and his graduate student James Knight reported (at a meeting of Packard Fellows in Monterey, California) that they had observed surface waves oscillating at half the drive frequency. Their container was shaped like a fishbowl. Over the last year Thomas Metcalf, an undergraduate, has joined the project, and he has emphasized cylindrical containers with flat bottoms and straight sidewalls. Says Jaeger, "We find patterns just like the Texas group do in their (similarly cylindrical) system." Jaeger and his collaborators showed their patterns and the corresponding dispersion relations at the Chicago workshop in mid-May.

Jaeger and his collaborators believe that even in shallow layers, residual gas pressure above 100 millitorr modifies the collision behavior between rapidly colliding grains. The Chicago team finds that the preparation condition of the grains, in particular any residual moisture on them, affects the onset of patterns. "Under ambient conditions, these factors are not easily controlled and may change over time," says Jaeger. "That's why we systematically explored the effect of evacuation."

He continues: "We are still far from the point where we understand in detail how and why these wonderful patterns exist. I believe that ordinary hydrodynamic theory clearly fails in the limit of shallow vibrated granular layers, and that comparison to liquid results (such as dispersion relations) cannot give the needed insights. In a sense, that is good news, meaning that much still needs to be explored."

The study of pattern dynamics promises to lead to valuable insights concerning the basic mechanisms governing granular flow and to help in connecting these patterns to similar patterns found in many quite different dissipative systems driven far from equilibrium.

GLORIA B. LUBKIN

#### References

1. E. E. Ehrichs, H. M. Jaeger, G. S. Karczmar, J. B. Knight, V. Yu. Kuporinan, S. R. Nagel, *Science* **267**, 1632 (1995).
2. H. K. Pak, E. van Doorn, R. P. Behringer, *Phys. Rev. Lett.* **74**, 4643 (1995).
3. F. Melo, P. B. Umbanhowar, H. L. Swinney, *Phys. Rev. Lett.* **72**, 172 (1994).
4. F. Melo, P. B. Umbanhowar, H. L. Swinney, submitted to *Phys. Rev. Lett.*

## Space-based Telescopes See Primordial Helium in Spectra of Distant Quasars

According to the standard model, shortly after the Big Bang, primordial hydrogen and helium were spread nearly uniformly throughout space. After matter began to coalesce into galaxies and other structures, nuclear cooking within massive stars produced heavier elements. But researchers still expect to see traces of the primordial elements if they look far out in intergalactic space, at distances corresponding to the earliest times. In 1971 they saw signs of hydrogen clumped in clouds located billions of light-years away. Now, thanks to the availability of satellite-borne telescopes sensitive to ultravio-

let radiation, they have found hydrogen's primordial companion. The clouds in which the hydrogen was seen are presumably at or before the early stages of galaxy formation. No one has seen signs of relatively uniformly distributed hydrogen, corresponding to an even earlier era before any condensation. The absence of a

hydrogen signal does not mean the gas is not there. Rather, in the harsh intergalactic region between the clouds, hydrogen appears to be almost totally ionized to single protons that do not absorb light and hence cannot be seen. Researchers had hoped that helium might fare better in the intense radiation; enough nuclei might retain single electrons to permit detection of these hydrogen-like ions.

The hopes of seeing helium have been realized in the recent measurements that found the singly ionized species. It is not clear, however, how smoothly the gas is distributed—that

looking way back in time, astronomers have found evidence of the primordial gases—first, hydrogen, and now, with the help of space-based telescopes, the more elusive helium.

The hopes of seeing helium have been realized in the recent measurements that found the singly ionized species. It is not clear, however, how smoothly the gas is distributed—that

P. L.



FISICA



GERARDO TORRES

A superficie de la arena no es tan plana como parece.

Compruébelo este verano en la playa. Observe con atención los diminutos granitos de arena bajo sus pies. Si tiene suerte, es probable que se asombre al descubrir cómo estos granitos se organizan para formar modulaciones en la superficie de arena.

Así le ocurrió al físico experimental chileno Francisco Melo (35, soltero) cuando hacía experimentos en el Centro para Física No Lineal de la U de Texas (EU).

—Observe que al agitar una cajita con arena los granitos chocan y se acoplan entre sí dando origen a ondas de superficie de un tamaño bien definido. Las ondas, al superponerse en las distintas direcciones del espacio, producen estructuras geométricas tales como líneas, cuadrados o hexágonos.

Licenciado en Física Aplicada en Chile y doctorado en Física de la *Ecole Normale Supérieure* de Lyon (Francia), entre 1987 y 1993 Melo realizó investigaciones en EU y Francia sobre la formación de estructuras de espacio y tiempo en la arena y otros sistemas.

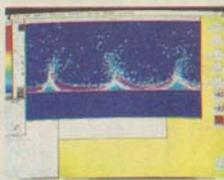
Hoy hace clases en la USACH y es de los pocos físicos chilenos que trabaja en física aplicada.

Hace un año y medio montó el Lab de Física No Lineal en la USACH, donde trabaja junto a 3 estudiantes de pregrado. Cuentan con el financiamiento de la Comunidad Económica Europea, de *Conicyt* y de la USACH, y usan equipos creados por ellos mismos para abaratar costos.

—Nos faltan recursos —reconoce Melo —pero nos arreglamos para trabajar y hacer descubrimientos simples pero novedosos, que nos pongan a la par con otros países.

**CONTAGIOSO MOVIMIENTO**

Animado por esa idea, Francisco Melo se zambulló en su proyecto y logró titularse como el primer físico del mundo que descubrió las figuras que se forman en la arena. Publicó su trabajo, y sus colegas de todo el mundo quedaron tan fascinados que



Como un software especial, Melo puede apreciar la dinámica del movimiento de los granos de arena.

**Con equipos inventados por él, el chileno Francisco Melo fue el primer físico del mundo que explica cómo los granos de arena forman figuras geométricas perfectas.**

mencionaron su nombre y el de Chile en revistas científicas internacionales como *Physics Today* y *Science*.

Melo utiliza un sistema dinámico experimental, con partículas esféricas iguales a los granos de arena dentro de un recipiente transparente, para descubrir cómo se transmite el movimiento entre ellos.

—Al sacudir arena en un recipiente, los granitos saltan y chocan entre sí durante un tiempo y a una determinada velocidad. Esa velocidad combinada con el tiempo de vuelo, los hacen recorrer un determinado espacio, y cuando cho-

can con el recipiente, forman varias ondas cuya separación entre una y otra es igual a la distancia recorrida por los granos individuales.

El mismo fenómeno que Melo propicia en el laboratorio se produce naturalmente en playas y desiertos; el viento ejerce fuerza sobre la arena, esparce los granitos y hace que se formen estructuras perfectas.

—Una puede observarlo al acostarse boca abajo sobre la arena.

Aunque el fenómeno es idéntico, la fuerza del viento no es igual a la que se produce al agitar una cajita con arena, y la distancia entre las estructuras que aparecen en la playa y las del laboratorio tampoco es la misma.

—Cada sistema tiene una distancia intrínseca —explica Melo. —Las figuras de la arena tienen una distancia idéntica entre sí, pero diferente a la que hay entre las figuras en la arena del laboratorio.

Entusiasmado por los logros conseguidos, Melo asegura que continuará moviendo arenas, «porque esta investigación puede tener una aplicación práctica de gran utilidad en las áreas industriales que trabajan con materiales granulados, como la construcción de caminos y nuestra gran industria de la minería».

**RESUMEN**

**Físico experimental chileno explica que, al agitar granitos de arena, éstos se mueven a una determinada velocidad y forman ondas de impecable estructura geométrica y con la misma distancia entre sí. Este fenómeno también se aprecia en playas y desiertos.**

Alejandra Bluth Solari

NEWS AND VIEWS

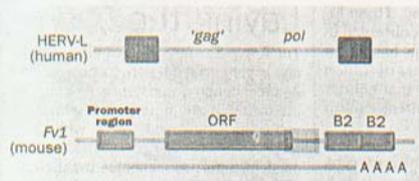


FIG. 2 Structure of the Fv1 gene. The shaded portions denote regions of difference between the *n* and *b* alleles. The 5' end of the messenger RNA is uncertain; the 3' end lies in sequence derived from the B2 repeat. ORF, open reading frame. The relationship to the human endogenous provirus-like element HERV-L, indicated above, implies that Fv1 might represent a gag-related sequence.

The structure and species distribution of Fv1 are different from those of a usual gene (Fig. 2). It lacks introns as well as obvious promoter and polyadenylation signals. To date, the promoter has not been identified, but the 3' end has been mapped into a repetitive element (B2) of the coding region. The impression of Fv1 as a 'neogene', pieced together recently from different parts, is further supported by its distribution. Closely related sequences are found only in laboratory mice and other species of the genus *Mus*. Some species, including cats and rats, show no related sequences at all, and large numbers of distantly related sequences can be seen in other species (including humans). This distribution resembles more closely that of an endogenous provirus than that of a usual gene.

Consistent with this, a search of databases for related sequence turned up a sequence from the gag region of a human endogenous provirus-like element (HERV-L), whose pol gene resembles that of an unrelated retrovirus, human foamy virus<sup>10</sup>. Although this relationship is tantalizing, it should be kept in mind that the sequence lacks detectable relationship to any retroviral gag gene as well as hallmarks of the usual gag genes. Its identification as a gag sequence relies solely on the position of the related HERV-L sequence.

How Fv1 works should now be accessible to direct experimentation. Even if it is

a gag gene, it is unlikely to exert its effect in a simple way. Competition for some cellular factor seems inconsistent with its genetics. The presence in the mouse genome of hundreds of sequences closely related to MLV gag genes that exert no obvious suppressive effect argues against simple gag-gag interaction. Important clues will probably come from comparative analysis of the different alleles, which differ principally by a truncation and substitution of sequence at the carboxy terminus.

A final point of interest regards the evolution of Fv1 resistance. Fv1 may represent a rare example of a sequence that originally belonged to a transposable element, but has been separated from it (perhaps by integration of an intact element followed by deletion of sequence on either side) and brought under the influence of transcriptional control elements

from other sources. This process seems to have occurred subsequent to the divergence of *Mus* from other rodents but before the divergence of modern species. Does resistance to MLV infection represent a normal function of this 'gag' sequence? If so, then the ancestral retroelement might represent some sort of antiviral virus, benefiting its host by causing resistance to other viruses. Alternatively, is the resistance a chance effect of mutation of a sequence that happened to be already present when the species was first exposed to MLV? In favour of this possibility is the presence of an apparently non-functional Fv1 sequence in *Mus dunni*, a species of mouse that shows no sign of prior exposure to MLV infection. Close analysis of the structure and function of the other mouse elements, as well as the human elements, will be highly rewarding. □

John M. Coffin is in the Department of Molecular Biology and Microbiology, Tufts University School of Medicine, 136 Harrison Avenue, Boston, Massachusetts 02111, USA.

NONLINEAR SYSTEMS

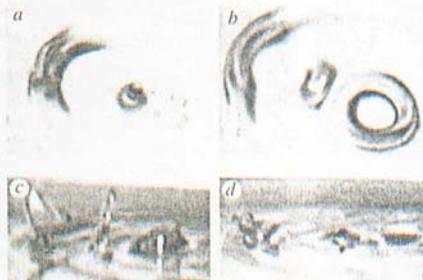
Physics in a jumping sandbox

Jay Fineberg

FROM the stripes of a zebra to rolling sand dunes to the huge cellular structures formed in a thunderstorm, pattern forming systems abound in nature. Although the physical mechanisms that lead to a given type of pattern or structure may be quite diverse, in many cases the formation and subsequent evolution of these states has a universal mathematical description. So the discovery of a new type of structure in a specific system may well be relevant to a large variety of, at first glance, quite different nonlinear systems. On page 793 of this issue<sup>1</sup>, Umbanhowar, Melo and Swinney describe the behaviour of a thin, 'sand-like' layer of minute brass balls that are excited into motion by the vertical vibration of their container. At a critical excitation value, strange, well-defined structures form, even though the excitation of the system is spatially uniform.

Previous work<sup>2</sup> by this group revealed that, depending on the strength of the excitation, striped, square or hexagonal structures appear with a characteristic scale many times larger than the grain size.

This large-scale organization is interesting because the actual grains interact with each other simply by inelastic collisions. Now Umbanhowar *et al.* have discovered a surprising and qualitatively different type of structure, which they call an "oscillon". Oscillons are highly localized particle-like excitations of the granular layer which oscillate at half the driving frequency. Once formed, single oscillons are stable. They come in two 'flavours', which like charged particles either repel or attract each other to form dipoles, chains, triangular associations and even lattices.



A typical localized 'solitary' state, propagating from right to left in a highly dissipative fluid<sup>1</sup>. Two phases relative to the driving frequency are shown. *a* and *b* are views from above, and *c* and *d* are side views of the same states. Compare with Fig. 1 on page 794.

- Best, S., Le Tissier, P., Towers, G. & Stoye, J. P. *Nature* **382**, 826-829 (1996).
- Lilly, F. & Pincus, T. *Adv. Cancer Res.* **17**, 231-277 (1973).
- Prydzak, P. M. & Varmus, H. E. *J. Virol.* **66**, 5959-5966 (1992).
- Rommelaere, J., Donis-Keller, H. & Hopkins, N. *Cell* **16**, 43-50 (1979).
- Ou, C.-Y., Boone, L. R., Koh, C. K., Tennant, R. W. & Yang, W. K. *J. Virol.* **48**, 779-784 (1983).
- Bowerman, B., Brown, P. O., Bishop, J. M. & Varmus, H. E. *Genes Dev.* **3**, 469-478 (1989).
- Williams, L. M. & Cloyd, M. W. *Virology* **184**, 723-728 (1991).
- Frankel, W. N., Stoye, J. P., Taylor, B. A. & Coffin, J. M. *J. Virol.* **63**, 1763-1774 (1989).
- Stoye, J. P., Kaushik, N., Jeremiah, S. & Best, S. *Mammalian Genome* **6**, 31-36 (1995).
- Cordonnier, A., Casella, J. F. & Heidmann, T. *J. Virol.* **69**, 5890-5897 (1995).



## NEWS AND VIEWS

## Against the grain

Granular media behave in some ways like a solid, in some ways like a liquid or gas, and in some ways like none of those things. Some of their stranger properties are mentioned below. (For a more complete description see ref. 8 and references therein.) Unlike a fluid, sand can heap. Once the slope of a sand pile is increased beyond a critical angle, however, the medium will begin to flow. This flow only occurs within a thin layer near the top of the pile while the remainder of the sand is stationary. To the chagrin of many manufacturers, the same thing happens when trying to force a granular medium down a chute.

Another oddity is that, instead of travelling in a straight line, sound launched into the *side* of a sand layer will curve around and eventually come out of the *top* of the layer. Also, because a granular medium can support weight by the formation of minute 'arches', internal stresses in sand are distributed so that only a small fraction of the grains support the whole pile, and entire regions feel no stress at all. J. F.

A peak-type oscillon appears on the cover of this issue.

This is an example of a driven dissipative nonlinear system having many degrees of freedom, that is, many possible states to choose from. How does such a system typically behave as the level of driving (here, the amount of energy pumped in) is increased? A large class of such systems, as the driving is increased to some threshold value, undergo abrupt transitions called bifurcations, from an initially featureless state to one characterized by a well-defined mode or pattern of collective motion that retains a certain degree of symmetry. As the driving is increased further, this pattern may itself become unstable, undergoing more bifurcations which further reduce the system's symmetry. Dissipation in these systems is not confined to a single region but, like the pattern, is uniformly distributed throughout the medium. Many chemical systems and types of hydrodynamic flow have these characteristics<sup>2</sup>.

But globally distributed patterns are not the only way for nonlinear systems to organize themselves. Highly localized states called solitons were first documented by J. S. Russell in 1834, who observed "a rounded, smooth and well-defined heap of water, which continued its course along the channel apparently without change of form or diminution of speed. I followed it on horseback... and after a chase of one or two miles, lost it

in the windings of the channel". These intriguing states have since been observed in many diverse nonlinear systems having little or no dissipation. Many types of soliton have the remarkable property that neither their shape nor speed are altered upon collision with other solitons.

Do soliton-like structures exist in natural systems where dissipation plays a major role? As any soldier surrounded by sand-bags can confirm, granular media are highly dissipative. The results of Umbanhowar *et al.* are evidence that localized structures can indeed exist in such systems. How universal are these objects? Soliton-like structures, ubiquitous in non-dissipative systems, have only recently been observed in highly dissipative 2D or 3D systems in experiment<sup>3-6</sup> and theoretical model equations<sup>7</sup>. A fascinating property of both oscillons and the structures observed in references 3 and 7 is that dissipation seems to be *necessary* for their existence. We may, therefore, be looking at a new type of nonlinear object which tends to localize dissipation in driven nonlinear systems.

A surprising aspect of the new experiments is the striking similarity of the observed global patterns in a vibrated granular medium to those observed by replacing the sand with a viscous fluid. The similarity continues with the discovery of oscillons, which are reminiscent of the propagating, localized states recently observed in highly dissipative fluid systems (see figure). Although it is tempting to think of a granular medium as a liquid whose grains behave as fluid 'molecules', granular media (see box above) actually behave in a qualitatively different way from liquids, solids and gases<sup>8</sup>. In fact, despite much active research, no underlying theoretical description for these materials yet exists. The similar behaviour of these two very different types of medium under the same type of excitation may lead to some understanding of the fundamental nature of granular media, as well as of the observed states themselves. □

Jay Fineberg is at the Racah Institute of Physics, The Hebrew University of Jerusalem, Givat Ram 91904, Jerusalem, Israel.

1. Umbanhowar, P. B., Melo, F. & Swinney, H. L. *Nature* **382**, 793-796 (1995).
2. Cross, M. C. & Hohenberg, P. H. *Rev. Mod. Phys.* **65**, 851-1112 (1993).
3. Lioubashevski, O., Arbel, H. & Fineberg, J. *Phys. Rev. Lett.* **76**, 3959-3962 (1996).
4. Steinberg, V., Fineberg, J., Moses, E. & Rehberg, I. *Physica D* **37**, 359-383 (1989).
5. Lerman, K., Bodenschütz, E., Cannelli, D. S. & Ahlers, G. *Phys. Rev. Lett.* **70**, 3572-3575 (1993).
6. Rotermund, H. H., Jakobith, S., von Oertzen, A. & Ertl, G. *Phys. Rev. Lett.* **66**, 3083-3086 (1991).
7. Deissler, R. J. & Brand, H. R. *Phys. Rev. Lett.* **74**, 4847-4850 (1995).
8. Jaeger, H. M. & Nagel, S. R. *Science* **255**, 1523-1531 (1992).

## DAEDALUS

## Laying the lies

THE Anglo-Saxon system of adversarial law is very imperfect. Two opposite sides — prosecution and defence — trade all the distorted and emotional arguments and insults they can think of, while a judge or jury tries to guess who is lying most. The procedure shares the drama, philosophy, and uncertainty of tribal warfare or big-league spectator sport. Nobody seriously looking for the truth (as in a scientific investigation or an air crash enquiry) would dream of using it.

The crucial problem, says Daedalus, is the ease with which human beings can tell lies. Indeed, this is almost a defining human skill. Many animals can lie in a simplistic way — pet cats, for example, will heroically pretend not to have been fed. But only human beings are self-conscious enough to elevate lying into a way of life, a vital skill in the complex competitive social game. One theory even claims that the human unconscious mind has evolved specifically to hold the secret truth, so that the conscious mind can lie boldly without stumbling over contradictions. Hence the role of the subconscious in psychology.

Now modern brain-scanning techniques can locate the active site of the brain at any moment. Daedalus reckons that telling the truth should activate just one site, where the relevant information is stored. Telling a lie should activate two sites, one holding the lie and the other holding the concealed truth. Positron-emission tomography is perhaps the best locator, but its radioactivity is worrying. So Daedalus plans to use magnetic resonance. DREADCO physicists are now injecting <sup>13</sup>C glucose into the blood of volunteers ranging from born-again Quakers to car salesmen, firing at them questions ranging from innocent to highly incriminating, and using <sup>13</sup>C NMR tomography to locate the releases of <sup>13</sup>CO<sub>2</sub> evoked in their brains. The results should reveal the brain-signature of lying. With luck, it will be simple, consistent, and easily distinguished from the effects of emotional stress.

Daedalus will then devise an NMR witness box, or even helmet, to detect and display this signature. It will transform our legal system. Guilty criminals will no longer plead innocent, and lying plaintiffs will no longer risk litigation. False claims of liability, negligence, harassment and abuse will swiftly fade away. NMR helmets for the lawyers themselves would be even more salutary. Many uses for the system beckon outside the court-room, too; but Daedalus is wary. Such a social nuclear deterrent is best kept in reserve as a threat. If widely deployed, it could make social life quite impossible. David Jones



## Shaken bead beds show pimples and dimples

From a zebra's stripes or a leopard's spots to expanses of evenly spaced sand dunes, pattern formation is a common natural phenomenon.

Scientists can make regular patterns in the laboratory by vibrating thin beds of granular materials such as sand, sugar, or tiny beads. Shaken up and down, the surfaces of these materials develop ridges and hollows that form arrays of stripes, squares, or hexagons.

These large-scale arrangements result from the banging together of neighboring particles in the material. Now, researchers have discovered that the same interactions can lead to the formation of individual, local features that resemble splashes in a puddle of water. Unlike water splashes, however, these structures don't spread. Instead, they slosh back and forth between a craterlike and a peaked geometry in time with the vertical vibrations.

Paul B. Umbanhowar of the University of Texas at Austin and his coworkers report this finding in the Aug. 29 *Nature*.

The researchers performed their experiments using bronze spheres, each about 0.15 millimeter in diameter, spread in a layer across the bottom of a wide cylinder in a vacuum.

When the layers were less than 15 par-

*Side view of an oscillon: The particles are thrown into a loose, peaked heap on the granular surface.*



ticles deep, the researchers observed reproducible geometric surface patterns determined by the rate and amplitude of vibration. Thicker layers usually remained flat and featureless until the vibrated system was momentarily disturbed, then one or more isolated structures emerged.

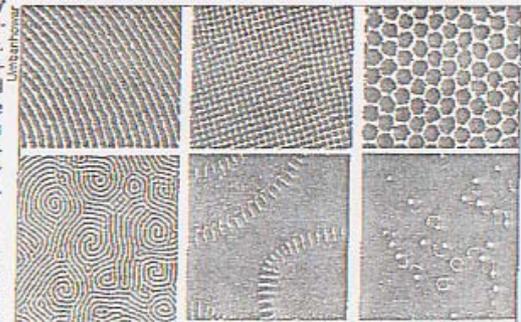
Called oscillons, these features show up as a peak during one vibrational cycle and a crater during the next. They are remarkably robust, persisting for more than 500,000 con-

tainer oscillations.

Oscillons slowly drift across the surface. When oscillons in opposite phase approach each other, they attract, partially overlap, and form a pair that moves around as a unit. Oscillons in the same phase tend to avoid each other.

Precisely why oscillons emerge and how they maintain their form is not yet fully understood, Umbanhowar says. Further studies of these features may shed light on the nature of granular flow and aid in the development of improved methods of mixing, sorting, and handling granular materials.

—I. Peterson



*Different vibration rates and amplitudes ripple the surface of a shallow bed of tiny beads to form various patterns. Bottom right: Oscillon peaks (white dots) and craters (rings) can appear in a vibrated layer about 20 particles deep.*



# Granules, if Jiggled, Mimic Behavior of Atoms

Continued From Page B5

critical state. In these and many other examples, Dr. Bak has argued, events occur continuously and in a random fashion, but the patterns of their behavior are fractal — that is, their patterns of real or symbolic hills and valleys look the same at any scale, large or small. For example, coastlines are said to be fractal; viewed from miles above the earth they exhibit the same kind of features visible from just a few feet above a section of coast.

Dr. Bak's theory, the fractality of certain kinds of events like earthquakes can be expressed as a mathematical power (or exponent)

**In 'sand-pile physics,' implications for the origin of life.**

of the events' sizes: the smaller the likelihood, the more frequently it is observed.

Mr. Gore believes that self-organized criticality, as described by Dr. Bak, can explain even the development of human individuality. In his 1992 book "Earth in the Balance," published by Houghton Mifflin, Mr. Gore wrote: "The sand-pile theory — self-organized criticality — is irresistible as a metaphor; one can begin by applying it to the stages of human life."

"One reason I am drawn to this theory," he went on, "is that it helped me understand change in my own life."

Dr. Bak, a physicist at Brookhaven National Laboratory on Long Island,

suggests in a new book, "How Nature Works," published by Springer-Verlag New York, that Mr. Gore might be "stretching the point too far," but he adds, "On the other hand, the book does raise important questions about phenomena on earth — biomass with brains and personality — that do reflect part of a world operating at the critical state."

Dr. Swinney and his colleagues at the University of Texas at Austin, Paul B. Umbanhowar and Dr. Frank Pinnow, who are in Chile, do not accept Dr. Bak's "self-organized criticality" theory, but their paper in Nature is certain to stimulate scientific thinking about the peculiar behavior of granular materials driven into motion.

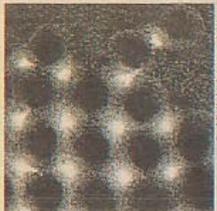
Dr. Swinney's laboratory worked with brass balls of different sizes in a cylindrical tray. Brass balls were used instead of sand because they are more uniform in size than sand grains.

The tray was mounted on a platform tuned to vibrate up and down to a sine wave with a frequency of 120 times a second and an electric coil that powered the vibration could be adjusted to vary the height of the tray's vertical oscillations (its amplitude) as well as their frequencies.

At certain frequencies and amplitudes, surprising patterns form in the tray, which are similar to those published by Houghton Mifflin, Mr. Gore wrote: "The sand-pile theory — self-organized criticality — is irresistible as a metaphor; one can begin by applying it to the stages of human life."

Another professor at the University of Texas, the Belgian theorist Ilya Prigogine, was awarded the 1977 Nobel Prize in Chemistry for a related theory: the theory of dissipative structures. This theory, which explains certain chemical reactions, suggests that dissipative systems can be more ordered at the top. Strange, self-organized patterns can arise from simple ingredients, provided that energy is continuously pumped in and waste "entropy" (a measure of disorder) is removed.

In their latest work, the Texas



Paul B. Umbanhowar, at the University of Texas at Austin, shows a vibrating layer of brass spheres forming a lattice-like pattern.

group found that when their vibrator was precisely tuned, the brass balls organized themselves into oscillations that wandered around the surface, reacting with each other and forming analogues of molecules and crystals that tended to persist until the vibration was halted.

The system requires two conditions: in proper balance, hysteretic, the brass balls in the tray, which is in a vibrating container, into the brass balls, and the rapid dissipation of energy through the hard collisions some of the balls undergo as they are moved around. It is the consequent flow of energy through the system that gives rise to complex patterns, if either the vibration or the collision rate is varied.

Another professor at the University of Texas, the Belgian theorist Ilya Prigogine, was awarded the 1977 Nobel Prize in Chemistry for a related theory: the theory of dissipative structures. This theory, which explains certain chemical reactions, suggests that dissipative systems can be more ordered at the top. Strange, self-organized patterns can arise from simple ingredients, provided that energy is continuously pumped in and waste "entropy" (a measure of disorder) is removed.

Some scientists see this as an explanation for the origin and evolution of life, in which a flow of energy from the Sun is dissipated as it powers the creation of complexity.

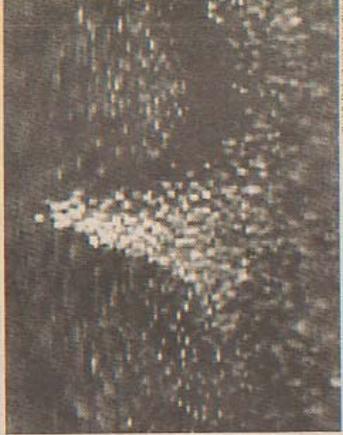
Among the scientists who regard the claims Dr. Bak has made for self-organized criticality as excessive, although Dr. Swinney sees at least one connection between the behavior of brass balls and life. "All biological systems which give patterns are dissipative systems," he said. "You get energy in from the Sun, and you get energy out in a biological system. It just goes back to a pile of chemicals. It can't have a complex structure like a biological cell."

But he regards his own research as essentially practical: to discover mathematical tools that would describe the reality as the well understood Navier-Stokes differential equations describe fluids.

Still more skeptical of the theory of self-organized criticality is Dr. Sidney Nagel, who heads a group of physicists at the University of Chicago studying granular materials. He cautions that the theory of self-organized criticality does not fit the behavior of real sand piles and their avalanches. Dr. Nagel also worries about drawing too many inferences from analogies but very different systems — for example, the brass-ball patterns seen at the University of Texas, compared with the analogous behavior of molecules and crystals. Interactions at the molecular and atomic level obey the statistical laws of quantum mechanics, while brass balls in motion are governed by Newton's classical laws of motion.

"I think that what Harry Swinney has done is to take a beautiful, very intriguing pattern that has changed like characteristics, attracting or repelling each other, and interacting in complex ways."

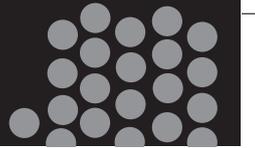
"But we understand much more



Paul B. Umbanhowar, at the University of Texas at Austin, shows brass spheres of various sizes.

link between the analogy and the reality. I don't think right now we have a good idea where the analogy starts or ends, and although there certainly seems to be an analogy between quantum mechanical processes to be useful, we would have to find some

there, we would have to find some



Domingo 20 de octubre de 1996 / LA TERCERA

CRO

## PS encabeza elecciones en la ANEF

La lista socialista se imponía ayer con un estrecho margen a la lista de la Democracia Cristiana en las elecciones para renovar la directiva de la Agrupación Nacional de Empleados Fiscales (ANEF), tras ser escrutados el 57 por ciento de los votos.

De esta manera, la lista C, del PS, obtiene la primera mayoría, con 61.698 votos. Le siguen la lista F, de la DC, con 54.722 votos; la lista G, del PPD, con 17.300; la lista D, de la Central Autónoma de Trabajadores (CAT), ligada a la DC, con 14.347, y la lista B, del Partido Comunista, con 8.577.

La lista de la derecha bordea los 1.000 votos.

En cuanto a la votación individual, el socialista Raúl de la Puente obtiene la primera mayoría, con 5.748 votos. Le sigue el dirigente DC Milenko Mihovilovic, con 5.176 votos.

De acuerdo al sistema, es electo presidente quien obtiene la mayor votación dentro de la lista más votada.

## Reconocimiento a académicos de la Usach "The New York Times" destaca a físico chileno

Dos noticias han llenado de orgullo al Departamento de Ciencia y Tecnología de la Universidad de Santiago de Chile (Usach).

La primera apareció en la última edición de "Nature", una de las más prestigiosas revistas científicas internacionales. La publicación muestra en su portada las investigaciones que lleva a cabo el doctor Francisco Melo, en el Laboratorio de Física No Lineal de la Usach.

A raíz de lo anterior, el importante periódico "The New York Times" tomó el artículo de "Nature" y publicó una investigación del profesor sobre "Dinámica de granulados", destacando sus utilidades en la industria minera y farmacéutica.

### APLICACION

Entre otras cosas, el diario estadounidense dice que los estudios del doctor Melo pueden utilizarse en el proceso de recuperación de las partículas de metal que que-

dan luego de moler las enormes rocas.

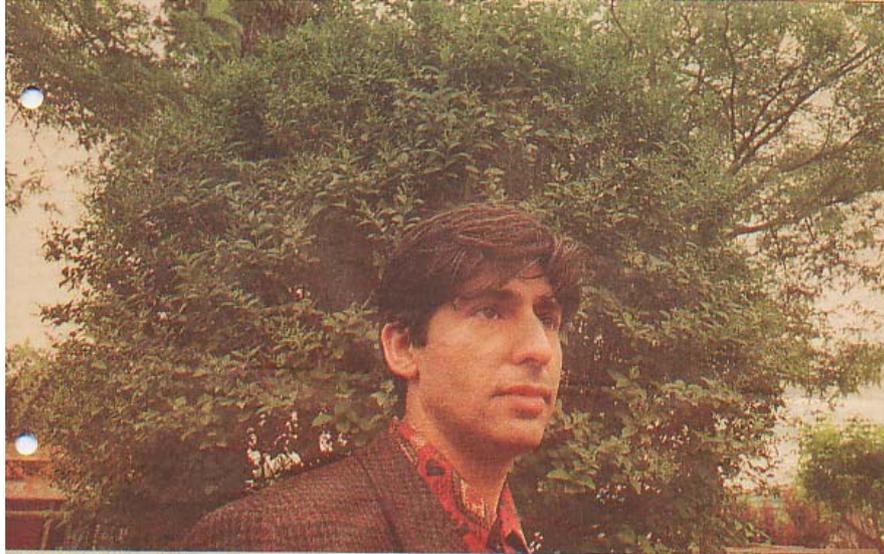
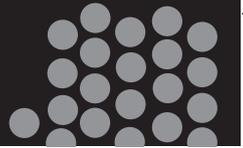
Sobre la aplicación del estudio en la industria farmacéutica, indica que las fórmulas logran dar mayor precisión en la mezcla y dosificación de los componentes particulados de los medicamentos.

### PROPOSICIONES

La segunda noticia señala que el investigador y profesor de la Facultad de Química y Biología de la Usach Juan Costamagna fue designado por los miembros de la Academia de Suecia para hacer proposiciones de candidatos para el Premio Nobel 1997.

El académico se ha especializado en química inorgánica.

Por otra parte, la Usach firmó un convenio con la Corporación Privada para la Divulgación de la Ciencia y la Tecnología que preside el doctor Igor Saavedra, que beneficiará directamente a los niños.



El doctor en física Francisco Melo se ha impuesto la tarea de implantar un laboratorio de física experimental.

Francisco Melo

## Un físico con los pies en la tierra

ALEJANDRA RIVERA  
Santiago

En medio de microscopios, computadores e instrumentos fabricados por él mismo y sus alumnos, al final de un pasillo se vislumbra la pequeña oficina de este joven científico cuyo nombre, Francisco Melo, está circulando en los escenarios especializados de la física internacional.

Fue hace tres años, mientras realizaba una pasantía en la Universidad de Texas, cuando tomó contacto con el tema que le ha significado cierto crédito a nivel internacional. Junto a dos especialistas en su área, Paul Umbanhowar y Harry Swinney, iniciaron una investigación en torno al comportamiento de materias granu-  
ladas, lo que se tradujo en que artículos de los tres investigadores aparecieran en agosto de este año en la famosa revista científica

**La experimentación en el área de la física macroscópica es la preocupación central de este joven científico chileno, profesor de la Universidad de Santiago y autor de un artículo de reciente publicación en "Nature".**

*Nature*. Previa a esta publicación, ya había otros textos con su firma en *Science* y *Physics Review Letters*.

Sus investigaciones sobre materias granu-  
ladas siguieron en forma paralela en Estados Unidos y Chile.

Con toda la experiencia adquirida, el estudioso, hoy de 36 años, regresó a Chile con la idea de crear un laboratorio para la investigación de física básica. Desde hace dos años y medio este proyecto es ya una realidad en la Universidad de Santiago, donde Francisco Melo es profesor de Termodinámica y de un curso a nivel de doctorado. Es aquí

donde la creatividad y constancia del científico se manifiestan en toda su magnitud para enfrentar la titánica tarea de un espacio de investigación experimental donde el gran tema es la física macroscópica.

—No hacemos física microscópica porque la idea no es competir con aquellos que han explorado bastante y con mucho éxito este campo. El objetivo de este laboratorio es hacer física básica a partir de nuestra propia temática e identidad para generar cosas competitivas y creativas en terrenos pocos explorados. Tratamos de abordar temas originales

desde un enfoque también original. Y en este sentido la física macroscópica tiene muchas cosas que decir todavía.

El doctor Melo dice que la física macroscópica es "de verdad", pues los problemas y las soluciones se practican en terreno. Es una física de la tierra, por lo tanto los experimentos se realizan con los mismos materiales. "Si estudias las estrellas nunca podrás hacer el experimento real", explica.

### Pragmatismo

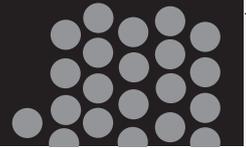
Francisco Melo decidió estudiar física porque tenía la idea que esta carrera le permitiría "tener una mejor visión del mundo. Pensé que iba a entender mejor a la gente, al universo, y que iba a tener respuestas más profundas a temas más espirituales". Sin dudarlo confiesa que estas expectativas nunca se cumplieron. Sin embargo, esto no lo decepciona en absoluto, pues "el estudio y desarrollo de la física te vuelve más pragmático, objetivo y realista. En esta disciplina no hay lugar para la especulación".

A pesar de la extrema rigurosidad que rige su jornada diaria, el científico se las ha arreglado para hacer otras cosas que le gustan: leer un poco y sobre todo asistir a los estrenos de su polola, Marcela Goycochea, bailarina del ballet del Teatro Municipal.

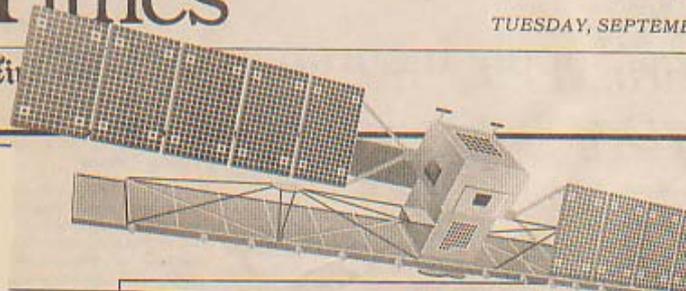
Pero por el momento todas sus energías están centradas en la consolidación de su laboratorio de física, aunque esto signifique también sacrificar tantas otras cosas que le gustaría hacer: tener un bote a vela, por ejemplo, o cultivar un jardín en una casa de campo. O simplemente tener más tiempo para sí mismo.

P

rensa, New York Times, Science Times, 1996.



**Science Times**  
The New York Times  
TUESDAY, SEPTEMBER 2, 1996



## Granular Objects, if Jiggled, Mimic Atoms and Molecules

**Current theory cannot explain a mysterious finding in sand-pile physics.**

By MALCOLM W. BROWNE

A group of physicists at the University of Texas has reported an astonishing discovery: when a thin layer of tiny brass spheres is spread over the flat bottom of a container and the container is jiggled up and down at a certain rhythm, the spheres spontaneously organize themselves into patterns that seem to mimic behavior of atoms, molecules and crystals.

Simply by tuning the rate and intensity of the jiggling, the Austin group, headed by Dr. Harry L. Swinney, induced the creation of tiny peaks and dimples in an otherwise flat layer of brass balls the size of sand grains. These peaks and dimples, which the group has named "oscillons," react with each other almost the way electrical charges interact: similar oscillons, like similar electric charges, repel each other and move apart, while opposite oscillons attract each other and even seem to form stable bonds.

Sometimes, as shown in a series of remarkable photographs published in the current issue of the journal *Nature* accompanying the Texas group's report, the peaks and dimples even join together to form objects suggestive of atoms. Some join to form molecule-like objects, including polymers, and others form checkerboard arrays suggestive of the atomic lattice structures of crystals.

Study of the behavior of granular materials has broad applications in electronics as well as the handling of industrial substances like fertilizers, chemicals and explosives. But scientists are particularly intrigued by the underlying physics and mathematics of this field of research, and its philosophical implications.

Dr. Swinney acknowledged in an interview that he did not understand why or how the oscillons discovered by his group formed as they did. He is reluctant to speculate whether these surprising entities might be manifestations of some deep and pervasive principle of nature that could include rules that led to the origin of life. Certainly, he says, no existing mathematics or physical theory explains the creation or behavior of oscillons.

But the discovery is certain to touch off discussions within an arcane branch of science commonly called sand-pile physics.

During the past decade, study of the dynamic behavior of granular substances like sand, rice or little brass balls has led to the conclusion that these materials are similar in some ways to solids, liquids and gases, but fundamentally different from all of them in other ways. From this and related research, most of it using simple table-top apparatus (and some very complex mathematics), scientists have devised theories that life itself may have arisen from structures as conceptually simple as sand piles.

The theory of "self-organized criticality" proposed a decade ago by the Danish-American physicist Per Bak and his collaborators is an example of sand-pile physics that has attracted wide interest, including that of Vice President Al Gore. The theory proposes that the same principles govern apparently unrelated natural processes, including earthquakes, geological changes, biological speciation and the "avalanches" that occur after grains of sand dropped one at a time on a sand pile increase the slope of the pile beyond some critical angle.

Processes that lead to self-organized criticality, according to Dr. Bak, undergo periods of stasis when relatively little of general importance happens, as during the gradual building of a sand pile. But once a certain angle is reached, the sandpile is said to be in a critical state, in which a reorganization affecting the entire pile — an avalanche — can happen very abruptly. The sand-pile analogy can apply to many critical systems, Dr. Bak believes, including the abrupt emergence of life from a gradually slow succession of chemical events leading to a

*Continued on Page B7*



# Physikalische Blätter 11

Inhalt November 1996

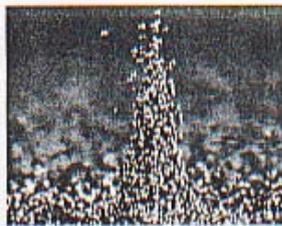
Titelfoto: Faserlaser mit nierenförmiger Wickelgeometrie (vgl. S. 1123)

## Meinung

1093 Neue Handlungsspielräume für Wettbewerb und Leistung eröffnen  
D. Schipanski

## Aktuelles

1096 Physik- und Chemie-Nobelpreis • Globalisierung der Forschung • Physikolympiade • „Macht Information“ • „Oszillationen“ • Schwarzes Loch in der Milchstraße • Manipulation einzelner Substratome gelungen • USA: NASA • Großbritannien: Astronomen besorgt



## Interview

1108 150 Jahre Carl Zeiss  
P. Grussmann, J. Kleef

## Physikgeschichte

1111 Der Mathematisch-Physikalische Salon in Dresden  
K. Dittes

## Namen und Ereignisse

1113 Personalien

1148 Sir Nevill Mott ?  
S. Hüfner

## Übersichtsartikel

1115 Von Federn und Massen: Physik isotoner Halbleiter  
T. Ruf, H. D. Fuchs u. M. Cardona

Seit große Mengen stabiler Isotope zu einem erschwinglichen Preis erhältlich sind und man sie zum Kristallwachstum verwenden kann, bieten isotonere Halbleiter einen einzigartigen Zugang zur Untersuchung von Festkörpereigenschaften.

1123 Faserlaser  
A. Tünnermann, H. Zellmer u. H. Welling

Weltweit wird fieberhaft nach neuen Konzepten zur Erzeugung von Laserstrahlen im sichtbaren Spektralbereich gesucht. Faserlaser eröffnen interessante Perspektiven.

## Aus der Wissenschaft

1129 Laser-Display-Technologie – wo stehen wir?  
C. Deter

1132 Transversale Moden in Laserdioden  
O. Marti



1134 Röntgenlichtleiter in der Analysetechnik  
R. Wedell

1137 Numerik in der Strömungsmechanik  
S. Turek

## BAI-Seite

1140 Ersetzen „intelligente Flüssigkeiten“ Präzisionsmechanik ?  
G. Reusing u. A. Thomä

## Beruf und Weiterbildung

1142 CD-ROM: „Unternehmer No. 1“  
D. Röß, M. Markus

## Didaktik-Forum

1145 Neudefinition des Physikunterrichts  
H. Sievers

## DPG-Nachrichten

1156 Zweites Existenzgründungsseminar für Physiker/Physikerinnen

## Gesucht – Gefunden

1120 Klick ins Web

1149 Tagungsberichte

1151 Buchbesprechungen – wissenschaftliche Software

1157 Notizen

1159 Neue Produkte

1182 Stellenmarkt

1190 DPG-Bewerberliste

1194 DPG-Tagungskalender

1195 DPG-Aufnahmeantrag

A-449 Das braucht der Physiker

A-497 Inserentenverzeichnis

Fäden die Vorträge, auch wenn Minister Dr. Jürgen Rüttgers in seiner Eröffnungssprache den Ängsten so mancher vor der schönen, neuen Informationswelt deutlich entgegenhielt: „Das Zauberwort heißt Medienkompetenz!“

Ob eine solche Fähigkeit, die, so Rüttgers, auch bedeutet „zu wissen, wo der Knopf zum Ausschalen der Maschine ist“, allerdings von der Mehrheit der zu Nutzern gewandelten Bürger auch erworben werden kann, darf bezweifelt werden. Denn mehr als ein Knopfdruck ist gefordert, sich in der multimedialen Welt von morgen zurechtzufinden oder sie gar sinnstiftend für sich einzusetzen. „Die Informationsvermehrung hält gewöhnlich aber nicht Schritt mit der Zunahme der Selektionsfähigkeit der Menschen“, zeigte sich auch Professor Ludger Kühnhardt von der Universität Freiburg skeptisch, der in seinem Vortrag auf die Bedeutung des Staates und einer institutionalisierten Politik im Zeitalter des Cyberspace einging. Seine zentrale These: „Die globale Informationsgesellschaft erfordert mehr und nicht weniger staatliche Autorität“, denn Orientierungswissen und Moral, ohne die es kein Gemeinwohl geben könne, seien keine Marktwerte im Sinne der Medienetze. Entsprechend werde es keine neue Demokratie beim Eintritt in das Informationszeitalter geben. Vielmehr sei diese (alte) Demokratie gefordert, Rahmenbedingungen zu schaffen, um einer „Atomisierung der Gesellschaft“ – paradoxerweise erzeugt durch multimediale Ver-

netzung – zu begegnen. Ob die neue Medienwelt überhaupt mit der Idee von Demokratie vereinbar ist, eine Frage, die sich Professor Claus Leggewie von der New York University stellte („Ich bin eher pessimistisch“), wollte auch Ludger Kühnhardt nicht simplifizierend beantworten. Vielmehr: „Die ‚Macht Information‘ verheißt nicht ohne weiteres ein neues gelobtes Land völliger und perfekter Demokratie.“ Denn elektronisches Dabeisein bis hin zum Tele-Voting schafft noch kein neues Athen.

Solche Skepsis war aus einigen der Vorträge und vielen der Diskussionsbeiträge herauszuhören. Denn in den weltweit zirkulierenden Datenpaketen sind soziale, gesellschaftliche und politische Umwälzungen als Zugabe eingeschlossen – Multimedia als Janus. An dieser Janusköfigkeit ändert auch ein rein wirtschaftlicher Blick (Multimedia als ein expandierender Markt „mit enormem Steigungswinkel“, Dr. Thomas Middelhoff, Bertelsmann) nichts. Als conclusio trifft es vielleicht ein Zitat von Lester Thurow vom Massachusetts Institute of Technology: „In Zukunft spielen wir ein Spiel, dessen Regeln keiner mehr kennt.“ Und über dem Bonner Petersberg hängen immer noch die Fragezeichen.

J. Simon

Dr. Dr. Jens Simon ist Mitarbeiter des Forschungszentrums Jülich und Freier Journalist

### Internet: Mindeststandards für eine „Netzmoral“

Auf Einladung von Bundesforschungsminister Rüttgers soll Ende November eine internationale Expertenrunde eine Bestandsaufnahme der rechtlichen Rahmenbedingungen und Möglichkeiten vornehmen und technische Verfahren bei der Mißbrauchsbekämpfung im Internet bewerten. Rüttgers schlägt u. a. folgende Maßnahmen zur Bekämpfung der „Netzbeschmutzer“ vor:

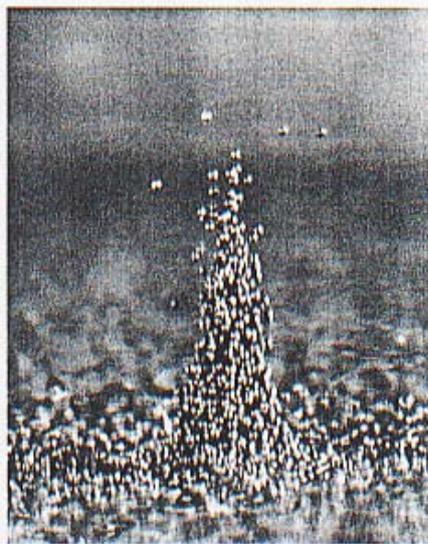
- Multimedia-Nutzer müssen sich zur Wehr setzen. Wer rechtswidrige Inhalte im Internet findet, sollte sie der Polizei melden. Dann bestehe die Möglichkeit, die Täter dingfest zu machen.
- Alle Provider sollten gemeinsam Selbstkontrolle organisieren.
- Die Industrie sollte Softwarefilter oder „elektronische Schlüssel“ für den PC im Kinderzimmer entwickeln und nach Möglichkeit kostenlos anbieten.
- Kinder und Jugendlichen müssen einen sinnvollen Umgang mit den neuen Medien erlernen. Medienkompetenz muß eine zentrale Bildungsaufgabe werden.
- Globale Datenetze, bei denen nationale Gesetze an Grenzen stoßen, erforderten international vereinbarte Mindeststandards für eine „Netzmoral“.

Quelle: BMBF

## Von Bronzekügelchen, Musterbildung und „Oszillonen“

Granulare Medien begleiten uns auf Schritt und Tritt – nicht nur beim Strandspaziergang. Zu dieser Stoffklasse gehören neben Sand eine Vielzahl industriell bedeutsamer Schüttgüter, die für manche Überraschung gut sind. Die Tatsache, daß sich Nüsse ihrer Größe nach entmischen, wenn man sie in einem Gefäß schüttelt, ist nur ein Beispiel für das breite Spektrum von großteils unverständlichen und faszinierenden Phänomenen, die den Physiker herausfordern (vgl. z. B. auch Phys. Bl., Nov. 95, S. 1083). Kürzlich wurde dieses Spektrum durch lokalisierte Anregungen bereichert, die in einer geschüttelten Schicht aus Bronzekügelchen auftraten und auf den Namen „Oszillon“ getauft wurden (s. Abb. 1).

Physiker aus Austin/USA und Santiago/Chile haben in einem konzeptionell sehr einfachen Experiment das Verhalten von Bronzekügelchen in einem Behälter untersucht, der eine harmonische Schwingung in vertikaler



er Richtung ausführt [P. B. Umbanhowar et al., Nature 382, 793 (1996)]. Je nach der Wahl von zwei Kontrollparametern – Frequenz  $f$  und Amplitude  $A$  der Schwingung – können in der Kugelschicht regelmäßige Schwingungsmuster entstehen (quadratische Gitterstruktur, Streifen) oder Oszillonen. Abb. 2 zeigt die entsprechenden Gebiete im zugehörigen Phasendiagramm.

Die Oszillonen haben einen Durchmesser von ca. 30 Teilchen, ihre „Lebensdauer“ beträgt mehrere 100000

Abb. 1: Stroboskopische Aufnahme einer lokalisierten Anregung („Oszillon“) in einer 17 Lagen dicken Schicht aus Bronzekügelchen mit Durchmessern zwischen 0,15 und 0,18 mm. Der evakuierte, zylinderförmige Behälter, in dem sich die Kügelchen befinden, hat einen ca. 100fachen Durchmesser und schwingt mit einer Frequenz von 26 Hz und einer Amplitude von ca. 1 mm. (Foto: P. B. Umbanhowar).

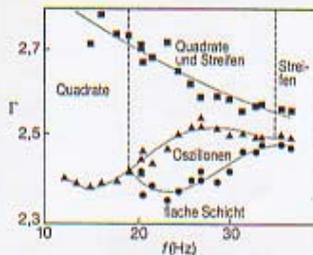


Abb. 2: Das Phasendiagramm zeigt die Gebiete, in denen quadratische und/oder streifenförmige Muster sowie Oszillationen auftreten, in Abhängigkeit der Frequenz  $f$  und – anstelle der Amplitude  $A$  – dem Verhältnis  $\Gamma$  von maximaler Beschleunigung aufgrund der Schwingung zu Schwerkbeschleunigung  $g$  ( $\Gamma = 4\pi^2 A f^2 / g$ ). Die Übergänge zwischen flacher und gemusterter Schicht zeigen Hysterese: Erhöht man bei fester Frequenz den Parameter  $\Gamma$ , so setzt die Musterbildung erst bei den mit ■ gekennzeichneten Werten ein. Erniedrigt man daraufhin wieder  $\Gamma$ , so bleiben die Muster bis zu den mit ▲ gekennzeichneten Werten bestehen. Für  $18 \text{ Hz} < f < 35 \text{ Hz}$  schließt sich ein Bereich an, in dem Oszillationen existieren, die bei den mit ● gekennzeichneten Werten verschwinden. Oszillationen treten erst ab Schichtdicken von 13 Lagen auf, darunter fehlt das entsprechende Gebiet im Diagramm (nach P. B. Umbanohwar et al.).

Oszillationen des Behälters, und sie driften äußerst langsam umher. Zu jeder vollen Periode, beim Zusammenstoß mit dem Gefäßboden, wechselt ihre Form zwischen Hügel und Krater und umgekehrt. „Gleich gesellt sich zu gleich“ gilt in ihrer Welt nicht, denn gleichphasige Oszillationen stoßen sich mit einer kurzreichweitigen Wechselwirkung ab (Reichweite ca. 1,4 Oszillon-Durchmesser), gegenphasige dagegen ziehen sich an und bilden dipolähnliche Zustände. Sogar „Oszillon-Moleküle“ wie ein Tetramer oder eine Polymerkette sind möglich, und der Übergang von einzelnen Oszillationen zu einem regelmäßigen Oszillon-Kristall (analog einem Ionenkristall) läßt sich untersuchen.

Oszillationen treten, so die Hypothese aus diesen Untersuchungen, unter zwei recht allgemeinen Voraussetzungen auf: Energiedissipation und Hysterese. Ersteres ist ein charakteristisches Merkmal granularer Medien, aber natürlich nicht auf diese beschränkt, letzteres erlaubt die Koexistenz von strukturierten und flachen Bereichen in der Kugelschicht. Die Autoren hoffen, mit diesen Experimenten sehr allgemeinen Gesetzmäßigkeiten auf der Spur zu sein, die auch zum Verständnis von Musterbildung in kontinuierlichen physikalischen, aber auch biologischen und chemischen Systemen führt.

S. Jorda

## Vermutung bestätigt: Massives Schwarzes Loch im Zentrum der Milchstraße

Was seit langem vermutet wird, haben Astrophysiker des MPI für extraterrestrische Physik in Garching (MPE) jetzt überzeugend nachgewiesen: Im Zentrum der Milchstraße sitzt ein massives Objekt von ca.  $2,5 \times 10^6$  Sonnenmassen, das auf ein relativ kleines Volumen beschränkt ist. „Diese unvorstellbar große Massenkonzentration ist auch mit einem sehr kompakten Sternhaufen nicht mehr zu erreichen. Als Erklärung dafür bleibt nur noch ein massives Schwarzes Loch“, meint Andreas Eckart vom MPE, zusammen mit Reinhard Genzel Autor einer soeben in Nature veröffentlichten Arbeit (Nature 383, 3. Okt. 1996, S. 415).

Ein Schwarzes Loch wird indirekt über die Bewegung der Objekte in seinem Einflußbereich nachgewiesen. Bedingt durch die Auflösungs Grenzen bisheriger IR-Teleskope war es aber nicht möglich, Bewegungen senkrecht zur Sichtlinie („Eigenbewegungen“) von Sternen und Gaswolken im Zentrum der Milchstraße direkt zu messen, vielmehr mußte man sich mit der spektroskopischen Bestimmung von Geschwindigkeiten in Sichtlinie („Radialbewegung“) begnügen. Auf der Basis solcher Messungen und Annahmen über die Orbits der Objekte – vor allem: kreisförmige, isotrop verteilte Bahnen – beruht die Vermutung, daß die Dichte im Zentrum der Milchstraße extrem hoch sein müsse. Träfen die Annahmen nicht zu, wären die bisherigen Beobachtungen auch ohne ein Schwarzes Loch interpretierbar.

In dem jetzt publizierten „Schlüsselexperiment“ (Genzel) wurden über vier Jahre hin-

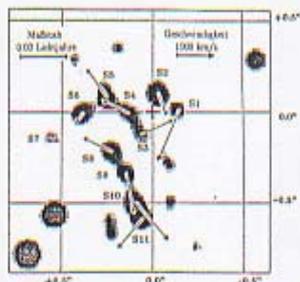


Abb. 1: Erstmals ist es gelungen, die Eigenbewegung von Sternen in unmittelbarer Nähe des Zentrums der Milchstraße (markiert durch „+“) zu messen. Die Pfeile zeigen jeweils die Richtung der Bewegungen an, die Pfeillänge symbolisiert den Betrag. Die über vier Jahre hinweg ausgeführten Messungen bestätigen die Hypothese, daß die Objekte auf isotrop verteilten Kreisbahnen um ein sehr massives Zentrum, sehr wahrscheinlich ein Schwarzes Loch, umeilen. (Foto: MPG)

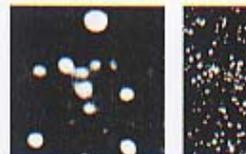


Abb. 2: Noch bis vor wenigen Jahren erreichbare Auflösung im Infrarot: eine Bogensekunde beschränkt (links) Kombination „New Technology“ Infrarot-Kamera „SHARP“ und Interferometrie gelang es, die Auflösung bis an die Grenze des Teleskops von 0,15 Bogensekunden heranzubringen (rechts). (Foto: MPI)

weg die exakten Positionen von Sternen in unmittelbarer Nähe des zentralen Radioquells Sagittarius A\*, trum der Milchstraße, aufgenommen (Abb. 1). Von 39 listet die Arbeit auf und grafisch die Bewegungen auf. Das Ergebnis zeigt sich, daß die Geschwindigkeiten der Eigenbewegungen dieser Sterne mit denjenigen ihrer Radialbewegungen sehr gut übereinstimmen. Daraus ist zu schließen, daß das Geschwindigkeitsfeld praktisch isotrop ist. Die Dichte im Zentrum der Milchstraße ist also tatsächlich extrem hoch. Für Abstände größer als 0,15 pc von SgrA\*, dem angenommenen Zentrum der Milchstraße, fallen die Geschwindigkeiten in den Keplerschen Gesetzen ab. Auf Basis dieser Messungen und der Annahme einer zentralen dunklen Masse ( $2,45 \pm 0,4 \times 10^6$  Sonnenmassen) ergibt sich ein Abstand von SgrA\* ab.

Möglich wurde dieser Durchbruch durch die „stille Revolution“ in der Infrarot-Beobachtung. (Wegen der hohen Dichte und Gasmasse läßt sich das Zentrum der Milchstraße nicht im sichtbaren Licht beobachten.) Eigens für diese Messungen wurde die hochauflösende, beibehaltene IR-Kamera „SHARP“ der MPI am 3,5-Meter Teleskop „New Technology Telescope“ (NTT) der Sternwarte (ESO) in La Silla eingesetzt. Zusammen mit einem spezialisierten Spektrometer waren Kurzaufnahmen im Nah-Infrarot möglich und damit Speckle-Interferometrie letztlich die Auflösung bis an die Grenze des Teleskops von 0,15 Bogensekunden heranzubringen (vgl. Abb. 2). Der Abstand von Sternen läßt sich bis auf 10 Millibogensekunden genau ange-

E. D.



## SCIENCE WITH BRASS

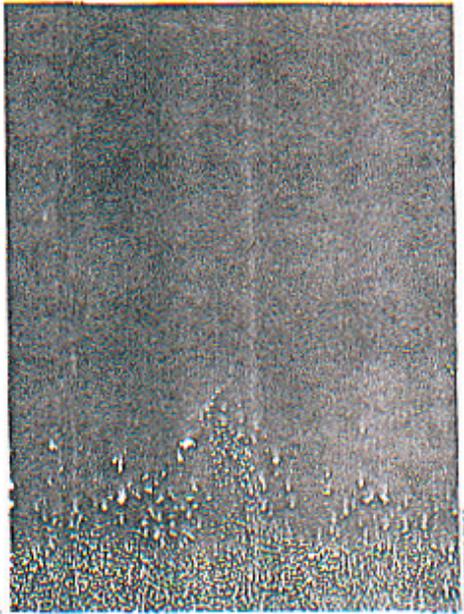
*Unusual movements  
from tiny metal balls*

**T**he oscillon is rather a modest beast, a pile of tiny brass balls that jiggles up and down and joins with other piles to form patterns. Still, its discovery has caused quite a stir. In a breathless tour of buzzwords, the *New York Times* recently linked oscillons with the origin of life, self-organized criticality, fractals, human individuality and complexity. Who knows, the amazing oscillon may yet help finance a 15 percent tax cut.

But even stripped of such ambitions, the oscillon remains a curious creature. The object appeared when Paul B. Umbanhowar of the University of Texas at Austin and his colleagues vibrated a tray of brass balls up and down. The balls, each less than 0.1 millimeter in radius, together resemble sand. As anyone who has tried running on a

beach can testify, motion in such a medium damps out very fast. In the physicists' experiment, the vibration, at between 10 to 100 cycles per second, feeds energy constantly to the balls, allowing ripples and other features to form at the surface.

Different patterns form as the vibration is varied. When the powder is shaken at about two-and-a-half times the acceleration due to gravity, square and



### OSCILLONS

*do not yet explain consciousness but are spurring the search for a theory of granular media.*

*News and Analysis*

stripe patterns appear on the surface, pulsing up and down like standing waves in a fluid. The oscillons—isolated peaks or valleys—form at lower frequencies. Sometimes, Umbanhowar says, one can start an oscillon by touching the "sand" surface with a pencil. The initial depres-

sion pushes up into a peak and then collapses back into a valley. It alternates between hill and crater at half the frequency at which the tray is being driven. The oscillon drifts around slowly and lives indefinitely.

If two or more oscillons vibrate in

phase—that is, become hills at the same time—they repel. Three such oscillons can arrange themselves into triads. But if two oscillons vibrate out of phase, so that one reaches its peak when the other is a crater, they attract. If they come within 1.4 diameters of each other,

these out-of-phase oscillons pull together into a bound pair or join with other such pairs into chains or square lattices. The entire pattern pulsates in a way characteristic of forced oscillations.

Although this behavior may have inspired unwarranted hype, the oscillons are still intriguing because they look a lot like—and are yet unlike—excitations in other media. A tray of viscous fluid vibrated up and down acquires a vari-

ety of surface patterns, including peaks and craters. But these excitations are not as isolated as those observed in the brass-ball tray. Moreover, there is no theory to describe the dynamics of a bronze granular substance. Analogies with fluids are tempting but fall apart under closer scrutiny. For example, a fluid has a temperature—a measure of the amount of random motion of its particles. But because the grains in a sand-

like medium just air around, their temperature is effectively zero. Vibrating the tray imparts motion to the grains, but a highly ordered one that cannot be directly translated into temperature.

In short, the discovery is spurring theorists in their search for an equation of motion for sand and keeping experimentalists busy documenting oscillon antics. What more could a physicist ask for?

—Madhusree Misra

SCIENTIFIC  
AMERICAN  
NOVEMBER 1996 \$4.95



## PHYSICS UPDATE

### ▷ DIPOLAR SONOLUMINESCENCE (SL) FLASHES.

SL is a process in which a gas bubble, trapped in a liquid and exposed to a sound field, expands and contracts, emitting picosecond pulses of light. The mechanism by which the bubble concentrates sound energy and converts it into light is largely unknown. (See *PHYSICS TODAY*, September 1994, page 22.) An experiment at the University of California, Los Angeles, by Seth Putterman and his colleagues has now shown that the pattern of SL light emission has an angular dependence—a dipole shape—at least some of the time. This observation implies that the bubble's collapse is not spherically symmetric. Furthermore, when the dipole pattern exists, its orientation drifts on a time scale of about 400 bubble cycles. Meanwhile, in an erratum, Putterman says that his group's earlier results on isotope effects (*PHYSICS TODAY*, December 1995, page 9) could be due to impurities at the parts-per-million level. "We are humbled," he says, "by the complexity and sensitivity of this phenomenon" (K. Weninger, S. J. Putterman, E. P. Barber, *Phys. Rev. E* 54, R2205, 1996; R. A. Hiller, S. J. Putterman, *Phys. Rev. Lett.* 77, 2845, 1996.) —PFS

### ▷ PARTICLE-LIKE EXCITATIONS IN A BED OF SAND

can form into "molecules" and even "crystals." As part of a large effort to understand pattern formation in nature, University of Texas physicists Paul Umbanhowar and Harry Swinney vertically shake a container, evacuated to 13 pascals, with a layer of tiny bronze balls at the bottom. At a certain frequency,  $f$ , the energy put into the system manifests itself as small isolated structures in the bronze "sand"; each of these "oscillons" changes from a peak to a crater and back again with a frequency of  $f/2$ . These oscillons remain stable for  $10^6$  or more shakes, and can slowly drift across the sand bed. And like electrical charges, when it comes to oscillons, opposites attract. When two oscillons of opposite phase—one is a peak when the other is a crater—are close enough, they migrate until they are adjacent, in a dipole state. Binding of additional oscillons leads to trimers, chains and even extended lattices. Similarly, nearby same-phase oscillons weakly repel each other. Because energy dissipation by the beads is crucial to the experiment, the researchers feel that such localized structures may exist in dissipative systems other than granular materials. For more on granular media, see *PHYSICS TODAY*, October 1995, page 17, and April 1996, page 32. (P. B. Umbanhowar, F. Melo, H. L. Swinney, *Nature* 382, 793, 1996; accompanying pictures for this and the next Update can be viewed on the Web at <http://www.aip.org/physnews/graphics/>) —PFS

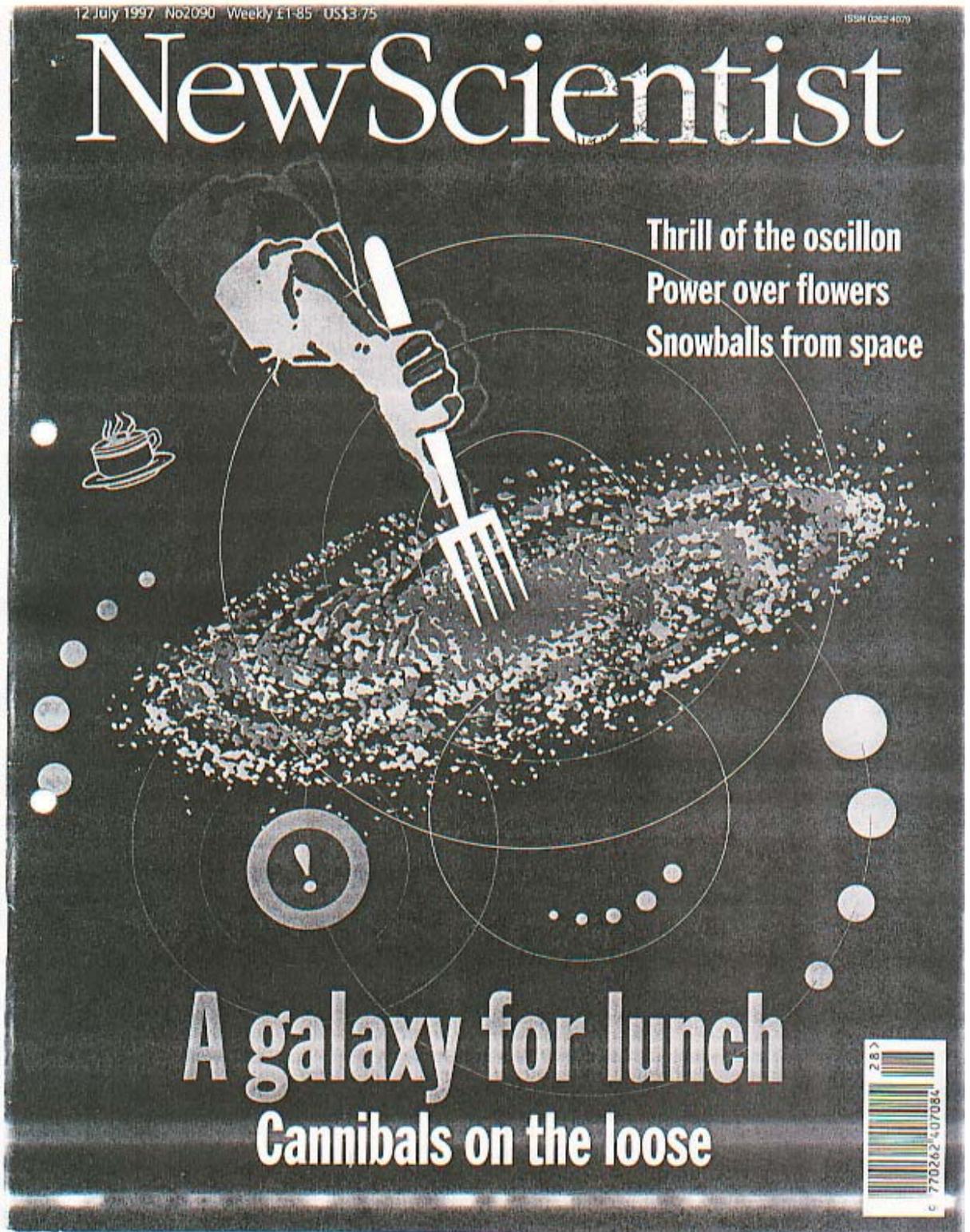
▷ A THREE-DIMENSIONAL, FULL-COLOR, solid-state display has been created by a team of California scientists at Stanford University, the IBM Almaden

Research Center, and the SDL Corp in San Jose. The image was displayed in a three-layered, sugar-cube-sized piece of heavy metal fluoride glass. Elizabeth Downing and her colleagues doped each of the three layers with different rare earth lanthanides, which fluoresced in different colors (praseodymium for red, erbium for green and thulium for blue) when illuminated by intersecting infrared laser beams of the appropriate frequency combinations. By illuminating individual volume pixels (voxels) in the transparent cube at a refresh rate of 30–60 Hz (to avoid flicker), the researchers could create a persistent, three-dimensional, full-color image, able to be viewed from any angle without any special viewing equipment. For now, the small size of the cube and the enormous amount of information contained in a three-dimensional image preclude its application in fields such as medical imaging and computer-assisted design; so far only wire-frame figures or simple shapes can be rendered. (E. Downing *et al.*, *Science* 273, 1185, 1996.) —PFS

### ▷ THE QUEST FOR STABLE ANTIHYDROGEN CONTINUES.

Although last year's shotgun wedding at CERN of positrons and antiprotons created the first antihydrogen atoms made in a lab, experimenters had no chance to study their creation in detail. (See *PHYSICS TODAY*, March 1996, page 17.) Leisurely examinations could shed light on whether antimatter obeys the same fundamental symmetry relations and exhibits the same gravitational interactions as matter. Antiprotons and positrons have been cooled and trapped separately, but traps designed for both positively and negatively charged particles are usually leaky. As a prelude to making anti-H atoms, Harvard University physicists Gerald Gabrielse and David Hall tried to combine beams of protons and electrons into ordinary H atoms (which they call "anti-antihydrogen"). Recently they succeeded in trapping both electrons and protons in a single device consisting of a Penning trap (which uses a combination of electric and magnetic fields) for negative particles nested inside another Penning trap for positive particles. The electrons, which outnumber the protons by a factor of several thousand to one, help to cool the protons to a common temperature of 4 K. At this temperature the likelihood that two positrons and an antiproton will form an anti-H plus an energetic positron is estimated to be eight orders of magnitude higher than at room temperature (300 K). However, detecting any neutral H atoms that may have formed is quite difficult, because, unlike anti-H, neutral H atoms do not annihilate spectacularly with ordinary matter when allowed to escape from the trap. Next, Gabrielse will try his trap on positrons obtained from radioactive decays and antiprotons from CERN's Low Energy Antiproton Ring, which will permanently shut down at the end of the year. (D. S. Hall, G. Gabrielse, *Phys. Rev. Lett.* 77, 1982, 1996.) —PFS

**P**rensa, New Scientist, 1997.





From an animal's markings to the ripples on a sandy beach, nature's patterns may all arise from the same simple building block, says *Marcus Chown*

## A pattern emerges

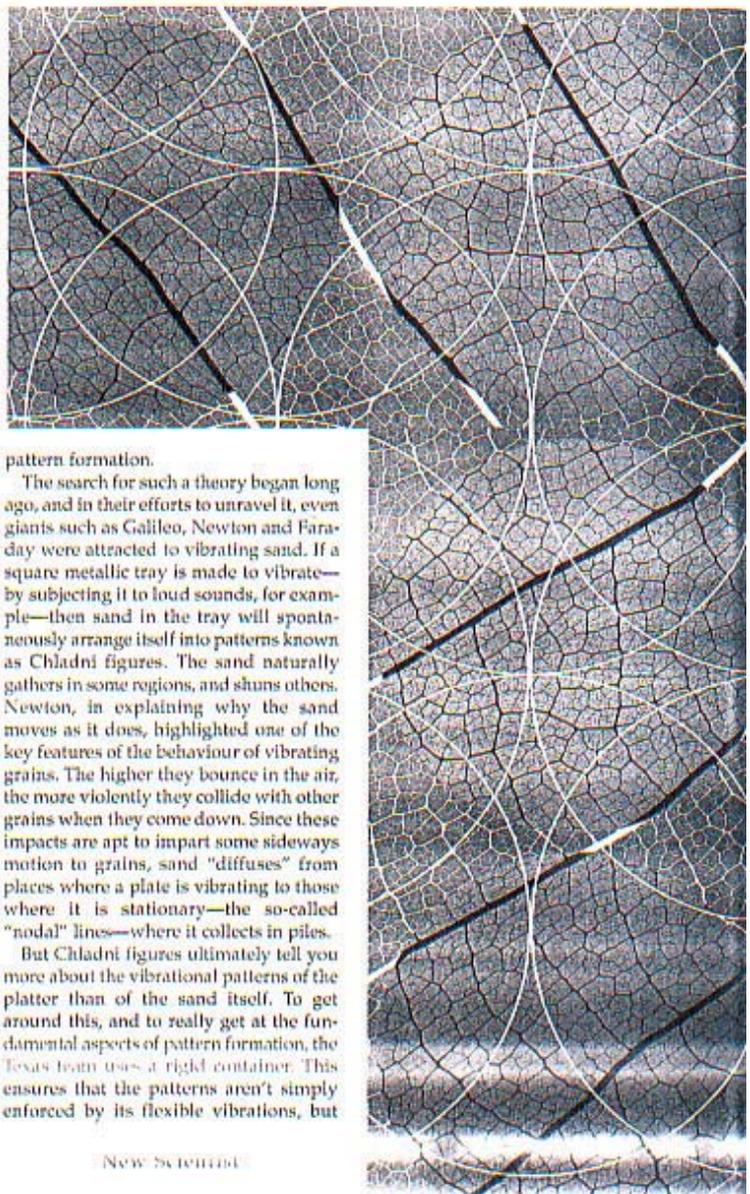
PAUL Umbanhowar, Francesco Melo and Harry Swinney spend a lot of time playing with sand. It seems to be a popular pastime for physicists these days. It's not that they are immature or nostalgic for the lost days of childhood or anything like that. No, in their lab at the University of Texas at Austin, these three have been playing with sand in the ambitious hope that it might help them understand how and why patterns form. Not just patterns in sand, mind you, but patterns everywhere, from the immense cellular structures of flowing air that form in thunderstorms to the very stripes on a zebra's back.

Is that possible? The idea that a single theory could explain pattern formation in such diverse settings might seem ludicrous. But in the past ten years, scientists have found strikingly similar in the patterns forming in everything from tanks of stirred chemicals and dishes of growing amoebae to fields of freezing and thawing tundra. The nature of the underlying stuff is seemingly irrelevant, as if the true roots of pattern formation lay in some deep and as yet unrevealed mathematical similarity between all of these systems.

So to study patterns, Umbanhowar, Melo and Swinney have been looking at the simplest pattern forming system they can think of—a vibrating box of sand. And they haven't been disappointed. In a thin layer of jiggling grains, they've witnessed the spontaneous formation of regular arrays of stripes, squares and hexagons. And they've watched as these have dissolved into irregular, spaghetti-like tangles of ridges and valleys.

Last year, however, the trio stumbled onto a truly remarkable pattern that no one had ever seen before—something they call an "oscillon". Much like tiny dimples or bumps on the vibrating surface of the sand, oscillons drift about like tiny particles, and have the remarkable ability to combine to make complex structures which look for all the world like molecules and crystal lattices.

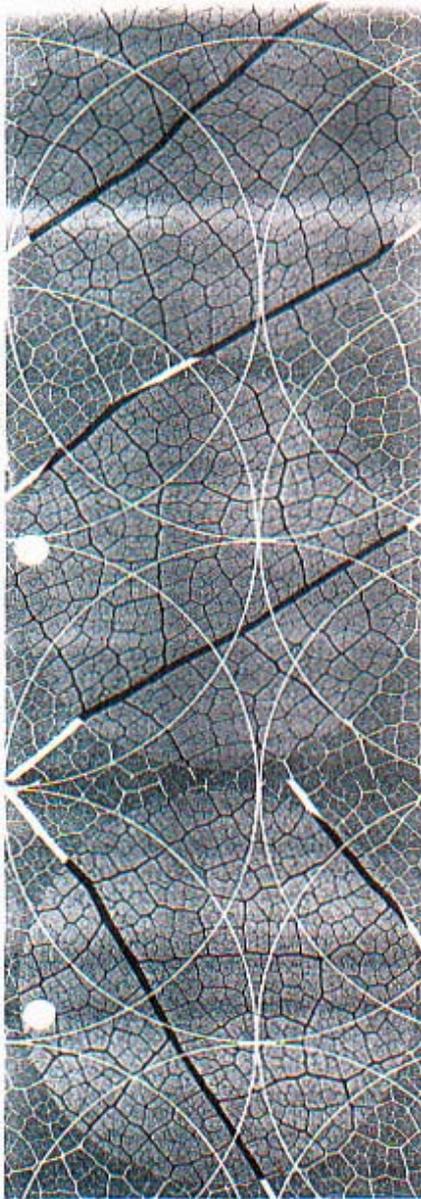
Theorists are scrambling to determine the significance of these strange point-like patterns, but impressed by their ability to gather together to make larger patterns, some have already suggested that the Texas team may have come upon the very "atoms" of a fundamental theory of



pattern formation.

The search for such a theory began long ago, and in their efforts to unravel it, even giants such as Galileo, Newton and Faraday were attracted to vibrating sand. If a square metallic tray is made to vibrate—by subjecting it to loud sounds, for example—then sand in the tray will spontaneously arrange itself into patterns known as Chladni figures. The sand naturally gathers in some regions, and shuns others. Newton, in explaining why the sand moves as it does, highlighted one of the key features of the behaviour of vibrating grains. The higher they bounce in the air, the more violently they collide with other grains when they come down. Since these impacts are apt to impart some sideways motion to grains, sand "diffuses" from places where a plate is vibrating to those where it is stationary—the so-called "nodal" lines—where it collects in piles.

But Chladni figures ultimately tell you more about the vibrational patterns of the platter than of the sand itself. To get around this, and to really get at the fundamental aspects of pattern formation, the Texas team uses a rigid container. This ensures that the patterns aren't simply enforced by its flexible vibrations, but



using a very thin layer of grains in a vacuum," says Umbanhowar.

The team's "thin layer" is typically 800 particles wide and only a few particles deep. It sits in a shallow metal pan which vibrates between 10 and 200 times per second. "In the beginning, we used a loud-speaker to do the vibrating," says Swinney. "But, it had a tendency to tilt the layer. Now we use an electromechanical shaker which vibrates the layer evenly."

The final ingredient in this simple experimental setup is illumination, achieved by surrounding the metal pan by a ring of strobe lights. This low-angle illumination is such that when the vibrating layer is observed with a camera from above, those grains which bounced higher than the rest shine brightly while the rest appear dark. The strobe flashes at half the rate at which the tray vibrates, so

the sand more vigorously, they see patterns. Stripes, squares and hexagons emerge, apparently for no reason, once the amplitude reaches some two and a half times the acceleration of normal gravity.

At this acceleration, light and dark stripes appear for frequencies above 40 hertz, and arrays of small squares appear for frequencies below 40 hertz. If the acceleration amplitude is increased further to a threshold of about four times normal gravity yet another pattern forms, this time an array of tiny hexagons. And as the acceleration amplitude and frequency increase still further, the sand layer enters various regimes characterised by stripes, squares, hexagons, spirals and triangles. The picture that results from this exploration of parameter space is complicated. But it can be neatly encapsulated in a phase diagram (see Diagram, p 36), as the

**'Scientists have found strikingly similar patterns forming in everything from tanks of stirred chemicals and dishes of growing amoebae to fields of freezing and thawing tundra'**

team first reported 18 months ago (*Physical Review Letters*, vol 75, p 3838). Choose a certain frequency and amplitude of vibration, and their diagram tells you roughly which pattern will emerge.

But is there any way to explain why one pattern arises rather than another? Some answers come from a model put forward by Lev Tsimring of the University of California in San Diego and Igor Aranson of the Argonne National Laboratory in Illinois. Their basic idea is that a vibrated layer of sand undergoes what physicists refer to as a "parametric instability". This happens when the periodic kick of a vibrating plate produces oscillating patterns in the sand layer in much the same way that a child makes a swing go by bending her knees twice every oscillation period. As with the swing, the period of the patterns is twice that of the plate's vibration.

In their model, Tsimring and Aranson follow the developing pattern using Newton's laws of mass and momentum conservation applied to the flow of grains. The model doesn't treat the grains individually—which would be computationally very demanding—but "smears" the grains out into a sandy fluid with similar properties. Studies of the model show that grains that go high are involved in violent collisions which push them side-

reflect instead the behaviour of the grains, and their tendency to "self organise".

Umbanhowar, Melo and Swinney began their studies five years ago, trying to improve on other researchers' earlier experiments which were done at atmospheric pressure and with layers of sand almost as thick as they were wide. In these early experiments, not only did grains collide with one another, but their motion was also slowed by the air and the walls. "We've eliminated these complications by

that the team catches a "snapshot" of the layer's profile after every other up-down cycle of the tray's motion.

The idea is simply to shake the box at different frequencies and amplitudes and see what happens. The "acceleration amplitude" is the maximum acceleration of the tray as it rises—a convenient measure of the violence of the shaking. At low frequencies and amplitudes, the sand just sits there in a smooth layer. But as soon as Umbanhowar and his colleagues shake



Dos Cátedras Presidenciales de Ciencia, de un total de 15, obtuvo nuestra Universidad y correspondieron a la Dra. María Victoria Encinas Rojas, de la Facultad de Química y Biología, y al Dr. Francisco Melo, del Departamento de Física de la Facultad de Ciencia. La distinción la recibieron en un acto presidido por el Presidente de la República, Eduardo Frei, en el Palacio de la Moneda y que reunió a los más distinguidos personeros del mundo académico y científico nacional. EN LAS FOTOS: Los momentos en que la Dra. Encinas y el Dr. Melo reciben el diploma que los acredita como Cátedra Presidencial 1997 de manos del Presidente de la República.



Más de 200 ingenieros procedentes de diversos países latinoamericanos y profesionales chilenos se dieron cita en el XVI Congreso de la Confederación Panamericana de Ingeniería Mecánica, Eléctrica y Ramas Afines, COPIMERA, que se desarrolló en esta Casa de Estudios. El evento incluyó diversas actividades, entre estas, la presentación de trabajos técnicos en el Congreso y una exposición de equipos en la Primera Feria Internacional de Equipos, Materiales y Servicios de Ingeniería Eléctrica y Mecánica, que organizó la empresa FORMA. EN LA FOTO: La reunión del Consejo Directivo del Congreso, al iniciarse el evento.

Una exposición de instrumentos antiguos creados por los luthiers chilenos Nicanor Oporto, Jorge Montero, Joaquín Tauliz y Marcelo Cigna fue la atracción principal del IV Festival de Música Antigua, organizado por el Departamento de Actividades Culturales y el conjunto de música antigua «Syntagma Musicum». En este encuentro musical participaron diez de los más importantes conjuntos exponentes de la música antigua en Chile. EN LA FOTO: Algunos instrumentos antiguos realizados por los luthiers chilenos.



Prensa, Revista Physic World, 1998.





lations used empirical many-body interaction potentials.

Both lead and aluminium form bulk face-centred-cubic crystals. However, the simulations showed that nanowires made of these materials, with cross-sectional radii less than a critical value,  $R_c$ , undergo a spontaneous and irreversible restructuring. The critical radius is about three times the distance between nearest neighbours in the corresponding bulk crystal.

The restructuring process produces wires with a smooth close-packed surface. New structural motifs are formed, which the researchers have called "weird wires".

The optimal structures found for lead and aluminium are similar, but they are not identical. In particular, aluminium wires tend to show icosahedral structures, while the lead wires show pentagonal structures. Some of the wires were also found to possess chiral, or helical, atomic arrangements with long repeat periods (figure 2).

To explain these findings, the researchers have constructed a model that compares the energies of crystalline and noncrystalline wires. This involves separating the energies of the wires into three components: a cohesive energy that depends on volume and includes a contribution due to "bad" packing inside the noncrystalline wires; the surface energies of the exposed facets; and the



2 Simulations of a lead nanowire show that it can form a helical structure. The complete wire is shown on the left, the wire with the outer shell removed is shown in the middle, and the inner strand is shown on the right. The cylindrical shells are related by a kind of "curved surface epitaxy" between 2-D lattices that are otherwise incompatible.

average energy of the edges between the crystalline facets (for crystalline wires only). This model is consistent with the structures predicted by the simulations, and also explains the different structures adopted by the two materials in terms of the larger anisotropy in the surface energy of the facets in aluminium.

We still await direct experimental observations of such exotic structures in ultrathin wires, but these predictions certainly call for further theoretical examination. In particular, the researchers point out that the structural predictions rely on empirically derived interatomic potentials, which are not meant to provide a quantitative description for metallic structures of nearly atomic thick-

ness. This is because the potentials were derived from bulk properties, and in some cases from extended surfaces. Indeed, the energetics of bonding in materials, and hence the optimal atomic structures, are dominated by the electronic contributions to the total energy, supplemented by the electrostatic interactions between the ions. This is particularly true of the cohesion of metals.

Moreover, the confinement of electrons in materials of nanoscale dimensions causes the electronic energy levels to become quantized in a way that depends on the specific arrangement of the ions. The organization of these electronic shells is often found to govern the changes in structure and other physical properties of nanoscale materials. For example, it has been found that metallic clusters and nanowires show "magic" patterns, such that specific sequences of cluster sizes and wire configurations are more stable than others (W A de Heer 1993 *Rev. Mod. Phys.* **65** 611; C Yannonis *et al.* 1998 *Phys. Rev.* **B57** 4372).

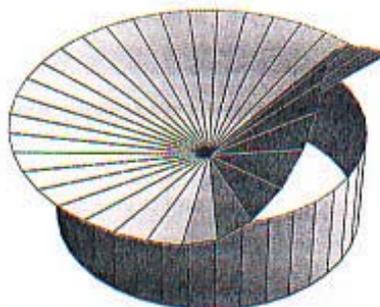
While more refined studies of these systems will require a proper treatment of the subtle interplay between the electronic and ionic structures, the nanowire structures found in the simulations by Gülseren and colleagues are certainly sufficiently "weird" to justify further investigations.

## Cones, creases and crumpled sheets

From Shankar Venkataraman in the James Franck Institute and Department of Mathematics, University of Chicago, Illinois, US

We know from everyday experience that a sheet of paper will crumple when crushed. Crumpling occurs in many other systems and over a variety of scales, ranging from membranes inside living cells to the buckling of cylinders in civil engineering. But no one has so far been able to describe how a sheet crumples and what shape the crumpled object adopts. Now, however, two independent studies could provide the first steps towards solving this problem.

So why does a sheet of paper crumple when it is crushed? To answer this question consider what happens when a thin, square sheet of elastic material is put inside a sphere that is large enough for the sheet to fit inside without bending. Now imagine the sphere becoming gradually smaller. At first, when the sphere is slightly smaller than the sheet, the sheet bends. However, when the sphere becomes much smaller, the sheet crumples into a highly non-uniform shape. In this idealized experiment



A cone is formed by pushing the centre of a circular plate into a supporting cylinder. Both the cone and the cylinder are "developable" surfaces, which means that they can be flattened out by cutting along straight lines.

the non-uniform shape results from confining the sheet in a uniform way. Why should this happen?

This question was answered by Tom Witten and co-workers at the University of Chicago, who showed that the non-uniform shape is caused by the concentration of stress and energy into a network of ridges (A Lubkowsky *et al.* 1995 *Science* **270** 1482). This

is because it takes much more energy to stretch the sheet than to bend it. Consequently, the sheet deforms to fit the available space with the minimum amount of stretching.

If the sheet has to stretch, energy is minimized by limiting the stretching to a small region: a network of ridges, or creases. In the limit where the sheet becomes infinitely thin and is perfectly unstretchable, the width of the ridges becomes zero and they have infinite curvature – in other words they are singularities. The problem with understanding the crumpling of sheets is that these singularities can interact with each other.

It would be easier to analyse a simpler shape containing a single singularity, which could be made by pushing the centre of a flat sheet supported on a hollow cylinder. If the sheet is unstretchable it deforms into a "developable cone" with an isolated singularity at the centre.

Any developable surface can be generated by a family of straight lines called the generators of the surface. These surfaces were first studied in the 19th century by Karl



PHYSICS IN ACTION

Friedrich Gauss, who showed that any developable surface can be flattened out by making appropriate cuts along straight lines. Therefore, any developable surface such as a cone or cylinder can be obtained from a flat sheet without stretching. A sphere is a surface that is not developable.

Shaouqi Chateb and co-workers at the Universidad de Santiago in Chile and the Laboratoire de Physique in Lyon, France, have systematically investigated the shape of developable cones (*Phys. Rev. Lett.* 1998 **80** 2354). In their experiments they pushed a tip into the centre of thin circular plates made of copper, brass, steel and plastic transparency. A position sensor scanned the entire surface to measure the shape of the cone accurately.

The researchers observed that the shape of the developable cone consists of a region where the sheet remains in contact with the frame and a region that loses contact (see figure). The curvature of the cone is convex everywhere, except for a concave part within the region that loses contact with the frame. They found that the azimuthal angle (the angle projected perpendicular to the

frame) over which the plate loses contact with the frame was  $110^\circ \pm 5^\circ$ , and this value was independent of both the material and the amount of deformation.

Chateb and co-workers also studied the nature of the singularity. As the materials used in their experiments have a finite modulus of elasticity, they do not have point singularities but instead produce crescent-shaped scars. For an unstretchable cone the curvature decreases with distance from the point of deformation,  $r$ . In contrast, the curvature of an elastic cone follows the form  $1/(r + r_0)$ , where  $r_0$  provides an estimate of the size of the singularity. The singularity becomes smaller for larger deformations.

Meanwhile, Enrique Cerda and Lakshminarayanan Mahadevan at the Massachusetts Institute of Technology in the US studied the geometry of a developable cone both theoretically and experimentally (*Phys. Rev. Lett.* 1998 **80** 2358). They found the shape of the cone by minimizing the bending energy of a deformed flat sheet that cannot be stretched. The calculation again showed that the cone has two regions: a convex region where the surface is in contact

with the edge of the supporting cylinder, and a partly concave region where the sheet loses contact. Their theory predicts that the angle of the sector that loses contact with the edge is  $140^\circ$ , which is in good agreement with their experimental value of  $130^\circ$ .

In their experiments, Cerda and Mahadevan also found crescent-shaped singularities close to the centre of the plate, and these lie between the generators with maximum curvature. They calculated that these generators are  $94^\circ$  apart and then measured a value of  $101^\circ$ . They also estimated the size of the crescents by making approximations for the bending and stretching energies near the vertex.

The experimental investigations of Chateb and co-workers agree well with the theoretical work of Cerda and Mahadevan. Together, these two results represent a complete and elegant analysis of the deformation of an elastic sheet into a developable cone. This is a very interesting problem in its own right, and is also a stepping stone to understanding the quantitative details in the more practically relevant and much harder problem of crumpling in real materials.

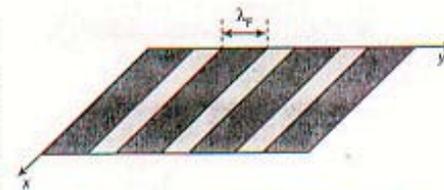
## Stripes penetrate superconductors

From Antonio Bianconi in the Department of Physics, University La Sapienza of Rome, Italy

Two sets of experiments have provided new insights into the normal, metallic phase of high-temperature superconductors. In 1986 Alex Müller and Georg Bednorz of IBM Zürich in Switzerland discovered that certain materials – cuprate perovskites such as lanthanum strontium copper oxide – would conduct electricity without resistance up to relatively high critical temperatures. Soon after the discovery it became clear that the normal metallic phase in these materials is quite different from that in standard metals, where the electrons form a free electron gas. The fundamental physics of the cuprate perovskites continues to puzzle physicists today, although recent experimental results are helping to unlock their secrets.

The new experiments, by Müller and colleagues at the University of Zürich and by Z-X Shen and colleagues at Stanford University, have provided compelling evidence for the existence of two components in the electronic structure. These two components form one-dimensional “stripes” in the copper oxide planes with a width of just a few atomic spacings. In one stripe the charge carriers are free electrons, while in the other they are “polarons” – electrons that are accompanied by large local distortions in the lattice.

It has been assumed for many years that the copper oxide layers are uniform and rigid, and most of the theories attempting to



Recent experiments indicate that the charge carriers in the copper oxide planes of cuprate superconductors become segregated into alternate parallel stripes at the mesoscopic scale. Charge carriers either exist as polarons (orange) or as free electrons (red). The width of the stripes (nearly 15 Å) is comparable with the de Broglie wavelength of the electrons at the Fermi level.

explain high-temperature superconductivity have encompassed this idea. But in 1990 my group in Rome found that superconductivity could coexist with polarons ordered in one-dimensional stripes. Two years later, X-ray absorption and diffraction experiments indicated that two electronic components were present in the copper oxide planes and were organized in parallel stripes.

In 1993 researchers at Bell Labs in New Jersey found similar stripes in insulating nickel perovskites, while a team at the Ames Laboratory of Iowa State University found that one-dimensional charge structures could form between antiferromagnetic domains in insulating copper perovskites. Later that year we measured the width of the stripes and found that electrons at the Fermi level undergo a “shape resonance” that promotes superconductivity.

Further progress came in 1994, when researchers at the University of Texas found that polarons can become ordered within the stripes, and for the first time imaged the stripes with a scanning tunnelling microscope. The Bell Labs team also discovered a similar charge-ordering phenomenon in manganese perovskites that exhibit colossal magnetoresistance, a large change in resistance in an applied magnetic field. In 1995 it was found that spin and charge stripes exist in insulating cuprate perovskites.

At this point the scientific community started to consider whether striped structures could explain high-temperature superconductivity. In 1996 a variety of experiments were performed to probe these structures in cuprate superconductors using techniques such as synchrotron radiation spectroscopy, nuclear magnetic resonance, neutron scattering and electron diffraction. And the first international conference to discuss the role of these extraordinary structures was held in Rome in the same year (*J. Superconductivity* 1997 **10** no 4).

New experiments have provided insights into how the striped structures influence the metallic phase. The Zürich group studied the spin susceptibility – which describes how easily the spins are aligned by an applied magnetic field – of a perovskite cuprate in its normal, non-superconducting

## "PHYSICS WORLD" DESTACA A INVESTIGADORES DE LA USACH

El arrugado de un papel puede parecer algo simple. Pero este procedimiento aparentemente tan sencillo, estudiado y experimentado por físicos de la Universidad, significó que una de las más importantes revistas del mundo científico, la "Physics World", acogiera con beneplácito el estudio teórico y experimental del mismo como uno de los hechos relevantes del último tiempo.

Así lo señala en sus páginas 19 y 20 la revista "Physics World" del mes de julio, un artículo firmado por Shankar Venkataramani, de la Universidad de Chicago.

¿Los investigadores? Los doctores Sahraoui Chaieb, Francisco Melo y Enrique Cerda, del Laboratorio de Física No Lineal de la Universidad de Santiago.

¿Cómo se desarrolló el trabajo?

En dos etapas. Una teórica, investigada por el joven Dr. Enrique Cerda, en el prestigioso Instituto

Tecnológico de Massachusetts, Estados Unidos, quien trabajó sobre los conos desarrollables (forma más simple de una superficie doblada) y de manera paralela, pero coincidente, en el Laboratorio de Física No Lineal de la Universidad de Santiago, un experimento de los Dres. Francisco Melo y Sahraoui Chaieb, sobre el arrugado del papel, donde también se observó el comportamiento de estos conos.

"En una hoja de papel observamos la aparición de singularidades que luego comprobamos que correspondían a los vértices de los conos desarrollables", explica el Dr. Chaieb. Eso llevó a que, tanto el estudio que se realizaba en Estados Unidos como el de Santiago fueran coincidentes.

Esta investigación del campo de la física tiene interés, porque hay muchos fenómenos en la naturaleza, por ejemplo,

**\*Teoría y experimentación sobre arrugado del papel es valioso aporte en el campo de la Física No Lineal.**



Los doctores Enrique Cerda, Sahraoui Chaieb y Francisco Melo, en el Laboratorio de Física No Lineal.

membranas celulares y láminas metálicas en ingeniería civil, en el que el arrugado de superficie tiene particular importancia. Entonces, explicar por qué y cómo se produce éste proceso ayudará a resolver muchos otros problemas, explican los investigadores.

El Dr. Melo destaca la colaboración existente entre físicos teóricos y experimentales, por una parte, y la coincidente discusión del asunto tanto en Chile como en Estados Unidos. "Son pocas las ocasiones que se dan en Chile, en que una investigación sobre un

antiguo problema, es estudiado en teoría y práctica con avances importantes como este. En la Universidad de Santiago ya lo habíamos logrado en un trabajo anterior, en que teoría y práctica se retroalimentan mutuamente", dice el Dr. Melo.

Respecto del valor de este trabajo teórico y práctico para el mundo científico, el Dr. Cerda puntualiza: "yo creo que sí es valioso; es un granito de arena más a los avances necesarios en el campo de la física. Un punto de vista nuevo".

## CONVOCAN A ALUMNOS DE ESTADÍSTICA A TRABAJO CON INVESTIGADORES

Una interesante actividad para los alumnos del décimo semestre de Ingeniería Estadística, ofrece el Departamento de Matemática y Ciencias de la Computación. Están abiertas las inscripciones para quienes deseen colaborar en una investigación académica, supervisados

por profesores del área de Estadística.

El Dr. Claudio Silva, del área de Estadística, dijo que esta es una novedosa actividad en la cual los estudiantes tienen la oportunidad de trabajar directamente con investigadores,

aportando con sus conocimientos sobre análisis estadísticos.

El Dr. Silva informó que el año pasado tuvieron una primera experiencia en lo que fue la primera práctica profesional que realizaron algunos estudiantes

en proyectos desarrollados con el PNUD, la Facultad de Ciencias Médicas y con los Departamentos de Ingeniería Geográfica, en Minas, Química y Economía de la Universidad.

Esta actividad está contempla-

da como una asignatura de Taller I denominada Consultoría Estadística Supervisada, a través de la cual el alumno entrega una colaboración multidisciplinaria, con la supervisión de los profesores del área.

Para este segundo semestre, informó que se han abierto nuevamente las postulaciones para este taller. Los interesados deberán comunicarse al fono 6812900 o a los anexos 2420, 2421 y 2422.



Martes 5 de octubre de 1999

# Universidad de Santiago de Chile

## Fuerza de la historia, promesa de futuro

6 de julio de 1849-1999



Innovación

### Laboratorio de Física NoLineal

## Investigaciones pioneras reciben elogios del mundo científico

El Dr. Francisco Melo es un joven científico con una extensa trayectoria y prestigio internacional en el campo de la Física Aplicada. Desde hace 6 años es Director del Laboratorio de Física NoLineal del Departamento de Física de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Santiago de Chile. Doctor en Física, Francisco Melo ha realizado numerosas y pioneras investigaciones que han sido publicadas en prestigiosas revistas de ciencia, como Nature, Physical Review Letters y otras relevantes publicaciones. Ha participado en seminarios, congresos y dictado cursos en Chile y en el extranjero. Distinguido con la Cátedra Presidencial en Ciencias 1997, su trabajo - junto con el de sus colaboradores - ha recibido el apoyo de Fondecyt, CEE, NSF-Conicyt, Fondecip y otras instituciones nacionales y extranjeras. Su exitosa e intensa labor de investigación experimental, se inició al licenciarse en 1983 en Física Aplicada por la Universidad de Santiago de Chile. Luego, en 1987, siguió estudios avanzados sobre Ciencia de Materiales, en la Universidad Claude Bernard de Lyon en Francia, para obtener

posteriormente, en 1991, su Doctorado en la prestigiosa Escuela Normal Superior de Lyon. A continuación, entre los años 1992-1993, realizó investigaciones en el Centro de Física NoLineal de la Universidad de Texas, Austin, EEUU. Profesor Titular y creador del Laboratorio de Física NoLineal de la USACH, desarrolla en la actualidad sus investigaciones en física experimental junto con tres profesores y muchos estudiantes de Ingeniería Física. En Chile, son escasos o de muy reciente data, los laboratorios que se dedican a la física experimental.

El Laboratorio de la USACH ha privilegiado la investigación de fenómenos fundamentales o básicos, desde los que se puede derivar a cuadros más complejos o sofisticados, en el amplio campo de la física microscópica. La interesante temática investigada incluye - entre otros relevantes estudios - la experimentación con material granular, para determinar la dinámica de la arena, con un número casi infinito de aplicaciones. Investigaciones realizadas hace 3 años sobre las "Estructuras coherentes", fueron acogidas por la Revista Nature, otorgando al estudio, por la relevancia de éste, su portada y recibiendo, también, elogiosos comentarios en The New York Times, Science, Physics Today y otros medios de comunicación internacionales. Recientemente, junto con su joven colega Dr. Enrique Cerda ha llevado adelante una investigación sobre las estructuras del arrugado del papel. Ese estudio publicado también en la Revista Nature, ha recibido igualmente elogiosos comentarios del mundo científico. Parte fundamental de los resultados



Dr. Francisco Melo y sus colaboradores en el Laboratorio de Física NoLineal

de estas investigaciones se deben a la activa participación en ellas de estudiantes de Ingeniería Física.

La Carrera de Ingeniería Física, se imparte en 10 semestres en la Facultad de Ciencias de la USACH y tiene un vasto campo de aplicación en la investigación científica experimental, en las áreas de la biomédicina, medio ambiente, geofísica, minería, ciencia de materiales, nuclear y numerosos otros de carácter aplicado.



## Premian a Estudiantes que Inventan Relojes Granulares

Jueves 6 de Septiembre de 2001

Jóvenes aguzan su creatividad en pro de la relojería. El programa Explora, de Conicyt, desafió a los jóvenes: mover granos para medir un minuto exacto.

Llegaron 68 relojes desde 8 regiones. El profesor Francisco Melo, físico de la U. de Santiago y presidente del jurado, sostiene que la ciencia aún no resuelve una variedad enorme de los problemas de la física de los granos, por ejemplo, los de arena, ¿cómo fluyen?

Uno entiende cómo funciona un fluido, pero no como funciona este flujo, dice; hay muchos fenómenos de física aquí que uno puede explorar y donde uno puede desarrollar el sentido común, el gusto por la observación y la manipulación de los objetos de la naturaleza.

Camina por entre los relojes, algunos de los cuales no funcionan correctamente, pero igual él alaba la imaginación de los inventores.

Melo, Dezanka Simunovic y el físico Sergio Rica integraron el jurado, porque la física es una diversión, una diversión que requiere mucho esfuerzo, una manera de hacer las cosas, una actividad que se hace con alegría.

### Ganadores

Categoría 1 a 4 Básico: Colegio Rosita O'Higgins Riquelme, Chillán

Profesora: Edith Ortega Flores

Alumnos: Gustavo Hancenn Pino, Rubén Chandía Peñalolén

Categoría 5 a 8 Básico: Colegio Fernández León, Llo-Lleo

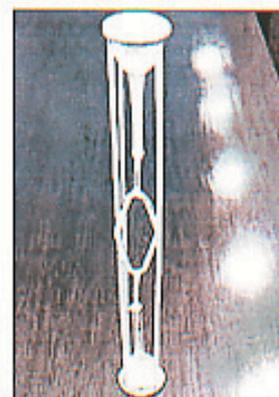
Profesora: Gloria Menares

Alumnos: David Velásquez Lobos, Paula Del Pino Palomino, Francisco Javier Walsh Payacán

Categoría 1 a 4 Medio Liceo Alberto Hurtado, Quinta Normal

Profesor: Juan Francisco Aravena

Alumnos: M. Isabel Avilés Castillo, Ismael Rayo Tapia.



El proyecto ganador, por alumnos de 7o. Básico de Lloleto.



**BIOPLANET** Fundación Ciencia Para La Vida  
Una institución dedicada a la interacción entre la Biotecnología y el Sector Productivo

Portal Revista Suscripción Tarifas

Enero - Febrero, 2002

Genética

Buscar

**Biotecnología**  
Análisis de Alimentos  
Archivos y Noticias  
Cursos de Ingreso  
Estrategias de Marketing  
Evaluación de Proyectos  
Chat

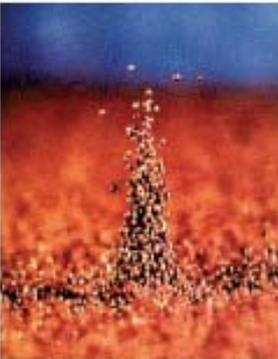
**Corporativo**  
Innovación  
Calidad  
Evaluación  
Sostenibilidad  
Certificaciones

**FRANCISCO MELO**

**Acercando la Física a la Biología**

El desarrollo de trabajo interdisciplinario, que permita la formación de físicos profesionales que aporten soluciones a problemas biológicos, a través de técnicas experimentales y de modelamiento, es una de las metas que se ha fijado el departamento de Física de la USACH.

La Física es la ciencia de las leyes más generales de la naturaleza, sus ramas estudian las partículas elementales, las moléculas, los materiales, la tierra y el cosmos, pero también aborda los fenómenos biológicos, a través de la identificación de los procesos físicos básicos de los sistemas vivos, mediante la experimentación y el uso de la teoría. Sin embargo, para el estudio de estos sistemas, desde el punto de vista del físico, es necesario contar con todo el conocimiento y las leyes generales aportadas por la Biología.



Por estarazón el director del Departamento de Física de la Universidad de Santiago (USACH), Francisco Melo, ha planteado formar profesionales capaces de dar respuesta a algunos problemas que presenta la biología actual desde el punto de vista de la física.

“Como Departamento, además de la física tradicional, nos interesa explorar la interfaz entre la física y la biología, y desde mi perspectiva nuestro aporte pasa por proveer nuevas herramientas que permitan caracterizar mejor y explicar cuantitativamente los fenómenos biológicos. Sin embargo, no queremos convertirnos en biólogos, deseamos mantener una mirada de físico a los problemas de esa disciplina, para descubrir cómo podemos colaborar en forma recíproca”, señala el académico.



De esa inquietud nació el proyecto de crear una escuela que apunte a un desarrollo interdisciplinario de la física. Francisco Melo cree necesario que su departamento debe llevar una política coherente con los proyectos que allí se desarrollan, entre ellos cuatro de Mejoramiento de la Calidad y Equidad de la Educación Superior (Mece sup) -dos en pregrado y dos en postgrado incluyendo la redefinición de doctorado en física- además de la asociación con el CIMAT y un núcleo Milenio. “Todos son de carácter interdisciplinario, y al ser responsable de un par de ellos, me pareció que era indicado desarrollar una política coherente de trabajo dentro del Departamento. Cumplir los objetivos de un proyecto tan ambicioso como el de postgrado con la integración de Química, Física y Ciencia de los Materiales, a nivel puramente de investigación, significa ya una gran labor de comunicación, para lo que hemos venido desarrollando un perfil muy abierto a otras disciplinas, con conocimiento o intuiciones de cómo funciona la física, la química y la biología y sus aplicaciones a los materiales”, explica.

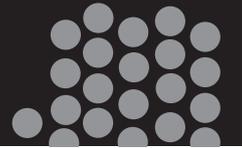
Como Departamento nos interesa crear una interfase de la física con la biología, y desde mi perspectiva nuestro aporte pasa por proveer al biólogo de herramientas que le permitan explicar los fenómenos que estudia.



Francisco Melo plantea la necesidad de formar profesionales capaces de dar respuesta a los problemas que presenta la biología desde el punto de vista de la física, a través de una comprensión global y cuantitativa del carácter dinámico de los sistemas.

El doctor Melo estudió física en la USACH, luego realizó un magister en Física del Estado Sólido en la misma Universidad y más tarde siguió un Doctorado en Ciencias en la Ecole Normale Supérieure de Lyon, Francia, donde se desempeñó también como investigador CNRS, para luego partir a Estados Unidos, donde fue profesor invitado. Además de sus labores como director del Departamento, es investigador asociado

La USACH ya tiene una carrera de Ingeniería Física, con una formación amplia, que garantiza a egresados con sólidos conocimientos en matemáticas y física, instrumentación y computación, con bases para trabajar en experimentación en variadas áreas tales como: ciencia de los materiales, medio ambiente e instrumentación, con aplicaciones a las ciencias de la vida por ejemplo. “Para fortalecer estos aspectos estamos montando nuevos laboratorios de investigación y docencia y hemos modernizado los planes de estudio para incluir las aplicaciones y avances, a nuestro juicio, más importantes de la física”.



del Fondap, Centro de Investigación Avanzada en Ciencias de los Materiales (CIMAT), donde está a cargo del Programa de Materiales en Desequilibrio.

### Física experimental en la interfaz con la biología

La USACH tiene una carrera de Ingeniería Física, con una formación que garantiza egresados con sólidos conocimientos en temas básicos, de manera que tengan las bases para trabajar en instrumentación con aplicación a la biología.

En la actualidad, Francisco Melo está desarrollando diferentes líneas de investigación, en conjunto con académicos de la USACH, como el doctor Eugenio Spencer, quien lo apoya con su laboratorio de cultivo celular, y con David Holmes, que lo ha involucrado en el tema de la bioinformática y la técnica de "microarray", que permite el estudio de la expresión de genes.

Ya han realizado algunos experimentos, especialmente en el área de biomecánica, donde han desarrollado métodos experimentales que les permiten medir las fuerzas presentes durante la adhesión y el desplazamiento de fibroblastos. También esperan abordar el estudio de los "tonos de crecimiento en neuronas" midiendo su robustez, sus estrategias de movimiento y su respuesta a compuestos cuya distribución de concentración pueden monitorear con precisión entorno a la célula.

### CIMAT

En el CIMAT participa un grupo de académicos de la Universidad de Chile y de la USACH (que actúa como centro asociado), dirigidos por el Premio Nacional de Ciencias Exactas, doctor Fernando Lund. El centro hace especial énfasis al trabajo interdisciplinario, congregando a físicos, ingenieros, químicos y biólogos en el estudio de la Ciencia de los Materiales, buscando respuestas a preguntas como ¿Por qué los diferentes materiales responden a esfuerzos externos de la manera que lo hacen?, ¿Es posible manufacturar materiales, con propiedades preasignadas, molécula por molécula?

El CIMAT presta especial atención al estudio de las biocerámicas, materiales como huesos, conchas de los moluscos o dientes, intentando descubrir los detalles de sus procesos naturales de producción, y así obtener nuevos materiales con características especiales. Francisco Melo trabaja en el tema de los materiales en desequilibrio junto a un grupo de 10 personas, entre académicos y estudiantes de la USACH.

“Junto con el Dr. Jorge Pavéz en la USACH, nos preocupamos del estudio de las formas de crecimiento de biomateriales, hacemos observaciones in situ por medio de la microscopía efecto fuerza de los



detalles atómicos de la interfaz del cristal que crece a partir de una solución saturada, por ejemplo. Tal como ocurre en los seres vivos, una pequeña cantidad de moléculas biológicas modifica dramáticamente la forma de crecimiento del cristal, alterando su cinética y rugosidad a la escala atómica y de paso sus propiedades mecánicas macroscópicas”.

EL MERCURIO

CIENCIA Y TECNOLOGÍA

SEMANA NACIONAL DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA

EL OBJETIVO DE ESTE EVENTO —ORGANIZADO POR EXPLORA, UN PROGRAMA DE LA COMISIÓN NACIONAL DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA (CONICYT)— ES ACERCAR LA CIENCIA DE UNA MANERA ENTRENADA A LOS JÓVENES DE TODO EL PAÍS.

Las actividades son bien diversas. Esfuerza la exposición del doctor en Física Francisco Melo sobre "Material granu-

lar del grano a la avalancha", donde con una serie de experimentos enseña las propiedades de algo tan común como la arena. De hecho, alguna vez se había preguntado por qué los relojes son de este material y no de otro?

También, la actividad "1.000 científicos, 1.000 aulas", que lleva a destacados investigadores y científicos a las salas de clases de liceos y colegios. Los estudiantes podrán acudir a "puntos focales": laboratorios, museos y centros de investigación de punta.

Todas las ciudades tienen sus propias actividades. Desde el sitio de Explora ([www.explora.cl](http://www.explora.cl)) se puede bajar el "libro de actividades", un folleto con una serie de entretenidas actividades que utilizan los formatos de la naturaleza y las construcciones de la humanidad para explicar problemas matemáticos, físicos, biológicos y químicos.

Mañana, "El Mercurio" publicará en estas páginas un completo reportaje sobre la VIII Semana Nacional de la Ciencia y la Tecnología.

EXPLORA 2002. — Invitación a los jóvenes a participar.

Las Ferias: creaciones de la naturaleza. Construcciones de la humanidad.

7 a 11 de septiembre de 2002.

www.explora.cl

Antártida: Misterio vuelve

Debido al cambio de la capa de ozono C-0 cambió

WASHINGTON/mente un glaciar an curso en los últimos y comenzó a fluir en Según los científicos lógico de Colorado y d imposible que un río agua o hielo de larga avance sobre el miso El fenómeno ha oc mos 250 años en la Antártida Occidental en que su origen po

ben cruzar con los recogidos por avión.

ce públicamente es el Lacrosse, un

En todo Chile:  
Hoy comienza la semana de la ciencia

Con exposiciones, concursos y clases con destacados investigadores se inicia la octava versión de este evento.

EL OBJETIVO DE ESTE EVENTO —ORGANIZADO POR EXPLORA, UN PROGRAMA DE LA COMISIÓN NACIONAL DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA (CONICYT)— ES ACERCAR LA CIENCIA DE UNA MANERA ENTRENADA A LOS JÓVENES DE TODO EL PAÍS.

Las actividades son bien diversas. Esfuerza la exposición del doctor en Física Francisco Melo sobre "Material granu-

lar del grano a la avalancha", donde con una serie de experimentos enseña las propiedades de algo tan común como la arena. De hecho, alguna vez se había preguntado por qué los relojes son de este material y no de otro?

También, la actividad "1.000 científicos, 1.000 aulas", que lleva a destacados investigadores y científicos a las salas de clases de liceos y colegios. Los estudiantes podrán acudir a "puntos focales": laboratorios, museos y centros de investigación de punta.

Todas las ciudades tienen sus propias actividades. Desde el sitio de Explora ([www.explora.cl](http://www.explora.cl)) se puede bajar el "libro de actividades", un folleto con una serie de entretenidas actividades que utilizan los formatos de la naturaleza y las construcciones de la humanidad para explicar problemas matemáticos, físicos, biológicos y químicos.

Mañana, "El Mercurio" publicará en estas páginas un completo reportaje sobre la VIII Semana Nacional de la Ciencia y la Tecnología.

EXPLORA 2002. — Invitación a los jóvenes a participar.

Las Ferias: creaciones de la naturaleza. Construcciones de la humanidad.

7 a 11 de septiembre de 2002.

www.explora.cl

Para todo Chile:

# Una invitación a redescubrir el mundo

Ayer se inauguró la Semana de la Ciencia y de la Tecnología, organizada por Explora.

ELIETE ANGE V.

"Queríamos transmitir el mensaje de que en lo más simple podemos encontrar inspiración y asombro. No es necesario leer grandes laboratorios, basta con salir al patio de la escuela, a la calle, ¡la misma ciudad es un laboratorio abierto! Queremos provocar una mirada distinta sobre lo que vemos todos los días". Así explica Haylé Domic, directora del programa Explora, el postgrado de la temática que escogieron para la octava versión de la Semana de la Ciencia. "Las formas, creaciones de la naturaleza, construcciones de la humanidad".

Este evento se realiza desde África a Punta Arenas y contempla una serie de actividades. Una de ellas es la exposición "Material granular, del grano a la avalancha", que comenzará este sábado en el Museo Interactivo Mirador (MIM). Algunos ejemplares de estos materiales son la arena, la harina, el azúcar, el café, la sal y el arroz.

"Nos gustan los temas provocadores, porque a veces uno no ve qué hay más allá de un reloj de arena. Existen hace siglos y a lo mejor nunca nos hemos preguntado por qué funcionan", cuenta Domic.

## ¿Por qué funcionan?

Francisco Melo (42), doctor en Física y director científico de la exposición, menciona un círculo de plástico que funciona tal como un reloj de arena, pero en escala gigante: los granos miden un poco menos de la mitad de una pila. Gracias a la luz que emite una puntilla de cristal líquido —que está detrás del círculo— se pueden observar unos destellos en forma de arcos mientras caen los supuestos granos.

Lo que sucede es que la arena es capaz de formar arcos —gracias a que los granos se apoyan unos con otros— que soportan el peso de la columna que hay sobre sí. No es como el agua que "se desparaniza",



**EXPERIMENTOS ENTRETENIDOS.** — El doctor Francisco Melo, profesor de la Universidad de Santiago, explica los interesantes fenómenos que ocurren con la arena en unas palabras. Este será uno de los experimentos de su muestra.



"El mensaje que todos los científicos queremos dar es que la ciencia es un juego y que se pasa bien", comenta el físico que en cinco meses será padre por primera vez. Y agrega: "Me da la impresión de que la arena puede ser un tema donde la comunidad chilena sea fuerte". Tenemos más de 4 mil km de costa litoralizada con arena.

Entonces, por su historia, la cooperación de Melo resultó ideal para el programa Explora para el tema de este año.

## A jugar y a descubrir

Repartidos por todo su laboratorio, hay una serie de experimentos. En un rincón, una mesa con unos parlantes. Estos, al vibrar, hacen saltar los granos. De repente, parece que están lloviendo liviandamente. Pero al bajar la frecuencia y la amplitud de oscilación, poco a poco se van acumulando en la superficie.

Lo mismo pasa al aumentar o disminuir la frecuencia. Los granos se van acumulando en la superficie. Pero ningún motivo deberían haber. ¿Por qué? Después comenzó a trabajar con

## Los festejos

Ayer en el Museo Interactivo Mirador (MIM) fue la ceremonia de inauguración de la VIII Semana de la Ciencia.

Al acto asistió la ministra de Educación, Mariela Aylwin, la presidenta de la Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica (Conicyt), María Cristina Lazo y la directora del programa Explora, Haylé Domic.

En la oportunidad, se entregó el primer premio del VIII Concurso Nacional de Gráfica a la fotografía "Las manos creativas", otorgado por los alumnos de séptimo básico por los alumnos de séptimo básico Nicoléte Díaz, Francisca Sotelo y la profesora Sylvia García, del colegio Elvira Hurtado de Mañe. La obra es parte del ciclo de la presente Semana de la Ciencia y debió vencer a 336 trabajos presentados de 10 regiones.

Además, entregaron los premios del II Concurso Nacional "Ingenieros de la Ciencia", que consistió en fotografías de trabajos científicos, ya sea a través de microscopios o de satélites. El ganador fue René Garzaud, de la Universidad de Chile, que captó una imagen de unas nubes con un satélite geoespacial.

Para mayor información acerca de las actividades y de los ganadores, visite [www.explora.cl](http://www.explora.cl).

disciplinario en que un científico dirige a sus alumnos, a diseñadores, a periodistas y a arquitectos.

Ojalá que la comunidad científica se entusiasme con esto. Es una forma de mostrarles de una manera sencilla a los niños que están haciendo los investigadores con nuestra patria, en que están trabajando y cuáles son sus problemas."

En definitiva, lo que Explora busca en los jóvenes es "despertar el placer por comprender", según las propias palabras de Domic.





### Semana Nacional de la Ciencia y la Tecnología

En el edificio Talud, del museo Interactivo Mirador (MIM), se realizó la Octava Semana Nacional de la Ciencia y la Tecnología, organizada por el programa Explora de Conicyt. El evento contó con la presencia de la ministra de Educación, Marijane Aylwin; el subsecretario de Telecomunicaciones, Christian Nicolai; la presidenta (S) de Conicyt, Marié Crisliana Lazo; y la directora del Programa Explora y del MIM, Haydee Domic.

En la oportunidad, se premiaron a estudiantes y profesores de la Región Metropolitana, cuyos trabajos resultaron vencedores en los concursos nacionales de gráfica "Ingenios de la ciencia" y "Una actividad para explorar".

Además se inauguró la muestra "Material granular, del grano a la avalancha", que permanecerá en el MIM hasta el 10 de noviembre. Su atractivo principal está en que permite observar las propiedades y el comportamiento de materiales compuestos exclusivamente por partículas independientes, como la sal, azúcar, arroz, café y arena, cuyo estudio tiene actualmente gran incidencia en procesos productivos de áreas tan importantes como la minería, agricultura e industria farmacológica.



Marijane Aylwin, ministra de Educación; Christian Nicolai, subsecretario de Telecomunicaciones; Haydee Domic, directora del Programa Explora y del MIM; y Marié Crisliana Lazo, directora del Programa Explora y del MIM.



Mariela Riquelme y María Calfelán.



María Angélica Ravina, Mariela Riquelme y María Calfelán.

### En honor de José Luis Cea

Con motivo de la designación como nuevo miembro del Tribunal Constitucional del abogado y profesor de derecho José Luis Cea Egoña, sus compañeros de universidad de la facultad de Derecho de la Pontificia Universidad Católica de Chile lo homenajearon en una alegre y concurrida cena.

En la ocasión, los ex compañeros reconocieron los méritos y destacada trayectoria del jurista a través de emotivos discursos.

José Luis Cea es un reputado abogado y académico. Es "alumno" en el primer curso de la carrera de derecho respectiva en las universidades de Chile y Católica. Además, ha publicado una decena de libros y es autor de numerosos artículos científicos y de ensayos enfocados a esta área, y tiene un curso de especialización, dos maestrías y un doctorado en universidades extranjeras.



Névil LeBlanc, Ricardo Dell'Orto, el homenajeado Luis Cea y Hugo Alfonso.



Juan Enrique Vergara, Fernando Lucco, María Luján Gasse, monseñor Luis Eugenio Silva y Guillermo Mackenna.





## Información de Prensa

Se inaugura exposición interactiva en Multisala Cultural Baquedano:

### MATERIAL GRANULAR: LA SORPRENDENTE FÍSICA DE UN NUEVO ESTADO EN EL METRO DE SANTIAGO

El Programa Explora de Conicyt y Metro de Santiago presentan una muestra interactiva sobre los medios granulares y sus propiedades, que se inaugura este jueves 21 de noviembre, a las 12:00 hrs. en la Estación Baquedano, Línea 5. La exposición "Material Granular, del grano a la avalancha", estará abierta a público en forma gratuita hasta el 30 de noviembre, desde las 10 a las 20 horas. Los establecimientos educacionales que deseen contar con visitas guiadas, podrán solicitarlas al teléfono 3654573.

Con presencia de Eric Goles, Presidente de CONICYT; Haydée Domic, Directora del Programa Explora; y Rodrigo Azócar, Gerente General de Metro, se inaugura este jueves 21 de noviembre la exposición interactiva "Material Granular, del grano a la avalancha", que invita a descubrir las sorprendentes propiedades de los materiales granulares.

La muestra forma parte de las actividades contempladas en el convenio anual de colaboración suscrito, por segundo año, entre el Programa Explora-Conicyt la Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica (CONICYT), Metro de Santiago y la Corporación Cultural MetroArte, que tiene como fin acercar la ciencia y la tecnología masivamente a las personas. Para ello se han valido de la generación de contenidos educativos atractivos y de interés general, en un lenguaje sencillo y con imágenes llenas de color, tal como las que ya se han desplegado en la segunda versión de la Campaña de Valoración Pública de la Ciencia y la Tecnología 2002 "Las Formas: Creaciones de la Naturaleza ...Construcciones de la Humanidad", actualmente en exhibición en estaciones y trenes de la Red.

En la oportunidad, los visitantes podrán saber qué tienen en común los castillos de arena, el café envasado al vacío, talco o un paquete de almendras saladas. Además de ser elementos cotidianos, todos son materiales granulares. Medios que, debido a sus particulares propiedades, son considerados por los científicos como un nuevo estado de la materia y con comportamientos diferentes a los materiales sólidos, líquidos o gaseosos.

El material granular es aquel compuesto exclusivamente por granos o partículas independientes y de tamaño macroscópico. "No importa si ellos son minerales o vegetales, grandes o pequeños, livianos o pesados", dice el físico Francisco Melo, de la Universidad de Santiago de Chile, además de director científico de la muestra. "Lo importante es que se trate de granos semejantes y perfectamente identificables como elementos constitutivos del material", acota el director científico de la muestra, quien además explica las características de los medios granulares.

Por todo ello, las pastillas de dulce, las bolitas para jugar, los granos de maíz y el arroz son materiales granulares. Todas poseen propiedades características como la dilatación (capacidad de expandirse como un todo), la segregación (separación de las partículas por tamaño), la particular distribución de una fuerza aplicada (los granos entran en contacto y forman arcos que redistribuyen la presión), la formación de dunas, o la posibilidad de sufrir avalanchas, característica que les son propias.

La ciencia de los medios granulares tiene una larga historia. Físicos célebres como Coulomb (1773), Faraday (1831) y Reynolds (1885) estudiaron algunas de sus propiedades. En años recientes, ha resurgido el interés entre los físicos por realizar estudios en este campo debido a sus múltiples aplicaciones prácticas. Entre otros, los materiales granulares juegan un importante rol en muchos procesos productivos como la minería, la agricultura, la ingeniería civil y la industria farmacéutica. También son claramente importantes en procesos geológicos que configuran la forma de la Tierra, como las avalanchas o deslizamientos, la

# Prensa, Comunicado de Prensa Metro de Santiago, 2002.



erosión y, a mayor escala, las placas tectónicas. Los medios granulares también han sido recientemente utilizados para ilustrar fenómenos científicos en otras áreas, como la autoorganización, los superconductores y las dinámicas de los terremotos.

## Temas de la Exposición

- Colisiones y Disipación
- Arcos
- Relojes y Flujos
- Dilatación
- Compactación y Viscosidad
- Angulos de Avalancha
- Avalanchas Lisas y Onduladas
- Avalanchas Viajeras
- Avalanchas Triangulares y Curvas
- Ondas de Arena
- Arena en Vibración
- Convección por Golpes
- Erosión
- Estratificación y Segregación

La exposición "Material Granular, del grano a la avalancha" estará abierta al público desde el 16 al 30 de noviembre de 2002, en horarios habituales de funcionamiento de Metro. Se ofrecerán visitas guiadas para grupos de hasta 50 estudiantes y dos profesores desde séptimo básico, de cualquier establecimiento educacional, previa reserva al teléfono 3654573.

### Informaciones:

Programa Explora Conicyt: teléf: 365.45.73 [www.explora.cl](http://www.explora.cl)

Metro de Santiago: para fotografías y filmaciones, contacto Marcela Lira. Teléf.: 250.32.24  
[www.metrocsantiago.cl](http://www.metrocsantiago.cl)



Haydée Domínguez, directora del Programa Explora y del Museo Interactivo; Christian Nicolai, subsecretario de Telecomunicaciones; Mariana Aylwin, ministra de Educación; Cristina Lazo, presidenta (S) de Conicyt y Francisco Meza, director científico de la exposición.

gente de caras  
**Social**

**PANORAMAS EN EL MIM**

En el Museo Interactivo Mirador se inauguró la 8ª Semana Nacional de la Ciencia y la Tecnología del Programa Explora Conicyt. Junto con ello, quedó abierta la exposición "Material granular, del grano a la avalancha", en la que se puede conocer de manera sencilla y entretenida el comportamiento de materiales como la sal, el azúcar o el arroz y sus principales propiedades. Previa inscripción, grupos de hasta 50 alumnos pueden visitar la muestra de martes a viernes. El público general tiene entrada libre para los fines de semana.

Alberdo Camassa, Cecilia Valery y Trinidad Allende.

Charles MacDonnad, Cristina Lazo y Alejandra Recaltz.

Enrique O. Elgueta y Rafael Barriga.

Un aspecto de la premiación de los ganadores de Explora.

# Prensa, Noticia Metro de Santiago, 2002.

Exposición Interactiva en Multisala Cultural Baquedano:

**Material Granular: la sorprendente física de un nuevo estado en el Metro de Santiago**

El Programa Explora de Conicyt y Metro de Santiago, presentan la muestra interactiva "Material Granular, del grano a la avalancha", que se inaugura este jueves 21 de noviembre, a las 12:00 horas., en la Estación Baquedano, Línea 5. La exposición, referida a los medios granulares y sus propiedades, estará abierta al público en forma gratuita hasta el 30 de noviembre, de 10 a 20 horas.



Con la presencia de Eric Goles, Presidente de Conicyt; Haydée Gomic, Directora del Programa Explora; y Rodrigo Azócar, Gerente General de Metro, se inaugurará este jueves 21 de noviembre, la exposición interactiva "Material Granular, del grano a la avalancha", que invita a descubrir las sorprendentes propiedades de los materiales granulares. La muestra, parte de las actividades contempladas en el convenio anual de colaboración suscrito por segundo año entre el Programa Explora-Conicyt, la Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica (CONICYT), Metro de Santiago y la Corporación Cultural MetroArte, tiene como fin acercar la ciencia y la tecnología masivamente a las personas. Para ello se ha valido de la generación de contenidos educativos atractivos y de interés, en un lenguaje sencillo e imágenes llenas de color, tal como las que ya se han desplegado en la segunda versión de la Campaña de Valoración Pública de la Ciencia y la Tecnología 2002 "Las Formas: Creaciones de la Naturaleza... Construcciones de la Humanidad", actualmente en exhibición en soportes publicitarios de estaciones y trenes de Metro.

En "Material Granular, del grano a la avalancha", los visitantes podrán saber qué tienen en común los castillos de arena, el café envasado al vacío, el falcó, o un paquete de almendras saladas. Esto, porque además de ser elementos cotidianos, todos son además materiales granulares. Medios que debido a sus particulares propiedades, son considerados por los científicos como un nuevo estado de la materia y comportamientos diferentes al de materiales sólidos, líquidos o gaseosos.

Entre los temas de interés de la muestra se encuentran Colisiones y Disipación, Arcos, Relejos y Flujos, y Dilatación, entre otros.

Los establecimientos educacionales que deseen contar con visitas:

[Ver documento asociado](#)

# EL MERCURIO

L. J. XI Y XII REGIÓN \$530 \$300

FUNDADO EN SANTIAGO EL 1 DE JUNIO DE 1900 / AÑO CXLV Nº 37.043 ES PROPRIEDAD

Explora:

## La física sale de los laboratorios

La muestra es gratuita, cuenta con guías y estará abierta hasta el sábado.

ELIETE ANGEL V

Domas de diferentes formas, piscinas, arcos romanos... Todo esto, bajo Santiago.

Es la exposición "Del grano a la avalancha" que el programa Explora, de Conicyt, organiza en la multisala cultural de la estación Floquetadino. Gratuita, durará hasta el sábado a las 20 horas.

De vez en cuando, las explicaciones del guía Alejandro Sáez (27) son ahogadas por la bulla del metro. Eso no hace perder el interés de las alumnas de tercer medio del Liceo Carmela Carvajal, que miran atentas mientras Alejandro ladea una plataforma con arena y provoca una pequeña avalancha. Las capas superiores de la arena resbalan como un líquido. Pero no, es arena.

### Curiosidad a flor de piel

Marcela Pauzoca (16) quedó intrigada con el experimento. Al finalizar el recorrido, se acercó y empezó a probar. "Siempre habían hecho exposiciones más generales. En cambio en ésta explican más un tema con ejemplos y formas. Aparte que es en-



Las alumnas del Liceo Carmela Carvajal descubren el mundo de las avalanchas.

tretenido", opina.

Los encargados de guiar a estas 38 visitantes son jóvenes, la mayoría de ellos alumnas de Ingeniería en Física de la Usach y del principal creador de la exposición: Francisco Melo. La monitora Patricia Grandón (20) cuenta que, lamentablemente, mu-

chos de los colegios y liceos que se inscriben para asistir no van. Tal vez por la temporada de exámenes. Aun así, en los 11 días que lleva la muestra, Patricia ha registrado a más de mil personas.

Comenta que muchos no le dedican la hora que requiere hacer todo el recorrido. Probablemente porque, tal como dice Catalina Urbina (16), "repiten muchas veces lo mismo".

Alejandro Nieto, monitor, está seguro de que "las mujeres se atreven más que los niños a preguntar las cosas".

Las alumnas del Carmela Carvajal no son la excepción. Observan con curiosidad, preguntan, responden y participan. Cada vez que piensan que se va a formar una figura determinada, que algo va a subir o que va a ocurrir cierta cosa, el monitor las sorprende.

Lo que sucede es que el material granular —como la arena— es bastante especial.

Puede actuar como un sólido, como un líquido. Incluso como un gas. Más aún, forma arcos al caer. Por eso los relojes son de arena.

Todo esto es complicado de explicar sin jugar con los experimentos de la muestra. Por eso, es mejor ir. Aún queda tiempo.



- Editorial
- Nacional
- Internacional
- Economía y Negocios
- Deportes
- Vida Social
- Sociedad
- Actividad Cultural
- Espectáculos
- Internet
- Ciencia y Tecnología**
- Página del lector
- Reportajes
- Artes y Letras
- Imagen portada
- Opinión**
- Cartas
- Foros
- Encuestas
- Investigaciones
- Comentarios

**CIENCIA Y TECNOLOGÍA**

Lecturas de verano:

**Científicos recomiendan sus páginas marcadas**

23 de Enero de 2003

El universo en una cáscara de nuez, de Stephen Hawking, y Enseñando geología a los niños, del chileno Guillermo Chong, prometen abrir ventanas para mirar y realmente ver el cosmos. Una decena de científicos nacionales nos recomendaron esta lista de libros, pensando en un lector no científico. Hay solamente dos novelas. Pero algunos textos se leen con deleite único, como La doble hélice.

Miles de millones, por Carl Sagan.

El físico y profesor de la Universidad Católica, Francisco Claro, propone el último libro de este físico norteamericano. El autor juntó una variedad de artículos acerca de la eficiencia de cuantificar la capa de ozono, el efecto invernadero, el desafío de alimentar a la creciente población mundial y otros temas de interés. Sagan es extremadamente sagaz y ameno en sus escritos, dice Claro. En Librería Antártica \$5.840 (edición de bolsillo), 464 páginas.

Enseñando geología a los niños, por Guillermo Chong.

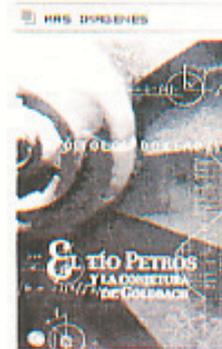
El físico y profesor de la Universidad de Santiago, Francisco Melo, aplaude este libro del profesor de la Universidad Católica del Norte, Guillermo Chong Díaz. El académico enseña a los más pequeños a concibir los terremotos como naturales, a comprender los volcanes, a observar y comprender lo que revela el color de la arena y a descubrir la riqueza de nuestra geografía. En Colegio de Geólogos de Chile (Valentín Letelier 20 cuarto piso), \$14.000, 160 páginas.

Caos, por James Gleick.

Francisco Claro nos incita a comprar este libro escrito por un periodista. Describe en forma amena y sencilla un tema de alta complejidad matemática: la teoría del caos. Destaca las hermosas ideas que la teoría maneja y sus múltiples aplicaciones al análisis de los más dispares fenómenos: desde la formación de una nube hasta la arritmia cardíaca, comenta el profesor de la Universidad Católica. En Feria Chilena del Libro \$21.360, 368 páginas.

El origen del hombre, por Charles Darwin.

Rafael Vicuña, bioquímico, profesor de la Universidad Católica y miembro de la Academia Pontificia de Ciencias respalda este clásico. Yo prefiero recomendar este libro que el de la especie humana, éste explica la teoría de la evolución. La



El Tío Petros y la Conjetura de Goldbach por Apostolos Doxiadis. Foto: Alejandra Ruiz

**EN EL MERCURIO DE**

- Ciencia y Tecnología

**HERRAMIENTAS**

- ENLACE MOV-TEL
- CONSEJOS SISTEMAS

**TELEVISION**

Lo mejor de la TV en tu canal Tiempo Libre

**emol.**



- News by category**
- Nano and Quantum Physics
  - Technology
  - Physics
  - Space and Earth science
  - Electronic Devices
  - Striking research and developments
  - Books directory
  - Free Magazines

- Most popular**
- **Motorola Debuts First Ever Nano Emissive Flat Screen Display Prototype**
  - **Researchers make bendable concrete**
  - **New 'Nuclear Battery' Runs 10 Years, 10 Times More Powerful**
  - **Utah Dinosaur Bones Reveal Missing Link in Evolution of Diet**
  - **Microsoft Releases Windows Mobile 5.0**

- Last forum posts**
- **Stem Cells, Therapeutic Cloning**  
last post by Phoenixz33
  - **Theory of Spiral Energy**  
last post by Phoenixz33
  - **Evolution vs God**  
last post by Phoenixz33
  - **Science: hijacked by pseudo**  
last post by Phoenixz33
  - **There is no atom, free electrons are photons!**  
last post by armored12
  - **Proposed String Theory Test**  
last post by Good Elf
  - **Am I read this correctly?**  
last post by NidStyles
  - **Scientists Urged to Spread Word on Global Warming**  
last post by confidential
  - **A Question about Tyrannosaurus-Rex**  
last post by Phoenixz33

## Physicists detect the undetectable: 'baby' solitary waves

May 05, 2005

Latest News By E-mail [Print this news](#)

When University at Buffalo theorist Surajit Sen published his prediction that solitary waves, tight bundles of energy that travel without dispersing, could break into smaller, "baby" or secondary solitary waves, experts in the field acclaimed it as a fine piece of work.

They also felt that these waves might never be seen experimentally. But in a paper published this week in *Physical Review Letters*, Sen and his co-authors report that they have done just that.

### Slide Shows for Physics

MathType for science and math presentations  
- free download!

### The Flat Universe Society

The Concise Model of the Universe  
Everything About Everything

The new results contribute to a better

Ads by Google

**Live The Avatar Life**  
Create The Life You Desire Effective Self Improvement Course  
[www.AvatarPeople.com](http://www.AvatarPeople.com)

Meme

A compelling new gravity and magnetism unification theory.  
[www.BetterHuman.org](http://www.BetterHuman.org)

## Today's news:

### Electronic Devices

- **Samsung Develops World's First 40-inch a-Si-based OLED for TVs**
- **New Kodak Easyshare V-Series Digital Cameras Unveiled**
- **palmOne's New LifeDrive Features 4GB Hard Drive**
- **Motion's Next-Gen Tablet PC Capable of Up to a Full Day of Battery Life**

### Nano and Quantum Physics

- **Cornell dots' replace quantum dots for biological tagging, imaging and optical computing**
- **World's Most Precise 'Hard X-Ray' Nanoprobe Activated**
- **NEMS device detects the mass of a single DNA molecule**
- **From electronics to photonics; Modulating light with electricity**

### Physics

- **World's First UV 'Ruler' Sizes Up Atomic World**
- **Magnetic sensors - a new slant on an old technology**
- **Probing Question: What is a supersolid?**
- **New 'Nuclear Battery' Runs 10 Years, 10 Times More Powerful**

### Space and Earth science

- **Discovery Set for Tanking Test on Friday**
- **One Mars Orbiter Takes First**

understanding of how energy propagates through strongly nonlinear systems, where nearly every detail of the system matters and that make up many of the systems of interest to scientists.

"A central theme behind the physics of any system is how its particles share and transmit energy," explained Sen. "This work goes to the heart of nonlinear systems because it provides insights into how such systems propagate energy."

The current research also may overturn completely the generally accepted idea that equilibrium states – or at least a similar type of state – cannot easily occur in nonlinear systems.

"Solitary waves are, by definition, energy bundles, which do not fall apart," Sen explained. "They are not supposed to be easily breakable because they are energy bundles, so they generally travel intact and don't transform."

But in papers Sen published previously, (in 2001 in *Physical Review E* 63, pp. 016614-1-6 and in 2002, in *Physical Review E* 66, pp. 016616- 11), his computer simulations predicted that in fact, solitary waves could break, forming many secondary or "baby" solitary waves .

Unfortunately, the magnitude of the baby solitary waves that Sen predicted was much less than one percent of the energy carried by the entire solitary wave, far below detectable experimental limits.

"When we published our papers, I also didn't believe these



**Intrinsic and Extrinsic Motivation**

last post by Tachyon8491

**All today's posts**

**News archive**

[News archive](#)

[Search](#)

**Important**

**Help us make our site better!**

**Take PhysOrg.com Survey**

The survey takes less than two minutes, there's nothing to identify you personally, and you won't receive any email or other sales pitches by participating.



The New Quantum Universe

Tony Hey

Best Price \$19.98 or Buy New \$24.41



The Biology Of Belief

Bruce H. Lipton

Best Price \$16.35 or Buy New \$16.50



phenomena would be detectable," admitted Sen.

His predictions were based on a collision of two solitary waves.

"My assumption was that when two solitary waves in a granular system collide head-on, the physics is similar to bouncing a solitary wave off an infinitely hard wall," he said.

But the experiment conducted at Universidad de Santiago by Sen's co-authors in fact produced "baby" solitary waves that were as large as 15 or 20 per cent of the energy propagated through the entire system.

What allowed the team to produce such large secondary waves, and therefore verify the predictions, was the decision by Francisco Melo, Ph.D., professor of physics at the Universidad de Santiago, to collide solitary waves traveling through a chain of 20 identical stainless beads against a wall made of a soft material.

Melo, his post-doctoral researcher, Stephane Job (now an assistant professor at Institut Supérieur de Mécanique de Paris), and UB undergraduate physics major Adam Sokolow, also a co-author, embedded non-intrusive force sensors into one bead and the reflecting wall.

The beads were bounced against the wall and the sensor then recorded the amount of force with which the last bead hit the soft wall.

"To observe large baby solitary waves, the idea is that by introducing a large mismatch of mechanical properties at the wall, the reflected solitary wave needs to adapt more dramatically, thus producing such large baby solitary waves," explained Melo.

This set-up resulted in successfully amplifying the effect Sen had predicted so greatly that it was experimentally verifiable.

"This work proves that these solitary waves, or energy bundles can be made to 'leak,' in a sense, producing these secondary or baby waves," said Sen.

Even more interestingly, he said, the work indicates that it may be possible to control that leakage, potentially leading to a new understanding of how a physical state akin to equilibrium may exist in nonlinear systems.

"For physicists and mathematicians, systems in equilibrium are like the ocean, they are in a tranquil, settled state," explained Sen. "But when you talk about solitary waves propagating in a system, you're as far away from a system in equilibrium as you can be because these systems carry significant amounts of energy as propagating energy bundles, sort of like a propagating shock front.

"Our work shows that a system can propagate a huge pulse of energy as in a shock wave, but if placed between two walls, the original energy you gave to the system can get broken down," he said. "Since that energy can end up being shared by all grains or spheres in the system, there is some semblance of equilibrium here."

The experiment also resulted in an unexpected finding about a materials constant called the Young's modulus - which describes the ability to stretch or squeeze a material- that is usually more the concern of mechanical and materials engineers than physicists, Sen said.

"Bouncing a solitary wave against a surface provides an accurate and non-invasive way to measure the Young's modulus of a surface," he explained.

UB undergraduate Adam Sokolow, who was awarded a UB Undergraduate Research and Scholarly Award of Distinction for this work, spent the summer of 2004 at the Universidad de Santiago, acting as a bridge between the simulations performed by his UB mentor, Surajit Sen, and the complex experimental work, which was carefully controlled by post-doctoral researcher Job.

Sokolow's stay was funded by the Consortium of the Americas for Interdisciplinary Science of the University of New Mexico, designed to facilitate collaborations between scientists in New Mexico and throughout the United States with those in Latin America.

**Photos of Other Orbiters**

- **Smarter machines for space missions**
- **New discovery sheds new light on gamma-ray bursts**

- **Los Angeles 'big squeeze' continues, straining earthquake faults**

- **Ultra-High Energy Cosmic Particles Produce Unusual Radio Flash**

- **Research on Sumatran Earthquakes Uncovers New Mysteries about Workings of Earth**

**Technology**

- **IBM and Toppan to Jointly Develop Advanced Photomasks for 45nm**

- **New Cornell institute will apply artificial intelligence to decision making and data searches**

- **Automatic tire pressure maintenance system**

- **New method improves timing in oscilloscopes**

- **Panasonic Develops Coin-size Low-Power Bidirectional Wireless Module**

**Striking research and developments**

- **Scientists Find Unusual Use of Metals in the Ocean**

- **Flexible tactile sensors could help robots work better**

- **International alliance to unlock secrets of Egyptian mummies**

- **Vision chip for new generation of 'human' robots**

**News archive**



Understanding The Universe

Understanding the ...

Best Price \$8.01  
or Buy New \$11.98

Buy from amazon.com

The research was funded partly by the National Science Foundation and by CONICYT, Chile's National Commission for Technological and Scientific Research.

Source: University at Buffalo

[\[Comments\]](#)

## Related stories:

- [New superlens opens door to nanoscale optical imaging and high-density optoelectronic devices](#), April 21, 2005
- [Scientists control super fast frequencies by using high temperature superconductors](#), April 18, 2005
- [Post-tsunami Thailand yields lessons for coastal construction](#), February 25, 2005
- [A mysterious change in the wave properties of electrons](#), September 30, 2004
- [Japanese Mobile Phone Operators Find No Scientific Evidence that Radio Waves Affect Human Cells](#), April 27, 2005

### Sponsored Result

Electronic Gadget Products - Lowest Prices At DealTime!

Save time & money every time you shop online! DealTime is a free comparison-shopping service that helps you find the Web's best prices on links to everything from Computers & Electronics to Jewelry, Toys & more.

### Sponsored Listings

- |                           |                         |                      |
|---------------------------|-------------------------|----------------------|
| •Environmental Science    | •ISO 9000 Certification | •Cisco Certification |
| •Science Magazine         | •Science Education      | •Linux Certification |
| •Cisco CCNA Certification | •PHP Computer Training  | •IT Certification    |

### Search The Web

## PhysOrgForum discussions:

This is a place for us to exchange thought and is public so we can communicate. Your post will be added to PhysOrgForum.

You need to be registered at PhysOrgForum to add your comments.

If you do not have a username / password please register here !

We require registration to prevent spam at PhysOrgForum. Registration is very simple and will not take much time!

Username:

Password:

Topic Title:



**Physics Lab Supplies-Kits**  
Historic to High-Tech Physics Items Big Choice, Great JB Quality  
Priced  
www.420a.com

**You Like Quantum Physics?**  
Have The Extreme Wealth and Success You Desire In Six Easy Steps!  
3Click@Realize.com



## Undetectable Waves Detected

By **Biorn Carey**  
LiveScience Staff Writer  
posted: 14 June, 2005  
9:42 am ET

Scientists have detected the undetectable.

Baby energy waves, once thought too small to detect, have been spotted by researchers.

The children of solitary waves, baby waves technically shouldn't exist. The energy in a solitary wave moves in one compact spurt, like the shockwave that powers Newton's Pendulum, a popular desktop ornament. By definition, the energy in these waves is supposed to travel intact and not be broken easily.

While baby energy waves have existed in theory since 2001, many scientists thought they'd never be spotted. Even the researcher who predicted their existence in the first place had his doubts.

Surajit Sen, of the University of Buffalo, predicted that when a solitary wave hits a hard wall, it might break off a smaller, secondary wave of lesser energy. However, his computer simulations indicated that these baby waves would be too small to see.

"I didn't think they could be seen because they're very small," Sen said. When he first theorized the existence of baby waves in 2001, he predicted they would contain far less than 0.1 percent of the parent wave's original energy.

"Still, I hoped against hope that one might see them some day," Sen told *LiveScience*.

Now, thanks to what Sen calls a "very ingenious experiment" by Francisco Melo of the University of Santiago in Chile, Sen's wish has been answered. Baby waves, the offspring of solitary energy waves, have been detected.

Melo handles the experimental end of Sen's theories. He figured out that by making the the impact wall softer, the secondary waves would be bigger. He was right. The softer wall broke the initial solitary wave into larger baby waves - as large as 15 to 20 percent of the original energy.

The initial wave can be generated very easily. Melo and his assistant, Stephane Job, set up what was basically a super-sized version of Newton's Pendulum, only without the strings. They lined up 20 steel balls against a wall of soft material. At the end of the line furthest from the wall, they rolled one ball into the first in line, which created a shockwave that ran through the entire set and bounced back off the wall.

One of the balls - as well as the wall - had a sensor built into it. The sensor recorded the energy of the initial wave. But on the return trip, two waves passed the sensor. One was the initial wave bouncing off the wall - now with slightly less energy - and the other was the baby wave, which had "broken" off the initial wave when it impacted the wall.





"The detection is a step towards something fancy," Sen said. "When you put a shockwave through a system, you don't necessarily think that the system will reach an equilibrium-like state."

In a closed system, with a wall at each end of the line of balls, baby waves would form continuously. Even baby waves would make their own babies, although they would be very small. Eventually, the system would reach an equilibrium-like state with the energy from the initial wave spread nearly evenly throughout the system.

"This is due to the baby waves. Because you have waves of all different sizes in the system, you'll have a system near equilibrium," Sen said. "As far as I know, this is the first time that anyone has conjectured the existence of this state."

These findings were published recently in the online version of the journal *Physical Review Letters*.

**Related Stories**

- The New Mystery of Water
- The World's Smallest Motor
- Palmtop Nuclear Fusion Device Invented
- Bubbles Get Hotter than the Sun

**MAKES 1**



Melo's experimental set up - several steel spheres are placed horizontally on a track. A small sphere is allowed to roll down and hit the alignment on the left. The resultant force transmitted can be recorded (as shown in the schematic at the bottom) using sensors embedded in the spheres and at the wall. Credit: Francisco Melo and Surajit Sen.

[> Click to View](#)



Experimental data is seen in the upper panel and simulational data is seen in the lower panel. The solid lines show the force felt by a sensor placed in a sphere as a force pulse passes through it traveling left to right and then, later, as it returns but with an accompanying baby wave. The size of the baby wave depends on the softness of the wall. The existence of these baby waves have not been observed before and can have important implications on how energy is shared in nonlinear systems. Credit: Francisco Melo and Surajit Sen.

[> Click to View](#)

**Sponsored Links**

- **GE**  
GE is committed to solving the world's toughest problems.
- **Looking for intelligent life?**



**101 Amazing Earth Facts**



**World Trivia**



**NEW! Amazing Images: Upload Your Cool Pictures Now!**



**Space Ring Could Shade Earth and Stop Global Warming**



**Observing Earth: Amazing Views From Above**



**New Robot Looks Strikingly Human**



**Mystery of World's Fastest-growing Lakes Solved**



**Birds of Prey: Spot Today's Dinosaurs**



# P

rensa, Spectroscopy NOW, www.spectroscopynow.com, 2005.



ATOMIC IR MRI MS NMR RAMAN UV X-RAY CHEMOMETRICS PROTEOMICS

spectroscopyNOW - Online Resource Serving the Spectroscopy Community



WELCOME The New Online Resource Serving the Spectroscopy Community

brought to you by WILEY

search [ ] go

News & Features  
Discussion Forums  
Education  
Training  
Jobs  
Links

Library & Bookshop  
• Books

• What's New  
• Forthcoming Titles  
• Available Titles

• Current Literature

- e-zine  
- Journals  
- Current Awareness  
- Spectroscopy  
Europe  
- Wiley InterScience  
- SpecInfo

Conference Centre

Classifieds

About This Site

Membership Centre

Contact Us

Newsletter Sign-up

Opinion Polls

Username

Password

login | Register  
Only required for  
enhanced features

## LIBRARY & BOOKSHOP

### CURRENT LITERATURE | E-ZINE

Current Issue | Previous Issues

*spectral lines* Finding the signal in a world of noise

#### Baby, look at you now!

In 2001, US physicists predicted that solitary waves, bundles of energy that travel without dispersing, could break into smaller, "baby", or secondary, solitary waves. At the time, experts suggested that the research was "great work" but could never be confirmed experimentally. Now, the team has proved the "critics" wrong.

"A central theme behind the physics of any system is how its particles share and transmit energy," explains Surajit Sen of the State University of New York at Buffalo, "This work goes to the heart of nonlinear systems because it provides insights into how such systems propagate energy." Solitary waves are, by definition, energy bundles, that propagate intact and do not transform. However, Sen, Adam Sokolow and his colleagues used computer simulations to show that solitary waves could, under certain conditions, break apart, forming secondary or "baby" solitary waves. The size of the predicted baby waves was much less than one percent of the energy carried by the entire solitary wave; which was way below experimental detection limits of the time. "When we published our papers, I too believed these phenomena would be undetectable," admits Sen.

Nevertheless, experimental techniques have advanced apace since the publication of his original computer simulations. Now, colleague Francisco Melo of the University of Santiago, Chile, Sen and their co-workers have produced baby waves that were as large as 15-20% of the energy propagated through the entire system. "My assumption was that when two solitary waves in a granular system collide head-on, the physics would be similar to bouncing a solitary wave off an infinitely hard wall," Sen explained. The breakthrough came when Melo realised that colliding solitary waves travelling through a chain of twenty identical stainless beads against walls made of soft materials might amplify the effect.

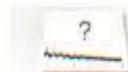


Surajit Sen (left) and Francisco Melo.

Melo and colleague Stéphane Job (now at the Superior Institute of Mechanics in Paris) embedded non-intrusive

#### Related Links

- Soliton - definition from Wikipedia
- Surajit Sen's homepage
- Francisco Melo's homepage
- Stéphane Job's homepage
- Phys Rev Lett 2005, 94, 178002



ANDOR

click here

OXFORD  
INSTRUMENTS

Spectral Interpretation

Complete Range XRF Systems  
E-Beam Excitation  
MCA  
X-Ray Sources

Sign Up for a  
FREE E-ZINE

Time-of-Flight

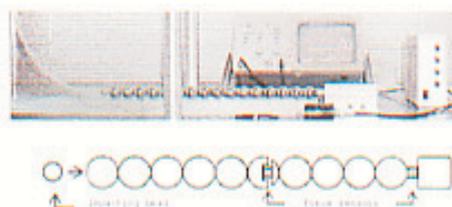
Thermo  
ELECTRON CORPORATION

Rapid  
Communications  
in Mass  
Spectrometry

E-mail a colleague



force sensors into one bead and the reflecting wall. The beads were bounced against the wall and the sensor recorded the amount of force with which the last bead hit the soft wall. "The idea is that by introducing a large mismatch of mechanical properties at the wall, the reflected solitary wave needs to adapt more dramatically, thus producing such large baby solitary waves," explained Melo. This set-up resulted in sufficiently amplifying the effect Sen had predicted to provide the first experimental evidence of the original predictions. "This work proves that these solitary waves can be made to 'leak,' in a sense, producing these secondary or baby waves," says Sen.



**The forces between colliding steel balls reveal baby waves.**

The new results may have significant implications in the understanding of how energy propagates through strongly nonlinear systems, where almost every detail of the system is relevant, and that comprise many disparate physical systems from weather systems to earthquakes. The findings could completely overturn the generally accepted idea that equilibrium states - or at least a similar type of state - cannot easily occur in nonlinear systems.

An unexpected spin-off of the research undertaken by colleague Francisco Melo, a leading experimental physicist from the University of Santiago, in Chile, is that the team was able to determine accurately and non-invasively the Young's modulus of a material, i.e. its resistance to deformation, simply by bouncing a solitary wave against the surface of the material. Sen told us that, "Typically, measuring Y for small samples is a challenge." Obtaining the Young's modulus of a material at some point is critical in designing and testing almost all engineering structures. A quick and easy approach could be used more effectively and correlated more readily with spectroscopic and analytical data on engineering materials.

Sen told *Spectral Lines* that he is "Very excited!" about the results. He points out that the earlier "critics" said that the baby waves, if they existed, would be too small to detect experimentally. "Basically, their fear was that the signatures in sensors would be 'below' ambient noise levels," he said. "Our prediction was such that the size was to be exceedingly small anyway...Francisco Melo is a true genius as he was quick to figure out how to magnify these babies and he was right!"



Ayer se inició encuentro científico escolar

# Escolares medirán sus conocimientos

“**C**onversando sobre Nanociencias” se denominó la charla magistral desarrollada por el físico Francisco Melo, quien duplicó sobre las ramas de la Física que estudia los elementos más pequeños de los átomos.

La exposición se realizó durante la ceremonia de inauguración del Sexto Congreso Científico Escolar organizado por el Programa Ex-Plora, dependencia del Ministerio de Educación.

Previo a la participación del académico, la directora nacional del programa Haydée Domínguez agradeció a la Universidad Austral y a los restantes patrocinadores la materia que con-

tará con la participación de 18 trabajos seleccionados en forma directa, además de 12 estudios que obtuvieron los primeros lugares en las ferias regionales. A estos se agregan ocho proyectos de emprendimiento tecnológicos.

De igual forma, el académico Julio Mariángel de la Uach destacó el desarrollo de esta iniciativa, que es apoyada por la corporación.

Tras las intervenciones se presentó un video sobre la vida y trabajos científicos de Albert Einstein. En honor al centenario de las publicaciones de sus principales teorías que permitieron la investigación en ámbitos como la mecánica cuántica y a la relatividad.

## ACERCAMIENTO

Previo a la realización de la clase inaugural, el físico Francisco Melo expresó que “durante las charlas que hayo tratado de generar mecanismos simples, para que todo el mundo pueda entender sobre ciencia”.

Explicó que para que la física sea entendible para las per-



Francisco Melo manifestó que los escolares no deben acostumbrarse a no entender la ciencia.

Los proyectos escolares son expuestos en la carpeta Exploras, se deben buscar las analogías óptimas para ilustrar las aplicaciones de esta disciplina y la ciencia en general.

“Para mí, las exposiciones a los escolares son difíciles, porque se debe saber aún más, porque ellos preguntan cosas inesperadas y están frescos en ideas e inquietudes”, sostuvo.

— Jorge Robles E.  
— jrobles@australchile.cl



Inicio  
Inicio de la Exposición  
Exposiciones  
Noticias  
Contacto

Inicio  
Inicio de la Exposición  
Exposiciones  
Noticias  
Contacto

13/04/2006

## No te pierdas la oportunidad de ver granos y avalanchas en Santiago

Muestra interactiva Material Granular, del grano a la avalancha, podrá ser visitada este fin de semana en horario continuado.



El Programa EXPLORA CONICYT invita a todo el público de la Región Metropolitana a visitar este fin de semana la exposición **Material Granular, del grano a la avalancha**, montada en la Galería CONCRETA, en el subterráneo del Espacio XL del Centro Cultural Matucana 100.

**Expo Granular en Matucana 100** El horario de atención para este viernes 15 es a partir de las 14:30 y hasta las 20:30 horas y el sábado y domingo desde las 09:30 a 20:00 horas. En la semana los horarios son de 09:30 a 19:30, de lunes a miércoles y de 09:30 a 20:00 de jueves a domingo. La exhibición permanecerá abierta hasta el martes 2 de mayo.

La entrada a esta muestra, inserta en el marco del Programa de Itinerancias el Camino de las Ciencias, Artes y Tecnologías, CCAT, impulsado por EXPLORA y el Museo Interactivo Mirador, es liberada y se ofrecen visitas guiadas para grupos de estudiantes de enseñanza básica o media. Para esto el profesor (a) solicitará la reserva para un máximo de 50 alumnos por grupo.

La exposición es recomendada para alumnos desde 7° básico. También puede asistir cualquier grupo de personas, jóvenes o adultas. Un cuerpo de guías, estudiantes de física, especialmente capacitados en estas materias, son los encargados de acercar a los visitantes a estos nuevos conocimientos en forma amigable y atractiva.

### La Exposición

Los Materiales Granulares son todos aquellos compuestos exclusivamente por granos o partículas independientes, minerales o vegetales, grandes o pequeños, livianos o pesados, algunos ejemplos son: arena, arroz, sal, granos de café, azúcar, talco. Ellos tienen características únicas, pueden actuar como un sólido, un líquido o un gas, tienen propiedades como la dilatancia (capacidad de expandirse como un todo), la segregación (o separación de las partículas por tamaño), la formación de dunas o la posibilidad de sufrir avalanchas.

**P**rensa, Explora Noticias, [www.explora.cl](http://www.explora.cl), 2006.



Estos y otros fenómenos están representados físicamente en los módulos de la exposición, que pueden ser manipulados para explorar de forma directa la materia granular, montada en mesas con experimentos, tableros interactivos, paneles informativos ilustrados y discos giratorios.

**Inscripciones grupales:**

Teléfono: 02 - 3654573 - 3654576

Fax: 02 - 6551386

Mall: [explora@conicyt.cl](mailto:explora@conicyt.cl)

**Noticias Relacionadas**

- [EXPLORA dio inicio a las actividades 2006 en la Región Metropolitana](#)



## ¿Por qué los Materiales?

El Doctor en Física de la Universidad de Santiago de Chile, Francisco Melo, miembro del Comité Directivo del Programa EXPLORA, explica las razones para elegir a los Nuevos Materiales como el tema central de las actividades del programa para el presente año.



## ¿Por qué se eligieron los Nuevos Materiales para trabajar este año?

*El año pasado fue fácil, teníamos el "Año Mundial de la Física". Hoy es una pregunta menos obvia. No siempre hay un gran por qué. El tema del año depende del mensaje que queramos transmitir. Hay que elegir un tema que tenga la capacidad de convocar a la mayor parte de los científicos, estudiantes y público general. Y en ese sentido nuevos materiales incluye todo, hay innumerables actividades bajo la etiqueta de "los materiales"; desde la biología hasta la física, desde lo orgánico hasta lo inorgánico. Así, este tema cuenta con la ventaja de reunir y puede despertar gran interés puesto que vivimos en una sociedad tecnológica donde gran parte de la innovación e investigación es en torno a los materiales; éstos son parte de nuestra vida diaria. Es importante además que la temática y su puesta en escena puedan producir "asombro", ya que esta "emoción" despierta en el público una necesidad natural por saber más. Este año, los nuevos materiales prometen dejarnos con la boca abierta.*

## Los materiales tienen muchas aristas, ¿es difícil definir de qué se va a hablar?

*Naturalmente, nos hemos preguntado cuáles son las grandes líneas y así surgen materias recurrentes como polímeros o plásticos, biomateriales, conductores y semiconductores, materiales magnéticos, nanomateriales y sus variados usos y desafíos. También tenemos otros materiales específicos que constituyen una riqueza natural de nuestro país como el cobre, la madera, el acero o el litio. Por cierto, nos interesa motivar actividades en torno a estos materiales y crear cierta conciencia en el público.*

*Para los estudiantes es muy importante conocer acerca de los materiales en general; no todo se puede hacer con elástico, cinta adhesiva y unos clips, sino que debe existir una búsqueda, una elección de materialidad, y en esa búsqueda está el truco.*

*Para cualquier ciudadano es útil saber por qué una botella se fabrica de vidrio o de plástico y no de otro material y si el material es "limpio" desde el punto de vista ecológico. También deseamos distinguir si un "implante" es realmente "biocompatible" o solamente tolerado por el organismo, o conocer cuales son las exigencias que imponen sobre los nuevos materiales el uso de la energía solar y nuclear o el almacenamiento del hidrogeno. Con variadas actividades, nos gustaría además que nuestros escolares y público no pierdan de vista que el desarrollo de una sociedad sustentable requiere del diseño de nuevos materiales y de decisiones informadas en cuanto a su uso.*

# Prensa, Explora Noticias, Nuevos Materiales el Juego de los Átomos, 2006.



## ¿Cómo ha recibido la comunidad científica esta invitación a trabajar?

*Muy bien, porque Explora proporciona un ambiente acogedor, abierto a un debate que va más allá del puramente científico. Quienes colaboran con Explora desarrollan motivación adicional y eso para todos es muy importante. Encontrar un lugar donde abundan las palabras de apoyo y lo que hacemos sea reconocido y valorado, llama la atención y reconforta. Acá podemos sentarnos a conversar de materiales y muchos otros temas y sentir que estamos en otro plano, no en el competitivo ni en la lucha por los proyectos. En Explora siempre se tiene claridad en que el objetivo final es la educación de nuestros escolares, nuestros hijos.*

[Portada](#) / [Acerca de los Nuevos Materiales](#) / [Glosario](#) / [Entrevistas](#) / [Actividades](#)

# Prensa, Explora Noticias, Nuevos Materiales el Juego de los Átomos, 2006.



## ¿De qué están hechas las cosas?

Este reportaje fue elaborado con el aporte y asesoría de Gonzalo Gutiérrez Gallardo, Departamento de Física, Facultad de Ciencias, Universidad de Chile y Francisco Melo Hurtado, Comité Directivo de Programa EXPLORA y Físico de la Universidad de Santiago de Chile.

Sartenes que no se pegan, envases biodegradables, medios de transportes más ligeros y resistentes, pantallas planas, tornillos biocompatibles para cirugía de huesos, motores más livianos, estos son, por nombrar algunos, objetos o artefactos que mejoran nuestro entorno y que aparecen en nuestra vida diaria casi sin darnos cuenta. ¿Cómo es posible llegar a tanta maravilla?



Gracias a la Ciencia de los Materiales, una rama del conocimiento relativamente nueva que incluye un trabajo multi e interdisciplinario, en el que se conjugan sinérgicamente la química, la física, las ciencias biológicas y las matemáticas, junto a otras disciplinas.

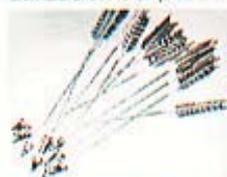
Los Nuevos Materiales son uno de los ejemplos más notables de la relación entre el desarrollo científico y tecnológico, con la creatividad e innovación. Y lo más importante, mediante esta actividad encontramos respuesta a una de las preguntas más importantes que se ha hecho la humanidad por los siglos de los siglos: ¿de qué están hechas las cosas?



### Un poco de historia

El ascenso del hombre ha estado ligado siempre al uso y desarrollo de los materiales. Por ejemplo, la historia de la humanidad está dividida en etapas, basándose en el tipo de material en que el ser humano adquirió su mayor destreza de manipulación. Es así como conocemos la edad de Piedra, del Cobre, del Bronce, del Hierro, probablemente la del Silicio y ahora, como dicen algunos expertos, estamos insertos en la Edad del Plástico y los Biomateriales.

El uso de materiales se inicia en el Paleolítico Superior, cuando el *homo sapiens* comenzó a descubrir la utilización del pedernal, la madera y algunas fibras vegetales.



Justamente es en este período cuando se comienzan a hacer las primeras mezclas y elaboración de nuevos materiales; el hombre desarrolla, con astas y marfiles, utensilios para la caza, como puntas de lanza, cabezas de arpones, lanzas y arcos de varias piezas.

Así, sin darse cuenta el hombre fue descubriendo propiedades y creando artilugios, muchas veces producto del azar o la intuición.

Naturalmente, en épocas remotas el interés principal del hombre era satisfacer sus necesidades materiales inmediatas -hacer una buena punta de flecha o un cuchillo firme y no estaba en condición de hacer "investigación científica", sino que comenzó directamente por la aplicación. Así, los primeros metalúrgicos que fundieron mineral de cobre hace unos 7000 años tal vez eran incapaces de distinguir entre un óxido o un sulfuro, pero sí sabían buscar y utilizar muy bien las vetas del mineral que les proporcionaban cobre metálico. Posteriormente vino un desarrollo más sistemático, se aprendió a distinguir distintos elementos y a combinarlos entre sí para producir materiales con mejores propiedades, de acuerdo a las necesidades. Esto permitió obtener reglas empíricas de mezclas y métodos de producción, muchos de los cuales son usados hasta el día de hoy. Estas reglas empíricas, a su vez, sirvieron como base para desarrollar las teorías científicas en el campo de la física y de la química que constituyen los pilares fundamentales de la actual ciencia de los materiales.

Uno de los relatos más notables en este contexto de crear cosas nada más que con la suerte de encontrarse con ellas, es la historia de Charles Goodyear, al descubrir el proceso de vulcanización del caucho, a finales

# Prensa, Explora Noticias, Nuevos Materiales el Juego de los Átomos, 2006.

del siglo XIX.

En la cocina de su casa, el inquieto investigador llevaba años intentando hacer el caucho más duro. Su esposa, hastiada con el trabajo incesante de su marido, le hizo prometer que dejaría su investigación. Pero Goodyear no descansó y un día mientras combinaba caucho y azufre, fue sorprendido por la llegada inesperada de su mujer, y se deshizo rápidamente de lo que tenía en sus manos, lanzándolo al fuego. Después de esa escena encontró lo que buscaba y su hallazgo fue fundamental para construir neumáticos, impermeables, fundas aislantes de cables y otros muchos objetos, hoy en día, indispensables en la sociedad.



Nuestro actual entorno tecnológico está plagado de objetos dotados de propiedades físicas y químicas impensables hace unas pocas décadas. Pero éstas no se han descubierto como el caucho, sino que a través de la comprensión de cómo se unen los átomos, las moléculas, los cristales e incluso la materia viva.

Gran parte de los nuevos materiales que se desarrollan en la actualidad son el resultado de investigaciones en Física, Química, Ingeniería y también Biología. Así llegamos a descubrir materiales superconductores, materiales con memoria de forma, polímeros materiales bioinspirados... y mucho más.

Una legítima aspiración de alguien que trabaje en el área de materiales es ser capaz de predecir en forma confiable el comportamiento de éstos en una amplia escala de tamaños y tiempos. Consideremos un ejemplo concreto: supongamos que tenemos un poste metálico que soporta una antena. De este poste nos gustaría conocer, o poder calcular, propiedades macroscópicas generales, tales como su resistencia mecánica, su flexibilidad, los cambios que sufre debido a la temperatura y el tiempo que puede resistir una determinada fuerza externa. Pero además, también interesa conocer propiedades tales como la resistencia a la corrosión o su actividad química, que dependen directamente de cuáles y cómo están dispuestos los átomos y moléculas que componen el poste; es decir, propiedades a escala atómica. Así, para conocer las propiedades de un material en su conjunto, necesitamos estudiarlo en sus distintas escalas de tamaño y tiempo, empleando en cada una de ellas las teorías e instrumentos que sean adecuadas.

## Todo pende de una tabla



Día a día el hombre ha ido desarrollando nuevos materiales, sobre todo, con el número de combinaciones químicas que se pueden realizar con el centenar de elementos de la tabla periódica, el punto de partida para los investigadores que trabajan en crear. Ocupan toda la materia del universo, los compuestos químicos, metales, aislantes, cerámicas, plásticos y materiales orgánicos e inorgánicos que han existido, y todos los que existirán en el futuro. La diferencia fundamental es que se tiene una necesidad y a partir de ella "se construye" el material.

Mediante la Mecánica Cuántica se pudo explicar los espectros atómicos, la tabla periódica de los elementos, el enlace químico, el color de los cristales y muchas otras propiedades de los materiales. Es una teoría bastante abstracta y poco intuitiva, llena de sorpresas e implicaciones filosóficas no triviales, pero entrega resultados tan sorprendentes como precisos. En términos prácticos ha sido extremadamente fecunda, siendo la responsable de la gran mayoría de los adelantos en electrónica, óptica, comunicaciones y computación que vemos hoy día. Así como la Mecánica Clásica establece las leyes del movimiento de los cuerpos macroscópicos, la Mecánica Cuántica es la teoría que predice el comportamiento de la materia a nivel atómico y molecular.

Muchos de los diseñadores de nuevos materiales ocupan sistemas de simulación en computadores para combinar átomos, calcular su estructura molecular y deducir sus propiedades físicas y químicas. A partir de ahí, elaboran los prototipos reales de aquellos modelos que tienen más posibilidades de poseer las propiedades buscadas, con el consiguiente ahorro de tiempo y costes.

Así, la curiosidad, los avances científicos, las nuevas tecnologías y las diversas necesidades de la humanidad han ido potenciando la búsqueda y desarrollo de nuevos materiales en todas las áreas.

Las técnicas de simulación computacional más usadas para modelar un sistema a nivel atómico son la Dinámica Molecular (DM) y el Método de Montecarlo (MC). Estos métodos pueden considerarse como algoritmos para mover los átomos de acuerdo a las condiciones físicas del problema, simulando de ese modo lo que ocurre en el material real bajo esas condiciones. En ambos métodos se colocan los átomos en una posición inicial determinada y se juega con las condiciones físicas externas deseadas, por ejemplo número de átomos, temperatura y presión.

Naturalmente, aquí todavía queda mucho camino por recorrer, puesto que los computadores más potentes diseñados hasta ahora no tienen la capacidad suficiente para incorporar plenamente todos los detalles necesarios que den cuenta de la complejidad de una gran cantidad de átomos constituyentes de un material real.

## Innovación en Materiales

# Prensa, Explora Noticias, Nuevos Materiales el Juego de los Átomos, 2006.

La innovación es un proceso en el que se utiliza el conocimiento para crear riqueza, y no simplemente un fenómeno de desarrollo de tecnología.

Por una parte este "conocimiento" debe ser entendido en su más amplia acepción, aún cuando en general las innovaciones suelen ser procesos que combinan, en forma creativa y única, ideas y tecnologías. La innovación entonces tiene múltiples manifestaciones que tienen que ver con la creatividad y la capacidad emprendedora.

Por otra parte, el "crear riqueza" no sólo significa riqueza económica, sino habría que entenderlo como mayor bienestar para las personas. En esta mirada las cosas pasan de tener un "precio" a tener "valor", el que puede ser económico, social, cultural, de desarrollo personal y tantos otros.

Por esto, se habla de que el mundo del desarrollo de nuevos materiales es un real ejemplo de Innovación.

Los conceptos físicos y los métodos de cálculo que permiten entender, y por tanto prever, lo que ocurre en un material en sus distintas escalas de tamaño bajo condiciones externas determinadas no están desarrollados todavía. Sin embargo, gracias a los avances en el plano experimental, en el plano teórico, y en el plano de la simulación computacional, hoy se comienza a ver como posible el sueño de diseñar y construir materiales hechos a la medida de necesidades específicas. Ciertamente, esto no es sólo privativo de ciencia de materiales, sino que está ocurriendo también en otras áreas, como biología, genética y química. En particular, una revolución similar se vive en la industria farmacéutica, donde por primera vez estamos a la puertas de poder diseñar y sintetizar remedios con fines específicos.

#### **Dato:**

- Es difícil dar una definición de lo que es un material, pero intuitivamente sabemos que entre ellos se encuentran, por ejemplo, el vidrio, la madera, y los textiles. Según la enciclopedia digital, Wikipedia, en ciencia o ingeniería, un material es una sustancia (elemento o, más comúnmente, compuesto químico) con alguna propiedad útil, sea mecánica, eléctrica, óptica, térmica o magnética. Según la Real Academia Española, Material viene del latín *materialis* Perteneciente o relativo a la materia, Elemento que entra como ingrediente en algunos compuestos.

Los textos que aparecen en fondo naranja fueron extraídos del artículo [Diseño de materiales a la medida: ¿sueño o realidad?](#), del físico Gonzalo Gutiérrez.

[Portada](#) / [Acerca de los Nuevos Materiales](#) / [Glosario](#) / [Entrevistas](#) / [Actividades](#)