UNIWERSYTET WARSZAWSKI
WYDZIAŁ FIZYKI
Warszawa, 3 listopada 2026
Asystent Dziekana d/s promocji Wydziału Fizyki UW: press.contact@fuw.edu.pl Pasteura 5, 02-093 Warszawa tel. +48 22 5532935 fax +48 22 5532999 email: dziekfiz@fuw.edu.pl www.fuw.edu.pl

Nowa forma materii kwantowej działa już w temperaturze pokojowej

Naukowcy z Uniwersytetu Warszawskiego, Wojskowej Akademii Technicznej, IBM Research w Zurychu oraz francuskiego CNRS zaobserwowali nową fazę materii kwantowej – tzw. fazę nadstałą (ang. supersolid) – w kondensacie Bosego-Einsteina zbudowanym z polarytonów ekscytonowych. Co szczególnie istotne, zjawisko występuje nie w temperaturach bliskich zera absolutnego, lecz w temperaturze pokojowej. Wyniki opublikowano w Science Advances.

Jak ciecz może być jednocześnie kryształem?

Na pierwszy rzut oka wydaje się to niemożliwe. Kryształ jest sztywny i uporządkowany, natomiast ciecz płynie. Jednak mechanika kwantowa pozwala na istnienie stanu, który łączy obie własności. Punktem wyjścia jest nadciekłość – niezwykły stan materii, w którym zanika lepkość. Nadciekła ciecz może przepływać przez najwęższe szczeliny bez żadnego oporu. Gdyby zanurzyć w niej wiosło, niemal nie czułoby się oporu – aż do przekroczenia pewnej prędkości krytycznej, kiedy pojawiają się wiry kwantowe.

Już w latach 60. XX wieku fizycy przewidzieli, że nadciekłość może współistnieć z okresową strukturą przypominającą kryształ. Powstaje wtedy nadstałość – materiał zachowujący zdolność bezoporowego przepływu, ale jednocześnie posiadający regularny, krystaliczny wzór gęstości. Przez ponad pół wieku pozostawało to jedynie teoretyczną hipotezą. Dopiero w 2017 roku udało się zaobserwować takie zjawisko w ultrazimnych gazach atomowych.

Zamiast atomów – światło

Zespół projektu TopoLight postanowił pójść zupełnie inną drogą. Badacze wykorzystali polarytony ekscytonowe – niezwykłe kwaziczą stki powstające ze sprzężenia światła z materią wewnątrz mikrownęki optycznej. Choć żyją one zaledwie kilka pikosekund, w tym czasie potrafią utworzyć kondensat Bosego-Einsteina i zachowywać się jak kwantowa ciecz.

Mikrownęka została wypełniona specjalnie przygotowanym ciekłym kryształem i pokryta organicznym półprzewodnikiem. Dzięki temu udało się uzyskać silne sprzężenie światła z materią już w temperaturze pokojowej.

– Nasze mikrownęki optyczne mogą pracować nawet w temperaturze około 60°C – mówi prof. Wiktor Piecek z Wojskowej Akademii Technicznej, odpowiedzialnej za przygotowanie struktur ciekłokrystalicznych.

Jak rozpoznać fazę nadstałą?

Przejście do fazy nadstałej objawia się pojawieniem regularnych prążków intensywności światła emitowanego z próbki. Oznacza to, że kondensat spontanicznie tworzy okresową strukturę – podobnie jak kryształ.

Jednak w tym doświadczeniu wydarzyło się coś jeszcze bardziej niezwykłego. Po każdym impulsie lasera pobudzającym próbkę prążki pojawiały się w innym miejscu. Układ za każdym razem sam wybierał swoją konfigurację.

– To klasyczny przykład spontanicznego złamania symetrii – wyjaśnia prof. Guillaume Malpuech z Institut Pascal CNRS. – Teoria przewidywała, że nadstała faza będzie mogła przyjmować różne równoważne konfiguracje. Dokładnie to zaobserwowaliśmy.
Jednocześnie w próbce występowała również trwała helisa spinowa – periodyczna zmiana polaryzacji światła. W efekcie naukowcy mogli obserwować jednocześnie dwa uporządkowane wzory: jeden opisujący polaryzację, drugi natężenie emitowanego światła.

Wyścig z czasem
Eksperyment okazał się znacznie trudniejszy, niż początkowo zakładano. Półprzewodnik organiczny stopniowo reagował z ciekłym kryształem, dlatego wszystkie pomiary należało wykonać w ciągu kilkunastu godzin od przygotowania próbki.
– Musieliśmy dokładnie zaplanować całą sekwencję doświadczeń – wspomina dr Marcin Muszyński, pierwszy autor publikacji, obecnie pracujący w City College of New York. – Powtórzenie pomiarów oznaczało konieczność wykonania zupełnie nowej próbki.
Najważniejsze eksperymenty przeprowadzono w laboratoriach IBM Research w Zurychu, gdzie na struktury fotoniczne wykonane na Wojskowej Akademii Technicznej nanoszono cienką warstwę organicznego półprzewodnika.
– Od wielu lat badamy materiał MeLPPP (podstawiony grupami metylowymi poli(parafenylen) o strukturie drabinkowej), w którym wcześniej obserwowaliśmy kondensaty Bosego-Einsteina. Tym razem po raz pierwszy połączyliśmy go z mikrownęką ciekłokrystaliczną – mówi Thilo Stöferle z IBM Research.

Dlaczego to ważne?
Dotychczas większość badań nad egzotycznymi fazami materii kwantowej wymagała kosztownych instalacji kriogenicznych i temperatur bliskich zera absolutnego. Nowe wyniki pokazują, że podobne zjawiska można badać w układach fotonicznych pracujących w temperaturze pokojowej. To otwiera drogę do nowych technologii wykorzystujących kwantowe własności światła – od ultraszybkich elementów optycznych i neuromorficznych akceleratorów obliczeń po niezwykle czułe czujniki wykorzystujące nadzwyczajną wrażliwość fazy nadstałej na polaryzację światła.
Co być może jeszcze ważniejsze, mikrownęki ciekłokrystaliczne stanowią pierwszą elektrycznie dostrajaną platformę do badania superstałych kondensatów ekscytonowo-polarytonowych. W przeciwieństwie do poprzednich systemów, ich właściwości optyczne można dynamicznie kontrolować za pomocą zewnętrznego napięcia, co oferuje niespotykaną dotąd elastyczność w badaniu kwantowych faz światła i materii oraz toruje drogę do praktycznych kwantowych urządzeń fotonicznych.

Wydział Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego
Fizyka i astronomia na Uniwersytecie Warszawskim pojawiły się w 1816 roku w ramach ówczesnego Wydziału Filozofii. Obecnie w skład Wydziału Fizyki UW wchodzą Instytuty: Fizyki Doświadczalnej, Fizyki Teoretycznej, Geofizyki oraz Katedra Metod Matematycznych Fizyki. Badania pokrywają niemal wszystkie dziedziny współczesnej fizyki, w skalach od kwantowej do kosmologicznej. Kadra naukowo-dydaktyczna Wydziału składa się z ponad 250 nauczycieli akademickich. Na Wydziale Fizyki UW studiuje ponad 1350 studentów i ok. 150 doktorantów. Uniwersytet Warszawski w rankingu szanghajskim dla poszczególnych dziedzin (Shanghai's Global Ranking of Academic Subjects) znajduje się wśród 150 najlepszych na świecie jednostek, kształcących w dziedzinie fizyki.

PUBLIKACJA NAUKOWA:

Marcin Muszyński, Pavel Kokhanchik, Rafał Mirek, Darius Urbonas, Pietro Tassan, Piotr Kapuściński, Przemysław Oliwa, Ioannis Georgakilas, Thilo Stöferle, Rainer F. Mahrt, Michael Forster, Ullrich Scherf, Dmitriy Dovzhenko, Rafał Mazur, Przemysław Morawiak, Wiktor Piecek, Przemysław Kula, Barbara Piętka,

Dmitry Solnyshkov, Guillaume Malpuech, Jacek Szczytko, *Observation of a supersolid phase in a spin-orbit coupled exciton-polariton Bose-Einstein condensate,* Science Advances **12**, eaee4875 (2026)
https://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.aee4875

KONTAKT:

dr hab. Jacek Szczytko, prof. UW
Wydział Fizyki, Uniwersytet Warszawski
tel. +48 22 55 32 543
jacek.szczytko@fuw.edu.pl

POWIĄZANE STRONY WWW:

https://www.fuw.edu.pl
Strona Wydziału Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego

https://www.fuw.edu.pl/informacje-prasowe.html
Serwis prasowy Wydziału Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego

MATERIAŁY GRAFICZNE:

FUW261103b_fot01.png
https://www.fuw.edu.pl/tl_files/press/images/2026/ FUW261103b_fot01.png
Faza nadstała (supersolid) to niezwykły stan materii, który łączy nadciekłość ze spontanicznym tworzeniem się okresowej, przypominającej kryształ struktury. (Wizualizacja: Marcin Muszyński, Wydział Fizyki UW)