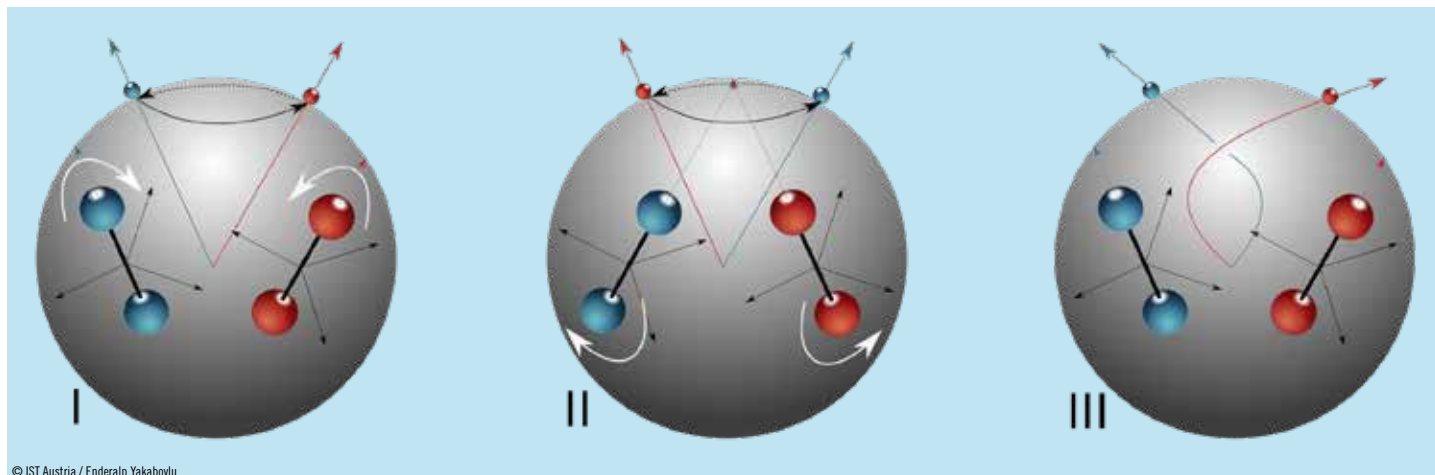


# Tanzende Moleküle und zweidimensionale Teilchen

Forscher des IST Austria fanden gemeinsam mit Uppsala einen Weg, Anyonen zu realisieren und damit dem Quantencomputer einen Schritt näher zu kommen.



© IST Austria / Enderalp Yakoboylu

Anyonen sind eine schwer fassbare Art von Quasiteilchen, die in Experimenten noch nicht eindeutig beobachtet werden konnten. Wissenschaftler des Institute of Science and Technology Austria (IST Austria) haben in Zusammenarbeit mit der Universität Uppsala einen neuen Weg gefunden, ein System rotierender Moleküle zu konstruieren, dessen Verhalten dem von Anyonen auf der Oberfläche einer Kugel entspricht. Dies könnte einen vielversprechenden Weg bieten, diese nicht greifbaren Quasiteilchen endlich zu beobachten und bei der Realisierung zukünftiger Quantencomputer helfen.

Im seltsamen Reich der Quantenmechanik finden Wissenschaftler fremdartige Beziehungen zwischen unserer dreidimensionalen Welt und einer imaginären zweidimensionalen Welt von Quasiteilchen, die Anyonen genannt werden. Unsere Alltagswelt besteht aus zwei Familien von Teilchen: Fermionen und Bosonen. Fermionen sind zum Beispiel Protonen, Neutronen und Elektronen in den Atomen, welche die Materie bilden. Die Teilchen des Lichts, sogenannte Photonen, sind dagegen Bosonen.

Jede dieser Teilchenfamilien folgt unterschiedlichen physikalischen Gesetzen, die ihre Wechselwirkungen untereinander regeln. Eine wichtige Regel beschreibt, was passiert, wenn zwei Teilchen der gleichen Art den Platz tauschen und wie sich das auf das gesamte System auswirkt. Für beide Familien gilt: Tauscht man zwei Teilchen zweimal aus, scheint keine ganzheitliche Veränderung auf. Zum Vergleich: Man stelle sich zwei Fußbälle vor. Wenn man ihre Plätze zweimal tauscht, kommt man wieder in den ursprünglichen Zustand zurück.

Wenn eine große Anzahl einzelner Teilchen — entweder Fermionen oder Bosonen — miteinander wechselwirken, sind die resultierenden Gleichungen viel zu kompliziert, um sie auf direkte Weise zu lösen. Stattdessen konstruierten Wissenschaftler einen Weg, um das kollektive Verhalten dieser Wechselwirkungen auf vereinfachte

Realisierung von Anyonen auf einer Kugel mit linearen Molekülen.

Weise zu beschreiben. Dabei fanden sie heraus, dass sich diese Ergebnisse wie eine neue Art von Teilchen verhalten, sogenannte Quasiteilchen. Ein Quasiteilchen ist kein Teilchen wie ein Elektron oder Photon, sondern ein Konzept zur Beschreibung eines auftretenden kollektiven Verhaltens eines komplexen Systems.

Anyonen sind solche Quasiteilchen, die in einer imaginären zweidimensionalen Welt leben. Das Spannende an Anyonen ist, dass, wenn man zwei davon zweimal austauscht, dies nicht zur ursprünglichen Konfiguration des Systems führt, sondern die Geschichte dieses Austauschs im System gespeichert ist. Wissenschaftler haben vorgeschlagen, diesen Effekt der Kodierung der Geschichte des Austauschs von Anyonen als einen sehr stabilen Informationsträger zu nutzen, um ihn in sogenannten topologischen Quantencomputern einzusetzen.

Quantencomputer versprechen großartige Rechenleistungen zur Lösung schwieriger Probleme, aber ihr Bau hat sich als sehr schwierig erwiesen, weil die notwendigen Quanteneffekte sehr leicht zerfallen. Die Verwendung von Anyonen und ihrer besonderen Eigenschaft, ihre Geschichte des Teilchenaustauschs zu kodieren, könnte dafür eine Lösung sein.

Das Team um Yakoboylu hat einen neuen theoretischen Weg entwickelt, um solche Anyonen zu konstruieren. Zwei lineare Moleküle mit je zwei Atomen werden in extrem kaltem Helium einem Magnetfeld ausgesetzt und beginnen dann, zu rotieren und sich gegenseitig zu beeinflussen – was den Bewegungen der Anyonen entspricht. Das macht es viel einfacher, dies in einem Experiment zu realisieren und könnte ein erster Schritt zum Einsatz in topologischen Quantencomputern sein.

Informationen unter [www.ist.ac.at](http://www.ist.ac.at).

# Dancing Molecules and Two-dimensional Particles

Researchers find a new way of realizing anyons using rotating molecules. Anyons are an elusive kind of quasiparticles, not yet unambiguously observed in experiments. Scientists at the Institute of Science and Technology Austria (IST Austria) in cooperation with Uppsala University now have found a new way of constructing a system of rotating molecules whose behavior corresponds to anyons living on the surface of a sphere. This could offer a promising way of finally observing these intangible quasiparticles and may help in the realization of future quantum computers.

In the counterintuitive realm of quantum mechanics, scientists find strange relations between our three-dimensional world and an imagined two-dimensional world of quasiparticles, which are called anyons. Led by physicist Enderalp Yakaboylu, researchers from the Lemesko group and Seiringer group (Morris Brooks) at the IST Austria in collaboration with Douglas Lundholm from Uppsala University have now found a new way of experimentally realizing these so far intangible anyons, possibly aiding efforts to constructing a new kind of quantum computer.

## Particle Families

Our everyday world is composed of two families of particles: fermions and bosons. Fermions are for example protons, neutrons, and electrons in the atoms that form matter. Particles of light, so-called photons, on the other hand are bosons. Each of these families of particles follows different physical laws that govern their interactions with each other. One important rule determines what happens when two particles of the same kind exchange places in a given system and how this affects the whole system. For both families it holds that if you exchange two particles twice there is no overall change. For comparison, imagine having two footballs. Switching their places twice brings you back to the original state. When a great number of individual particles, either fermions or bosons, interact with each other, the governing equations are much too complicated to solve straightforwardly. Instead, scientist constructed a way to describe the collective effect of these interactions in a simplified manner and found that these results behave like a new kind of particle, a so-called quasiparticle. A quasiparticle is not a particle like an electron or photon, but a concept to describe an emerging collective behavior of a complex system.

## Living in Two Dimensions

Anyons are such quasiparticles living in an imagined two-dimensional world. The exciting thing about anyons is that exchanging the position of two of them twice does not lead to the original configuration of the

system, but encodes the history of that exchange. However, finding the right system to construct and observe anyons is very hard and has not been achieved so far in a definitive manner.

For some time now, scientists have proposed to use this effect of encoding the history of exchanging anyons as a very stable carrier of information to use in so-called topological quantum computers. Quantum computers promise marvelous computational power for solving hard problems, but building them has proved to be very difficult because the necessary quantum effects deteriorate very easily. Using anyons and their special feature of encoding their history of exchanging particles may be a solution.



Mikhael Lemesko (© IST Austria)



Enderalp Yakaboylu (© onurgorunmez@gmail.com)

## Dancing Molecules

The team around Enderalp Yakaboylu has now devised a new theoretical way of constructing such anyons from an already well-researched physical system. It consists of two linear molecules of two atoms each—one could imagine a straight rod with one atom at each end—that are suspended in a tiny droplet of extremely cold helium at almost absolute zero temperature. When exposing these molecules to a magnetic field they start to rotate and affect each other.

What the scientists found is that the rotation and interactions of these molecules correspond to anyons—the quasiparticles—moving on the surface of an imagined sphere. The exchange of positions of anyons on the sphere then corresponds not to the physical exchange of the two molecules, which would be hard to do in an experiment, but to the interaction of their rotations. The constraints given by laws governing the anyons then establish rules for how the molecules can align with respect to each other during their rotation. This new system of realizing anyons may be a first step towards use in topological quantum computers that promise great advances in computational power. Whether this dance of molecules can be realized and whether it will show us the so far elusive anyons will have to be determined by future experiments.

## Headlines

### New Medical Director at Klosterneuburg Landesklinikum Hospital

As of January 2021, Dr Herbert Huscsava is Klosterneuburg Hospital's new medical director. p. 5

### Road Works in Progress on Heiligenstadt Bridge

At the end of November, the City of Vienna began preliminary repair work on the Heiligenstadt bridge. Two lanes have been closed since 19 January. p. 7

### City Budget Proposal for 2021 Approved

The Municipal Council approved the budget for 2021 on Friday, 11 December 2020. The proposal includes around € 77.5 million in expenditures for the next financial year. The majority approved the proposal; only the party 'List Hofbauer' withheld its vote. The City of Klosterneuburg has once again managed to reduce its overall debt, despite dealing with the Corona crisis. p. 10