

# CURIERUL de Fizică nr 82

Publicația IFIN-HH și a Societății Române de Fizică • Anul XXVII • Nr. 1 (82) • Ianuarie 2017

Curierul de Fizică își propune să se adreseze întregii comunități științifice/universitare din țară și diaspora !

## Editorial. Curierul de Fizică se „reinventează”

Curierul de Fizică a fost lansat drept o publicație a Societății Române de Fizică (SRF) și a Institutului de Fizică Atomică (IFA). Primul număr a apărut la 15 iunie 1990 (CdF nr. 1 / 1990). Fiind la început de drum, inițiatorii revistei și-au exprimat dezideratele prin scurta prezentare a regretatului Profesor Mircea Oncescu și dr. Alexandru Calboreanu: să facă cunoscute realizările în domeniul cercetărilor de fizică fundamentală, aplicată, ale dezvoltărilor și aplicațiilor cercetărilor de fizică în tehnologia materialelor, inginerie, proiectare și construcția de aparatură și instalații, urmând “linia clasică” a colectivelor IFA. De asemenea, își propunea să asigure o legătură organică între institutele de pe Platforma Măgurele și centrele din țară, și alte unități și sectoare de profil (unități de învățământ, producție, proiectare etc.). CdF își dorea în același timp să reprezinte “un forum al ideilor, al interferențelor fizicii cu alte științe, cu artele și cultura”. De la început s-a adresat tuturor specialiștilor din fizică și domenii conexe care doresc să își exprime ideile, să comunice realizările lor sau să formuleze propuneri și inițiative. [...]”Scopul final al *Curierului de Fizică* este acela de a stimula un climat creativ de colaborare și profesionalism în viața științifică, ca premiză a unui progres real în știința din România.” (M. Oncescu, A. Calboreanu, CdF, Nr. 1 / 1990).

Membrii fondatori au fost: Mircea Oncescu, Alexandru Calboreanu, Suzana Holan și Fazakas Antal Bela. Între 1990 și 1992 revista a fost tipărită prin îngrijirea SRF și a nou re-înființatei IFA. După 1992 și până în 1994 a continuat sub SRF și Fundația “Horia Hulubei” (FHH), înființată în 1992, cu statut juridic din 1994, urmând ca din 1994 și până în prezent să rămână sub patronajul SRF și FHH, ca publicație a Editurii non-profit a FHH. Tipărirea celor 1 – 4 numere anuale ale revistei în cei 27 de ani de existență s-a făcut în mai multe feluri și în mai multe locuri, după posibilități și

fonduri. În ultimii cinci ani, IFIN-HH a asigurat practic unilateral ieșirea de sub tipar la imprimeria institutului, FHH / CdF punând la dispoziție fondurile necesare, iar IFIN-HH, oamenii care au făcut redactarea, editarea, tipărirea și multiplicarea fiecărui număr. Macheta grafică și tehnoredactarea, de-a lungul timpului, au fost realizate de Profesorul Mircea Oncescu, Marius Bârsan, Elena Antoaneta Crăciun, Lucrețiu Popescu, Șerban Constantinescu, iar din 1999 s-a alăturat și Adrian Socolov. Practic, din 2000 și până în prezent, Adrian Socolov a reușit să păstreze la standarde din ce în ce mai bune acest capitol foarte important din istoria revistei. Din Redacție au mai făcut parte: Alexandru Calboreanu, Suzana Holan, Fazakas Antal Bela, Viviane Prager, Aurelia Barna, Gabriela Ochiană, Marius Bârsan, Dan Radu Grigore, Sanda Enescu, Mircea Morariu, Corina Anca Simion. Dan Radu Grigore, membru în comitetul de redacție, a prezentat o activitate continuă de 20 de ani, începând cu 1997, iar Corina Anca Simion, semnatara acestui Editorial, din 2006.

IFIN-HH a susținut, prin munca titanică a colecti-  
*continuare în pag. 2* ➔

### Din CUPRINS

- |                  |  |
|------------------|--|
| 3 D. Mihalache   | Simetria la reflexia spațio-temporală: Cercetări teoretice și experimentale recente în fizica cuantică și optică |
| 6 N. Grama       | Metoda Suprafețelor Riemann pentru Tratarea Modurilor Naturale. Stări Rezonante Exotice.                         |
| 10 D. R. Grigore | Nevoia de modele   |
| 12 C. A. Simion  | Nevoia de modele. O replică  |
| 14 M. Morariu    | Physics Web  |

**Nota Redacției** O scriere semnată, menționată aici sau inserată în paginile publicației, poartă responsabilitatea autorului. Celelalte note – nesemnate – ca și editorialul, sunt scrise de către redacție și reprezintă punctul de vedere al acesteia.

vului de la Compartimentul Bibliotecă, Diseminare, Relații Publice (CBDRP), trecerea în format electronic a întregii arhive CdF & Suplimente. Un rol cu totul deosebit, deși nu există o menționare directă pe ultima pagină în “cartușul” revistei, îi revine Margaretei Oancea. Ea și-a asumat, în mod constant și cu profesionalismul ce o caracterizează din activitatea de redactare a revistelor *Romanian Journal of Physics* și *Romanian Reports in Physics*, susținerea prin participarea nemijlocită în activitatea de editare a numerelor în ultimii ani. Astfel, începând cu 2016, cu o accesare ușoară la adresa web <[curieruldefizica.nipne.ro](http://curieruldefizica.nipne.ro)>, colecția poate fi parcursă de oriunde există o conexiune la Internet, fără nici o restricție, parolă sau abonament. Inițial, revista era difuzată gratuit membrilor SRF, FHH sau în rețeaua de biblioteci / învățământ, iar prețul unui număr, pentru doritori, alții decât cei menționați, era menținut la modica sumă de “1 Leu”. Difuzarea se făcea prin voluntariat, rețeaua SRF sau prin poștă. Cu timpul, datorită scăderii numărului de solicitări, cititori, abonați, dar și al articolelor oferite spre publicare, CdF și-a restrâns gradat activitatea și reprezentativitatea în România. Un prim factor indirect care a condus la această stare de fapt a fost “explozia informațională în format digital” și revigorarea secțiunilor de bibliotecă din țară ce permit acum accesul la o cu totul altă sferă de informare în domeniile promovate zeci de ani de CdF. Să nu uităm starea extrem de precară privind accesul la publicații recente în domeniu până la mijlocul anilor 2000, atât pe Platforma Măgurele, dar mai ales în țară! CdF oferea prin intermediul autorilor, subiecte mai greu de parcurs altfel. În al doilea rând, aș putea înainta ideea restrângerii cititorilor din primele generații IFA și a modificării percepției în noile generații privind utilitatea implicării în viața unei astfel de reviste. Din aceste motive, echipa redacțională din partea Fundației “Horia Hulubei”, care a secondat tot timpul evoluția

### Informații utile cititorilor

Începând cu 2017 / 2018, *Curierul de Fizică* are o nouă formulă de prezentare și va apărea în continuare în limba română. Formatul revistei va fi susținut prin pagina de web [curieruldefizica.nipne.ro](http://curieruldefizica.nipne.ro), astfel că va permite accesul ușor și rapid al cititorului, de oriunde s-ar afla el, la conținutul ultimului număr și la arhivă.

Pagina revistei va asigura, prin siglele active ale IFIN-HH și SRF sub care își desfășoară în prezent activitatea, accesul direct și în ambele sensuri către paginile web ale Institutului Național de Cercetare-Dezvoltare pentru Fizică și Inginerie Nucleară “Horia Hulubei” și Societății Române de Fizică. La vizitarea paginii de gardă a CdF, cititorul va putea parcurge, prin dialogul cu câmpurile active, spațiile virtuale destinate numărului curent și numerelor pe anul în curs, dar și celor din perioada 1990 – 2016 și următoarele anului 2017, ce se vor regrupa progresiv în Arhivă. CdF va păstra tradiția apariției în formatul clasic de 1–4 numere pe an și suplimente.

Unul dintre suplimente, tipărit în număr mai mare pe hârtie în luna decembrie a fiecărui an, se va distribui gratuit cititorilor care îl solicită până la finele lunii noiembrie la adresa [contactcurier@nipne.ro](mailto:contactcurier@nipne.ro).

revistei pe parcursul acestor ani, prin Comitetul Director al CdF, a considerat la finele anului 2016 că este oportun să se retragă, urând succes deplin tuturor celor care doresc să continue publicarea revistei.

IFIN-HH a analizat posibilitatea de a asigura, alături de SRF, reluarea difuzării CdF. Ținând cont, pe de o parte de specificul revistei, iar pe de altă parte, de realitățile zilelor noastre, actuala echipă redacțională și de tehnoredactare încearcă variante noi, atractive și eficiente de continuare a aparițiilor pentru anii ce vin. Deocamdată, numărul CdF 82 va apărea în “formatul clasic, tradițional”, urmând ca pentru următoarea ediție să pregătim o “nouă formulă”, accesibilă și agreabilă și care, evident, poate fi îmbunătățită în timp prin intermediul tuturor: autori, cititori, echipa CdF, membri SRF, IFIN-HH și a tuturor celor interesați, pentru că “această publicație trebuie să existe, cât există Platforma Măgurele”.

Noile idei ce vor fi adoptate pe rând, până la numărul CdF 83, vor putea fi urmărite pe pagina de web a revistei; dintre inițiative de relansare: CdF să apară cu 2-3 numere pe an în format electronic (și un tiraj minimal tipărit pe hârtie), să existe un al 4-lea număr (de sinteză) tipărit în tiraj mai mare la finele fiecărui an, cu cele mai reprezentative articole, să existe posibilitatea de a depune direct în format electronic textele ce le doriți a apărea în CdF în condițiile de publicare oferite de revistă, o rubrică de corespondență cu cititorii și toți cei interesați de CdF etc. Toate aceste opțiuni, și altele care vor apărea în perioada ce vine, nu fac decât să creeze o nouă “formă” a revistei, “fondul” rămânând esențialmente același cu cel declarat de membrii fondatori la 15 iunie 1990 și prezentat pe scurt la începutul acestui Editorial.

În numele actualului colectiv CdF,  
**Corina Anca Simion, Redactor-șef**

El va conține o selecție cu cele mai reprezentative articole ale anului în curs, selecție care se poate face împreună cu cititorii dacă aceștia trimit propuneri până la jumătatea lunii noiembrie la aceeași adresă de contact. Pentru numerele curente, tipărirea pe hârtie va limita numărul de exemplare până la maxim 50; suplimentul va apărea într-un tiraj mai mare și va putea fi deci distribuit gratuit la cerere, printr-o simplă menționare a numelui și adresei poștale la rubrica Contact.

Așteptăm nu numai propuneri de selecție și cereri de printare și trimitere a suplimentelor anuale, dar și contribuții spre mediatizare în spațiul virtual, în limba română, trimise tot la adresa [contactcurier@nipne.ro](mailto:contactcurier@nipne.ro). O imagine sugestivă asupra a ceea ce CdF publică de mai bine de 25 de ani se poate obține, ca sursă de inspirație, vizitând colecția vechilor numere arhivate electronic. CdF posedă o colecție cu diferite numere vechi tipărite pe hârtie, alături de două colecții complete care vor rămâne în biblioteca revistei și care vor fi completate continuu cu toate numerele apărute, la zi. Numerele vechi, în măsura stocului disponibil, ar putea fi solicitate spre distribuire eventualilor doritori, adresând o cerere în acest sens la [contactcurier@nipne.ro](mailto:contactcurier@nipne.ro).

# Simetria la reflexia spațio-temporală: Cercetări teoretice și experimentale recente în fizica cuantică și optică

Simetria la reflexia spațio-temporală și legătura strânsă dintre acest concept fizic și constatarea că toate valorile proprii ale unui Hamiltonian non-Hermitic pot fi numere reale au fost propuse în anul 1998 de Carl M. Bender și Stefan Boettcher [1]. În Limba Engleză, termenul consacrat în literatura de specialitate este *parity-time symmetry (PT-symmetry)*. Simetria la reflexia spațiotemporală conduce la generalizarea mecanicii cuantice convenționale; în prezent se folosește în literatura de specialitate termenul: *mecanica cuantică PT simetrică (PT-symmetric quantum mechanics)*. În acest mod, se extinde grupul Lorenz în planul numerelor complexe. Astfel, o nouă simetrie discretă este pusă în evidență: simetria combinată de tip *PT*. Simetria *PT* implică modificarea simultană a semnului celor patru componente ale vectorului spațio-temporal:  $(x, y, z, t) \rightarrow (-x, -y, -z, -t)$ . Operatorul de paritate *P* are ca efect transformările  $p \rightarrow -p$  și  $x \rightarrow -x$ . Este binecunoscut în mecanica cuantică faptul că operatorul *T*, corespunzând inversiei temporale  $t \rightarrow -t$ , va conduce la schimbarea semnului numărului imaginar  $i \rightarrow -i$  și la schimbarea semnului impulsului  $p \rightarrow -p$ , astfel că relația de comutare dintre operatorii de poziție și impuls rămâne nemodificată. Cercetările teoretice și experimentale privind simetria la reflexia spațio-temporală și posibilitatea ruperii acestei simetrii, desfășurate pe parcursul a aproape două decenii în domeniile fizicii cuantice și fotonicii, au fost trecute în revistă într-un articol de popularizare publicat recent de C. M. Bender în *Europhysics News* [2], precum și într-un amplu articol de sinteză publicat în *Reviews of Modern Physics* [3].

În continuare, ilustrăm legătura strânsă dintre simetria *PT* și pozitivitatea spectrului operatorului studiat, în cazul special al oscilatorului armonic  $H = p^2 + x^2$ , care are nivelele de energie  $E_n = 2n + 1$ ,  $n = 0, 1, 2 \dots$  (am considerat constanta lui Plank  $\hbar = 1$ ). Dacă vom adăuga  $ix$  la Hamiltonianul oscilatorului armonic, simetria *PT* nu se rupe, astfel că spectrul Hamiltonianului  $H = p^2 + x^2 + ix$  rămâne pozitiv definit:  $E_n = 2n + 5/4$ . În schimb, dacă adăugăm

termenul  $(ix - x)$  la Hamiltonianul oscilatorului armonic, simetria *PT* se rupe, astfel că spectrul Hamiltonianului  $H = p^2 + x^2 + ix - x$  devine complex:  $E_n = 2n + 1 + i/2$ ; a se vedea [1,4] pentru o discuție detaliată a acestor aspecte de natură tehnică. Bender și Boettcher [1] au studiat în detaliu, prin metode numerice laborioase, nivelele de energie ale Hamiltonianului general  $H = p^2 - (ix)^N$ , în funcție de parametrul real *N*. Cazul  $N = 2$  corespunde oscilatorului armonic, care are nivelele de energie  $E_n = 2n + 1$ . Dacă  $N \geq 2$ , spectrul este real și pozitiv, în timp ce pentru  $1 < N < 2$  există un număr finit de valori proprii reale și pozitive și un număr infinit de perechi de valori proprii complex conjugate. Dacă  $N \leq 1$ , spectrul nu conține valori proprii reale. În general, un operator Schrödinger  $H = p^2 + U(x)$ , care conține un potențial complex  $U(x) = V(x) + iW(x)$ , este *PT* simetric, dacă partea reală  $V(x)$  a potențialului complex este o funcție pară de coordonata spațială  $x$ , în timp ce partea imaginară  $W(x)$  a potențialului complex este o funcție impară de variabila  $x$ .

În cele ce urmează vom descrie pe scurt câteva aspecte privind apariția acestui domeniu fertil de cercetare, care continuă să se dezvolte pe multiple direcții, atât din punct de vedere teoretic, cât și din punct de vedere experimental. În anul 1995, D. Bessis a conjecturat că spectrul Hamiltonianului  $H = p^2 + ix^3$  este real și pozitiv. Notăm faptul că potențialul cubic  $V(x) = ix^3$  este un exemplu tipic de potențial extern *PT* simetric. Cercetătorul român G. Andrei Mezincescu (n. 1943 - d. 2001), într-o lucrare de pionierat publicată în anul 2000 în revista *J. Phys. A: Math. Gen.* [5], a analizat prin metode analitice riguroase proprietățile valorilor proprii și ale funcțiilor proprii ale oscilatorului cubic descris de potențialul  $V(x) = ix^3$  (constanta de cuplaj este un număr imaginar). G. A. Mezincescu a obținut o expresie analitică exactă a sumei inverselor valorilor proprii ale operatorului Schrödinger în câmp extern descris de potențialul cubic de forma  $ix^3$  [5], care s-a dovedit a fi în perfect acord cu rezultatele numerice obținute

anterior de Bender și Boettcher [1]. Această lucrare remarcabilă din domeniul fizicii matematice, publicată în anul 2000 în *J. Phys. A: Math. Gen.* [5], a fost citată de peste 125 de ori în literatura de specialitate (după cum rezultă din baza de date Google Scholar), constituind un articol științific de referință în acest domeniu de mare actualitate teoretică și experimentală. Este demn de subliniat că rezultatele originale conținute în lucrarea lui G. A. Mezincescu au fost citate în repetate rânduri în prima lucrare de sinteză a acestui domeniu nou de cercetare, publicată de C. M. Bender în anul 2007, în revista *Reports on Progress in Physics* [6].

În anul 2005, Ruschhaupt, Delgado și Muga [7] au extins conceptul simetriei  $PT$  din mecanica cuantică în domeniul opticii, considerând propagarea luminii în două ghiduri de undă optice planare cuplate. Autorii menționați mai sus au remarcat faptul că rolul părții reale a potențialului este preluat de profilurile transversale ale indicilor de refracție în cele două ghiduri de undă cuplate, care trebuie să fie funcții pare de coordonata spațială transversală, în timp ce rolul părții imaginare a potențialului este preluat de profilurile transversale ale coeficienților de câștig și pierderi în cele două ghiduri de undă adiacente. Astfel, unul dintre cele două ghiduri de undă este caracterizat de un coeficient de câștig optic (acest efect se realizează prin iluminarea mediului activ optic cu un fascicul laser), în timp ce ghidul adiacent este caracterizat de pierderi optice (acest efect se realizează prin depunerea pe suprafața ghidului de undă a unui strat metalic foarte subțire); a se vedea și lucrarea teoretică [8]. În anii 2009 [9] și 2010 [10] au fost publicate primele rezultate experimentale care au evidențiat fenomenul de rupere a simetriei  $PT$  în contextul propagării luminii laser prin ghiduri de undă optice. Au fost utilizate ghiduri de undă conținând straturi subțiri de AlGaAs, care sunt iradiate cu lumină laser având lungimea de undă  $\lambda=1.55 \mu m$ . Pentru realizarea practică a simetriei  $PT$ , s-a depus un strat subțire de crom cu grosimea de  $100 nm$ , pe ghidul de undă caracterizat de pierderi optice [9].

În anul 2008, Makris *et al.* [11] au studiat dinamica fasciculelor laser care se propagă în rețele optice  $PT$  simetrice, atât unidimensionale, cât și bidimensionale; a se vedea și lucrarea [12] a aceluiași grup de autori, publicată în anul 2010. Rețelele optice  $PT$  simetrice sunt descrise de potențiale periodice complexe de forma

$U(x,y)=V(x,y)+iW(x,y)$ , unde  $V(x,y)=A[\cos^2(x)+\cos^2(y)]$  și  $W(x,y)=AU_0[\sin(2x)+\sin(2y)]$ . Tot în anul 2008, Musslimani *et al.* [13] au investigat efectul neliniarităților optice de tip Kerr asupra dinamicii fasciculelor laser în potențiale externe  $PT$  simetrice, introducând în literatura de specialitate conceptul solitonilor optici care se pot forma în potențiale externe periodice care descriu rețelele fotonice.

În perioada 2012-2015, o serie de rezultate teoretice privind dinamica solitonilor spațiali  $PT$  simetrici, care se pot forma în diverse tipuri de rețele optice, atât unidimensionale, cât și bidimensionale [14-20], au fost publicate de un grup de cercetători din China (Yingji He *et al.*), în colaborare cu Boris A. Malomed (Israel), Yaroslav V. Kartashov (Rusia) și Dumitru Mihalache (România). Este demn de remarcat faptul că cele șapte lucrări menționate aici [14-20] sunt citate în ampla lucrare de sinteză a domeniului respectiv, publicată în anul 2016 de V. V. Konotop *et al.* în *Reviews of Modern Physics* [3]. Menționez aici și publicarea în anul 2016 în *Romanian Journal of Physics* a unei lucrări de sinteză [21], care trece în revistă rezultatele teoretice obținute în studiul existenței, stabilității și robusteții solitonilor spațiali unidimensionali și bidimensionali care se formează în rețele optice simetrice la reflexia spațio-temporală.

După publicarea în anii 2009 și 2010 [9-10] a primelor rezultate experimentale care au demonstrat simetria  $PT$  în optică, folosind ghiduri de undă cuplate, acest concept fizic a fost explorat din punct de vedere experimental în diverse sisteme fizice: laseri, rezonatori optici, cavități pentru microunde, fire supraconductoare, grafene, metamateriale etc. În particular, demonstrarea experimentală a conceptului de simetrie la reflexia spațio-temporală a fost realizată în diferite tipuri de laseri [22-23], precum și în microcavități optice [24]. Menționăm faptul că recent au fost observați solitonii optici care se propagă prin rețele fotonice  $PT$  simetrice [25]. De asemenea, au fost observate oscilațiile de tip Bloch în rețele fotonice  $PT$  simetrice [26] constituite din fibre optice cuplate, care conțin amplificatori optici pe bază de Erbiu, pentru a compensa pierderile optice nedorite în sistemul fizic respectiv.

În domeniile de mare actualitate ale opticii și fotonicii, ne putem imagina posibilitatea utilizării simetriei  $PT$  pentru controlul luminii de către lumină, care poate conduce la realizarea în viitor



a unor calculatoare ultrarapide pentru prelucrarea complet optică a informației. De asemenea, se poate previziona utilizarea acestui concept fizic pentru realizarea unor dispozitive inovatoare pentru comunicații, precum și a unor noi tipuri de metamateriale cu proprietăți fizice prestabilite [2].

- [1] C. M. Bender and S. Boettcher, *Real spectra in non-Hermitian Hamiltonians having PT symmetry*, Phys. Rev. Lett. **80**, 5243 (1998).
- [2] C. M. Bender, *PT symmetry in quantum physics: From a mathematical curiosity to optical experiments*, Europhysics News **47**, 17 (2016).
- [3] V. V. Konotop, J. Yang, and D. A. Zezyulin, *Nonlinear waves in PT-symmetric systems*, Rev. Mod. Phys. **88**, 035002 (2016).
- [4] C. M. Bender, D. C. Brody, and H. F. Jones, *Complex extension of quantum mechanics*, Phys. Rev. Lett. **89**, 270401 (2002).
- [5] G. A. Mezincescu, *Some properties of eigenvalues and eigenfunctions of the cubic oscillator with imaginary coupling constant*, J. Phys. A: Math. Gen. **33**, 4911 (2000).
- [6] C. M. Bender, *Making sense of non-Hermitian Hamiltonians*, Rep. Prog. Phys. **70**, 947 (2007).
- [7] A. Ruschhaupt, F. Delgado, and J. G. Muga, *Physical realization of PT-symmetric potential scattering in a planar slab waveguide*, J. Phys. A: Math. Gen. **38**, L171 (2005).
- [8] R. El-Ganainy, K. G. Makris, D. N. Christodoulides, and Z. H. Musslimani, *Theory of coupled optical PT-symmetric structures*, Opt. Lett. **32**, 2632 (2007).
- [9] A. Guo *et al.*, *Observation of PT-symmetry breaking in complex optical potentials*, Phys. Rev. Lett. **103**, 093902 (2009).
- [10] C. E. Rüter *et al.*, *Observation of parity-time symmetry in optics*, Nature Phys. **6**, 192 (2010).
- [11] K. G. Makris, R. El-Ganainy, D. N. Christodoulides, and Z. H. Musslimani, *Beam dynamics in PT symmetric optical lattices*, Phys. Rev. Lett. **100**, 103904 (2008).
- [12] K. G. Makris, R. El-Ganainy, D. N. Christodoulides, and Z. H. Musslimani, *PT-symmetric optical lattices*, Phys. Rev. A **81**, 063807 (2010).
- [13] Z. H. Musslimani, K. G. Makris, R. El-Ganainy, and D. N. Christodoulides, *Optical solitons in PT periodic potentials*, Phys. Rev. Lett. **100**, 030402 (2008).
- [14] Y. He, X. Zhu, D. Mihalache, J. Liu, and Z. Chen, *Lattice solitons in PT-symmetric mixed linear-nonlinear optical lattices*, Phys. Rev. A **85**, 013831 (2012).
- [15] Y. He and D. Mihalache, *Spatial solitons in parity-time-symmetric mixed linear-nonlinear optical lattices: recent theoretical results*, Rom. Rep. Phys. **64**, 1243 (2012).
- [16] Y. He, D. Mihalache, X. Zhu, L. Guo, and Y. V. Kartashov, *Stable surface solitons in truncated complex potentials*, Opt. Lett. **37**, 2526 (2012).
- [17] Y. He, X. Zhu, D. Mihalache, J. Liu, and Z. Chen, *Solitons in PT-symmetric optical lattices with spatially periodic modulation of nonlinearity*, Opt. Commun. **285**, 3320 (2012).
- [18] Y. He and D. Mihalache, *Lattice solitons in optical media described by the complex Ginzburg-Landau model with PT-symmetric periodic potentials*, Phys. Rev. A **87**, 013812 (2013).
- [19] J. Xie, Z. Su, W. Chen, G. Chen, J. Lv, D. Mihalache, and Y. He, *Defect solitons in two-dimensional photonic lattices with parity-time symmetry*, Opt. Commun. **313**, 139 (2014).
- [20] H. Wang, S. Shi, X. Ren, X. Zhu, B. A. Malomed, D. Mihalache, and Y. He, *Two-dimensional solitons in triangular photonic lattices with parity-time symmetry*, Opt. Commun. **335**, 146 (2015).
- [21] Y. He, X. Zhu, and D. Mihalache, *Dynamics of spatial solitons in parity-time-symmetric optical lattices: A selection of recent theoretical results*, Rom. J. Phys. **61**, 595 (2016).
- [22] L. Feng *et al.*, *Single mode laser by parity-time symmetry breaking*, Science **346**, 972 (2014).
- [23] H. Hodaei *et al.*, *Parity-time-symmetric microring lasers*, Science **346**, 975 (2014).
- [24] B. Peng *et al.*, *Parity-time-symmetric whispering-gallery microcavities*, Nat. Phys. **10**, 394 (2014).
- [25] M. Wimmer *et al.*, *Observation of optical solitons in PT-symmetric lattices*, Nat. Commun. **6**, 7782 (2015).
- [26] M. Wimmer, M.-A. Miri, D. Christodoulides, and U. Peschel, *Observation of Bloch oscillations in complex PT-symmetric photonic lattices*, Sci. Rep. **5**, 17760 (2015).

**Dumitru Mihalache,**  
Departamentul de Fizică Teoretică, IFIN-HH

# Metoda Suprafețelor Riemann pentru Tratarea Modurilor Naturale. Stări Rezonante Exotice.

Structurile rezonante în secțiunea eficace a multor probleme fizice interesante sunt, în cele mai multe cazuri, legate de existența unor stări rezonante în sistemul cuantic. Prin analogie cu teoria clasică a electromagnetismului, modurile naturale (stări legate și rezonante) ale unei particule nerelativiste care interacționează cu un potențial sunt definite ca soluțiile regulate ale ecuației Schrödinger tridimensionale care satisfac condiția de radiație la infinit. Modurile naturale pot fi radiative (stări rezonante, în care caz energia este complexă), sau neradiative (stări legate, în care caz energia este reală). Modurile naturale reprezintă amprenta sistemului, marcându-l distinctiv.

În împrăștierea potențială, un tip obișnuit de stare rezonantă este cea a cărei funcție de undă este mare în groapa de potențial și descrește în regiunea barierei care separă groapa de exterior. O asemenea stare rezonantă devine stare legată dacă adâncimea gropii de potențial crește. În afara acestui tip de stare rezonantă există un alt tip, caracterizat prin faptul că funcția de undă este în cea mai mare parte situată în afara gropii de potențial. Un exemplu de asemenea stări rezonante îl constituie stările parent di-nucleare cuasimoleculare. Fenomenul cuasimolecular nuclear este des întâlnit în reacțiile cu ioni grei, apărând în multe sisteme nucleare, de la  $^{12}\text{C}+^{12}\text{C}$  până la  $^{58}\text{Ni}+^{62}\text{Ni}$ , unde se manifestă prin rezonanțele în funcțiile de excitație ale împrăstierii elastice, împrăstierii inelastice, ale reacțiilor de breakup, etc. Stările rezonante cuasimoleculare înguste sunt, așa cum a sugerat Feshbach, fragmentele unor stări cuasimoleculare parent largi. Datorită densității foarte mari de nivele de nucleu compus în zona de energie de excitație a stărilor cuasimoleculare, ar fi de așteptat ca aceste stări să fie complet dizolvate în marea de stări înconjurătoare, și, ca urmare să nu fie observate experimental. Faptul că stările cuasimoleculare au fost observate înseamnă că ele îndeplinesc condiții excepționale de stabilitate față de dizolvarea în marea de stări de nucleu compus învecinate. Acest fapt sugerează că ele aparțin unei clase de stări rezonante ale sistemului nuclear care îndeplinesc condiții extraordinare care

împiedică dizolvarea lor. Aceste stări rezonante au funcțiile de undă localizate în regiunea din afara gropii de potențial. Pentru a explica existența unor stări rezonante cu funcția de undă extinsă în zona barierei în literatură s-au construit potențiale cu bariera efectivă micșorată prin introducerea unei difuzități mari a gropii. Problema este că, deși funcțiile de undă sunt extinse în afara gropii, energiile stărilor sunt situate deasupra barierei, astfel că stările sunt ecouri și nu stări rezonante.

Cum structurile rezonante din secțiunea eficace sunt legate de existența unor poli ai matricii  $S$ , punctul de plecare al studiilor noastre este bazat pe ideea că existența unor tipuri diferite de stări rezonante (adică stări rezonante având funcțiile de undă în regiunea gropii de potențial, respectiv stări rezonante ale căror funcții de undă sunt situate în afara gropii de potențial) trebuie să se reflecte în existența unor clase diferite de poli ai matricii  $S$ . Existența a două clase diferite de poli ai matricii  $S$  impune existența unor puncte de ramificare ale funcției polilor. Funcția polilor  $k=k^{(l)}(g)$  dă poziția polilor matricii  $S$  în planul  $k$  în funcție de intensitatea potențialului  $g$ . Pentru un moment orbital  $l$  dat, funcția multiformă  $k=k^{(l)}(g)$  este definită de ecuația nelineară  $F_{l+}(g,k)=0$ , unde  $F_{l+}$  este funcția Jost. Este bine stabilit în teoria ramificării soluțiilor ecuațiilor nelineare că ramurile care pornesc dintr-un punct de ramificare corespund unor soluții cu proprietăți fizice complet diferite.

Distribuția polilor matricii  $S$  pentru diferite potențiale a fost studiată în funcție de intensitatea potențialelor de către numeroși autori, folosind metode grafice, numerice și asimptotice. În toate aceste studii se alege un anumit traseu în planul complex  $g$  pentru intensitatea potențialului și se determină traiectoria asociată a polilor matricii  $S$ . Prin alegerea unui anumit drum în planul  $g$  nu se asigură găsirea tuturor polilor matricii  $S$ . Mai mult, poate apărea un salt nedorit de la un pol la alt pol.

Împreună cu Cornelia Grama și Ioan Zamfirescu am dezvoltat o metodă globală de analiză a polilor matricii  $S$ , bazată pe construcția suprafeței Riemann  $R_g$  peste planul  $g$ , pe care funcția polilor este uniformă și analitică. În loc să se analizeze o

infinitate de poli în planul  $k$ , metoda permite analiza unui singur pol pe imaginea în planul  $k$  a fiecărei foi Riemann. Într-adevăr, dacă intensitatea potențialului  $g$  ia o valoare pe o foaie dată  $\Sigma_n^{(l)}$  a suprafeței Riemann  $R_g$ , atunci funcția  $k^{(l)}(g)$  ia numai o valoare pe imaginea  $\Sigma_n'^{(l)}$  a foii, cu alte cuvinte există numai un singur pol pe imaginea în planul  $k$  a foii  $\Sigma_n^{(l)}$ . În acest fel nu se pierde nici un pol. Asocierea unei foi Riemann la o stare cuantică este o abordare nouă a naturii stării cuantice. Lucrarea în care se prezintă metoda globală de identificare a tuturor polilor matricii S „Global method for all S-matrix poles identification. New classes of poles and resonant states.”, publicată în Ann. Phys. (NY) **218** (1992) 346-383, a fost apreciată prin acordarea Premiului Horia Hulubei al Academiei Române pe 1992.

Indicele  $n$  al imaginii în planul  $k$  a unei foi a suprafeței Riemann peste planul  $g$  este un număr cuantic nou, cu semnificație topologică. El indexează polul matricii S pe imaginea în planul  $k$  a unei foi Riemann și indexează starea legată sau rezonantă corespunzătoare. Deoarece  $g$  acoperă întregul plan complex, pentru un factor de formă  $V(r)$  sunt tratate simultan groapa și bariera de potențial, cu absorbție sau emisie. Aceasta permite o trecere continuă de la un caz la altul. Metoda globală de analiză a tuturor polilor matricii S este stabilă la variația intensității potențialului. Într-adevăr, nu se pot crea sau distruge poli ai matricii S în domeniul de analiticitate al funcției polilor  $k^{(l)}(g)$ . Dacă intensitatea potențialului  $g$  urmează o traiectorie pe o foaie Riemann  $\Sigma_n^{(l)}$ , atunci polul corespunzător descrie o traiectorie care rămâne pe imaginea  $\Sigma_n'^{(l)}$  în planul  $k$ .

Metoda a fost aplicată la potențiale centrale de forme diverse: potențial dreptunghiular sau Woods-Saxon, potențial dreptunghiular urmat de o barieră dreptunghiulară, potențial dreptunghiular sau Woods-Saxon cu barieră Coulombiană (aici s-a folosit termenul “potențial” și nu “groapă”, deoarece, așa cum s-a menționat mai sus, metoda permite studiul simultan al gropii sau barierei cu absorbție sau emisie, pentru că  $g$  acoperă tot planul complex). Metoda a fost aplicată la potențialul de canale cuplate, la un potențial nelocal și la un potențial 1D cu două bariere dreptunghiulare identice.

Prin aplicarea metodei de analiză globală a tuturor polilor matricii S la diverse forme de potențial a fost identificată o clasă nouă de poli de stare rezonantă pentru toate formele de potențial

care prezintă o barieră. Acești poli exotici au proprietăți neobișnuite. Polii exotici de stare rezonantă nu devin poli de stări legate sau virtuale când adâncimea gropii crește oricât de mult. La creșterea adâncimii gropii de potențial un pol exotic de stare rezonantă rămâne într-o zonă limitată a planului  $k$ , în vecinătatea unui punct de stabilitate, care acționează ca un atractor. Funcțiile de undă corespunzătoare polilor exotici sunt concentrate în regiunea barierei. Acest fapt este important în fizica nucleară, unde potențialul în zona barierei este mult mai bine cunoscut decât cel în regiunea gropii. Pentru stările rezonante corespunzătoare polilor exotici situați în apropierea atractorilor, funcția de undă este aproape în totalitate concentrată în barieră.

Un caz particular de stări rezonante exotice îl constituie stările parent di-nucleare cuasimoleculare. Prin comparația cu datele experimentale existente am stabilit că o stare parent di-nucleară cuasimoleculară cu un moment orbital  $l$  dat este acea stare rezonantă exotică generată de un potențial central format din groapă cu barieră Coulombiană care corespunde unui pol al matricii S situat la punctul de stabilitate (atractor) cel mai apropiat de axa reală în planul  $k$ . Pentru o stare rezonantă care corespunde unui pol la punctul de stabilitate menționat am dedus expresiile analitice pentru energie ( $E_n$ ) și lărgime ( $\Gamma_n$ ) în funcție de parametrul Coulombian, raza gropii, masa redusă a celor doi nuclei și de momentul cinetic orbital. Proprietățile stărilor cuasimoleculare di-nucleare parent (energii, lărgimi, formarea de benzi rotaționale, deviația de la dependența lineară a energiei de  $l(l+1)$ , caracterul doorway și criteriile de observabilitate) rezultă în mod natural din proprietățile generale ale stărilor rezonante exotice. Energiile de excitație ale stărilor parent cuasimoleculare concordă foarte bine cu energiile calculate pentru stările rezonante exotice corespunzătoare polilor situați la atractorii cei mai apropiați de axa reală în planul  $k$ , fără a fi necesară ajustarea parametrilor. Expresia analitică a energiilor  $E_n$  ale stărilor rezonante corespunzătoare polilor exotici aflați la atractorul cel mai apropiat de axa reală în planul  $k$  arată că ele formează benzi rotaționale în apropierea vârfului barierei totale. De asemenea, expresia analitică a energiei prezice deviația de la dependența  $l(l+1)$  pentru sisteme di-nucleare ușoare (cu parametru Coulombian mic). În acest fel, în tratarea noastră se folosește o singură alegere pentru distanța dintre centrele ce-



# Premiul Nobel pentru Fizică 2016

Premiul Nobel pentru Fizică 2016 a fost decernat, o jumătate lui David Thouless și cealaltă jumătate lui F. Duncan M. Haldane și Michael Kosterlitz pentru descoperiri teoretice ale tranzițiilor de fază topologice și faze topologice ale materiei. Premiul în valoare de 629.000 lire sterline se împarte între câștigători, care primesc medaliile, ca întotdeauna, la ceremonia de la Stockholm din 10 decembrie.

**David Thouless** (foto 1) s-a născut în 1934 la Bearsden, Scoția și a obținut PhD în 1958 la Universitatea Cornell din SUA. A fost profesor de fizică matematică la Universitatea din Birmingham din Regatul Unit, înainte de a se transfera la Universitatea din Washington în 1980, unde este profesor emerit.

**F. Duncan M. Haldane** (foto 2) s-a născut la Londra în 1951 și a obținut PhD la Universitatea din Cambridge în 1978. El este profesor Eugene Higgins de fizică la Universitatea Princeton.

**Michael Kosterlitz** (foto 3) s-a născut în 1942 la Aberdeen, Scoția și a studiat fizica la Universitatea din Cambridge înainte de a obține PhD la Universitatea din Oxford în 1969. El este profesor Harrison E Farnworth de fizică la



Universitatea Brown în Rhode Island. Anterior a lucrat la Universitatea din Birmingham, Institutul de Fizică Teoretică din Torino, Italia și la Universitatea Cornell.

Ceea ce este comun în activitatea științifică a lui Haldane, Kosterlitz și Thouless este conceptul de topologie. Aceasta este o ramură a matematicii care descrie proprietățile care rămân neschimbate, atunci când un obiect este schimbat sau deformat într-o serie de pași. Un exemplu vechi și bine cunoscut a unor astfel de schimbări topologice este acela al unei forme asemănătoare cu o gogoasă ce poate fi transformată în forma unei cești de cafea și viceversa. Topologic vorbind, cele două forme sunt identice.

În sens clasic, toată materia există sub formă de solid sau lichid sau gaz. O tranziție de fază are

lor două nuclee  $R = 1.3(A_1^{1/3} + A_2^{1/3})$ , pentru toate sistemele di-nucleare, atât sub, cât și deasupra barierei Coulombiene. Există, de asemenea, o bună concordanță între lărgimile teoretice ale stărilor rezonante exotice  $\Gamma_n$  și lărgimile experimentale ale stărilor parent reconstruite din fragmentele stărilor cuasimoleculare observate. Forma analitică a lărgimilor explică de ce stările cuasimoleculare pentru sisteme mai grele (parametru Coulombian mare) pot fi observate pe un domeniu mai larg de valori ale momentului cinetic, în comparație cu sistemele ușoare. Parametrii potențialelor optice folosite în literatură la reproducerea datelor experimentale privind stările cuasimoleculare se află în domeniul parametrilor potențialelor care generează poli de stări rezonante exotice situați în vecinătatea atractorilor corespunzători.

Problemele rămase deschise în ultimii zeci de ani au fost clarificate în abordarea noastră. Astfel, extraordinara stabilitate a stărilor cuasimoleculare față de dizolvarea lor în stări învecinate de

nucleu compus rezultă din faptul că amplitudinea funcției de undă a unei stări cuasimoleculare în interiorul gropii de potențial este mică, spre deosebire de amplitudinea funcțiilor de undă ale stărilor rezonante adiacente, care sunt mari în aceeași zonă. În zona barierei situația este inversă. Rezultă o suprapunere mică a funcțiilor de undă corespunzătoare. În ce privește localizarea funcțiilor de undă ale stărilor cuasimoleculare în regiunea barierei, nu este necesară modificarea potențialului, ci o formă obișnuită de potențial suportă stările exotice cu proprietatea de a avea funcția de undă localizată în zona barierei.

Rezultatele prezentate mai sus, împreună cu alte rezultate conexe, sunt cuprinse în cartea „Riemann Surface Approach to Natural Modes. Exotic Resonant States”, autori Cornelia Grama, Nicolae Grama și Ioan Zamfirescu, carte apărută în Editura Nova Science Publishers, NY, în 2012.

**Dr. Nicolae Grama**



loc atunci când materia trece de la o formă la alta. În mod normal efectele cuantice nu joacă nici un rol în aceste tranziții de fază familiare, deoarece ele sunt dublate de către fluctuațiile termice. Dar, la temperaturi foarte coborâte, în apropierea lui zero absolut, materia prezintă faze noi stranii și efectele cuantice devin foarte pronunțate. Un exemplu îl prezintă faptul că rezistența electrică dispare la temperaturi apropiate de zero absolut. Mult timp s-a crezut că orice faze ordonate ar putea fi distruse în sistemele 2D, chiar la zero absolut, datorită zgomotului termic, ceea ce înseamnă că n-ar exista nici un fel de tranziții de fază. Dar, în 1972, Kosterlitz și Thouless au răsturnat această idee identificând un tip complet nou de tranziție de fază în astfel de straturi extrem de subțiri, unde efectele topologice joacă un rol crucial. Ca rezultat, ei au fost capabili să arate că supraconductivitatea sau suprafluiditatea pot avea loc în straturi 2D la temperaturi coborâte. Tot ei au calculat că tranziția de fază ar putea avea loc la temperaturi relativ ridicate, unde supraconductivitatea ar putea să dispară.

Schimbarea topologică, cunoscută acum ca tranziția KT (Kosterlitz-Thouless), are loc în principal mulțumită configurațiilor vortexurilor minuscule ale spinilor electronici pe aceste suprafețe 2D. La temperaturi coborâte, vortexurile de spin sunt bine împerecheate și pe măsură ce temperatura crește, vortexurile se separă brusc unele de altele. Aceasta declanșează tranziția de fază cuantică de la o stare a materiei la altă stare. Tranziția KT a fost utilizată încă de la început pentru a studia supraconductorii și suprafluidele. Ea s-a aplicat, de asemenea, la tranzițiile de fază care au loc atunci când un film subțire feromagnetic este răcit sub temperatura Curie și spinii se aliniază, dând naștere magnetizării propriu-zise. Datorită progreselor experimentale, la începutul anilor 1980 s-a observat descoperirea unui număr de noi stări ale materiei care au sfidat explicarea. Un mister special l-a constituit descoperirea în 1980 a "efectului Hall cuantic" de către fizicianul german Klaus von Klitzing, care a câștigat premiul Nobel pentru fizică în 1985 pentru această lucrare. Efectul Hall cuantic a fost observat în materiale 2D. Klitzing a studiat un strat 2D conductor sub formă de sandwich între două straturi semiconductoare, care au fost răcite până în apropiere de zero absolut și plasate într-un câmp magnetic puternic. El a descoperit că tensiunea Hall este cuantificată la valori discrete, foarte specifice. Aceste valori erau independente

de materialul utilizat și nu au variat atunci când parametrii experimentali, cum ar fi temperatura, câmpul magnetic sau cantitatea de impurități semiconductoare din probă, au fost schimbați. O schimbare destul de mare a câmpului magnetic are ca efect schimbarea în cantități fixate a conductanței (care este de asemenea cuantificată), de exemplu, o reducere a intensității câmpului magnetic face ca inițial conductanța să se dubleze, apoi să se tripleze și așa mai departe. O comparație a curentului prin conductor și a tensiunii Hall a arătat că rezistența Hall rezultată este  $h/Ne^2$ , unde  $N$  este un număr întreg, dar de ce acest întreg ia valori în trepte a rămas nerezolvat. Thouless a găsit o soluție adecvată, dovedind că acești întregi au o natură topologică. Într-adevăr, el a arătat că înțelegerea comportării colective a electronilor în straturi de film subțire conductoare a fost crucială și că materialul ar putea fi asemănat cu un fluid cuantic topologic. Într-un astfel de fluid, conductanța este descrisă prin mișcarea colectivă a electronilor și, deci, topologia lor înseamnă că tranzițiile de fază ar putea avea loc în pași fixați.

Cam în același timp, Haldane studia proprietățile lanțurilor de atomi magnetici și modul în care simetria intră în joc. Haldane a pretins că lanțurile magnetice ar avea proprietăți fundamentale diferite, depinzând de faptul când atomul era par sau impar, adică are un spin întreg sau semiîntreg. El a arătat că lanțurile pare (întreg) sunt topologic ordonate (și simetria de inversie rămâne necălcată), în timp ce lanțurile impare (semiîntreg) nu sunt topologice (și simetria de inversie este încălcată). Într-adevăr, în 1988 Haldane a ajuns la concluzia că există o bandă interzisă de spin în spectrul de excitare pentru lanțurile de spini cu întreg, în timp ce lanțurile de spini cu semiîntreg au un spectru de excitare fără bandă interzisă. La acel moment, raționamentul lui Haldane a fost pus sub semnul întrebării, dar apoi el a fost verificat experimental. Realizarea a fost, de asemenea, sprijinită pentru a progresa legăturile dintre mecanica statistică, fizica cuantică many-body și fizica energiilor înalte, domenii care acum se laudă cu un larg set de instrumente împărtășite de tehnicile teoretice. Astăzi, fizica materiei condensate studiază în mod regulat o varietate de faze topologice în materiale 2D și 3D, cum sunt izolatorii, supraconductorii și metalele topologice. Într-adevăr, aceste materiale sunt văzute la linia de frontieră pentru utilizări potențiale în următoarea generație de dispozitive electronice. ■

# Nevoia de modele

Cred că fiecare cercetător datorează o bună parte din evoluția sa unor modele. Simt nevoia de a scrie despre modelele mele, care au avut meritul de a mă ajuta să am o activitate științifică onorabilă, cred eu. Prin urmare, gândurile de mai jos nu au scopul de a revendica merite personale, ci de a propune o discuție despre cât de mult ne putem abate de la aceste modele, fără a afecta esența meseriei pe care o practicăm.

(i) Prima întâlnire memorabilă cu un model a fost cea cu profesorul Șerban Țițeica. Cu Domnia Sa am făcut cursurile de mecanică clasică și mecanică cuantică. De la profesorul Țițeica am înțeles că fizica este o știință deductivă: se pleacă de la o serie de premise și apoi, prin raționamente matematice, se deduc consecințe care pot fi confruntate cu experimentul. Nu vreau să spun că aceste cursuri erau predate în stilul fizicii matematice, dar erau predate în spiritul fizicii matematice. (Este evident că la un curs general de mecanică clasică și mecanică cuantică nu se putea intra în toate detaliile de analiză funcțională, dar măcar la nivel algebric, era vorba de raționamente corecte matematic.)

Pe lângă profesorul Șerban Țițeica am mai avut parte și de alți dascăli remarcabili: dl. Stelian Turbatu (la matematici), dna. Viorica Florescu (la mecanică statistică și termodinamică), dl. Lucian Burlacu (la electrodinamică clasică), dl. Cristian Constantinescu (la fizica solidului) etc. Am avut parte și de asistenți universitari de elită (dl. Tudor Marian și dl. Sorin Mărculescu). Seminariile erau dedicate unor probleme interesante și dificile (care ne testau capacitatea de calcul și de raționament) și nu unor discuții “filosofice”.

Toți acești dascăli memorabili aveau *autoritatea morală* dată de capacitatea de a te învăța un domeniu dificil “cu creta la tablă”, de a te convinge de puterea deductivă a fizicii, de faptul că fizica nu este un soi de “geografie” în care descriem diverse concepțe, fără a le organiza logic.

Evident, întâlnirea cu dascăli remarcabili a fost dublată de întâlnirea cu cărți remarcabile (din care se putea învăța “cu creionul în mână”).

(ii) Aceste întâlniri m-au ajutat să iau decizia de a deveni cercetător în fizica teoretică. În această cea de-a doua etapă de formare am apelat tot la profesorul Șerban Țițeica și i-am spus că m-ar interesa să mă ocup de teoria cuantică a câmpurilor. Domnia sa mi-a mărturisit că nu mai lucrează activ în

domeniu de mulți ani, dar dl. Sorin Mărculescu (cu care făcusem seminarul de mecanică analitică) era recent întors din Germania Federală unde avusese o bursă doctorală în domeniul teoriilor supersimetrice. Acest domeniu era considerat (în anii '70) ca o speranță de generalizare consistentă a modelului standard al particulelor elementare. Dl. Mărculescu îl avusese drept conducător de doctorat pe profesorul Julius Wess, unul dintre fondatorii teoriilor supersimetrice. Deci profesorul Țițeica considera că este mai bine pentru mine să studiez cu dl. Sorin Mărculescu. Trebuie să subliniez modestia desăvârșită a profesorului Șerban Țițeica: de-abia peste ceva timp, văzându-l făcând niște calcule complicate într-un caiet, mi-a mărturisit că încearcă să înțeleagă ce sînt teoriile supersimetrice.

Am ajuns să înțeleg în decursul timpului că cercetarea este un fel de drumeție prin munți: gustul pentru drumeție trebuie să ți-l deschidă cineva cu autoritatea morală a celui care a bătut munții cu pasul și îi poate cartografia. Știe ce trasee sînt “standard”, care sînt dificile și poate să te sfătuiască ce să iei în traistă. De asemenea, poate să indice ce munți mai sînt “interesant” de explorat și să îți recomande un “ghid” care s-a urcat pe unul dintre aceștia pînă la o înălțime semnificativă.

(iii) A urmat etapa angajării în Departamentul de Fizică Teoretică al IFIN, în cadrul grupului de fizică matematică. Am împărtășit acest “destin” împreună cu colegul și prietenul meu Radu Purice. Modalitatea de selecție, folosită de dl. G. Nenciu, a fost simplă, dar eficientă. Ne-a întrebat ce cărți de bază am citit pentru pregătirea lucrării de diplomă. Apoi ne-a invitat ca, în timpul ultimului semestru al anului V, să ținem un ciclu de seminarii publice din cărțile respective, în cadrul DFT. În seminariile respective, eram rugați să facem toate calculele la tablă (cam în spiritul cursurilor de fizică teoretică despre care am amintit); cu alte cuvinte, se testa capacitatea noastră de a trece “de la rîndul  $n$  la rîndul  $n+1$ ”, de a detalia unele raționamente prezentate succint în cărți și lăsate drept exerciții cititorului, etc. În decursul timpului am constatat că această metodă este deosebit de eficientă: cred că, dacă unui tînar i se cere să facă o serie de expuneri detaliate ale unui subiect pe care pretinde că îl stăpînește, audiența se poate lămuri dacă merită să i se acorde o șansă de a deveni cercetător în domeniul fizicii teoretice. Trebuie să menționez că

proceduri de selecție asemănătoare au avut loc și în alte departamente din IFIN.

După ce am trecut de această etapă în mod onorabil, trebuie să menționez efortul dlui Nenciu de a convinge autoritățile de atunci că merită să se scoată niște posturi la angajare în IFIN pentru o serie de absolvenți din anul meu. Mă refer în special la dr. Valentin Ceaușescu (care era secretarul științific al IFIN) și la dr. Marin Ivașcu (care era dir. gen. IFIN).

(iv) Proaspăt angajat în DFT/IFIN am avut ocazia de a găsi noi modele în cadrul seminarului organizat de grupul de fizică matematică. Menționez în primul rând seminarul de mare întindere (cîteva zile pe săptămînă timp de peste un an!) de analiză funcțională și aplicații în mecanica cuantică ținut de dr. Vladimir Georgescu (Nelu pentru prieteni). De asemenea, aș aminti seminarul dlui Nenciu (ținut cîteva luni) despre metode adiabactice în mecanica cuantică, seminarul dlui Dan Grecu despre sisteme integrabile, seminarul dlui Mihai Vișinescu despre anomalii cuantice, seminarul lui Nelu Georgescu despre fundamentele mecanicii cuantice (formalismul propozițional), seminarul lui Nelu Georgescu despre teoria perturbativă a renormării în formalismul Epstein-Glaser, etc. Toate aceste seminarii erau publice, iar ușa celor care le țineau era mereu deschisă pentru cei care aveau nelămuriri.

Mai mult, toți tinerii din grupul de fizică matematică eram încurajați să ținem expuneri atunci cînd credeam că am ajuns să înțelegem un anumit subiect. Îmi amintesc cu recunoștință de momentele în care, în cursul unei expuneri mi se atrăgea atenția asupra unui argument incomplet. Departe de a mă simți "umilit", eram motivat să trec la masa de lucru și să încerc să remediez argumentul. Procedura de mai sus a fost "iterată" de cîteva ori pînă am reușit să vin cu argumentul corect. Să remarcăm transparența acestui proces de evaluare continuă: oricine putea asista la aceste seminarii. De asemenea, aș sublinia ideea de bază: în perioada de formare a unui cercetător (imediat după terminarea facultății) nu este bine să existe un "monopol" intelectual, o singură sursă de formare intelectuală. Este bine ca, printr-un proces transparent, viitorul cercetător să intre în contact și să fie evaluat de cît mai mulți colegi.

Din cîte știu, seminarii asemănătoare au fost organizate de prof. Apolodor Răduță pentru grupul de fizică nucleară. Cred că ar fi un gest frumos ca unii dintre participanți să scrie cîteva rînduri despre procesul de formare de care au avut parte în cadrul acestui seminar. Extind invitația și la celelalte departamente din IFIN!

(v) O ultimă etapă în procesul de formare a fost susținerea unui examen pentru obținerea unui post definitiv în DFT. A fost un examen destul de dur și de aceea contestat de unii. Ce pot spune este că a fost o etapă necesară. Cred că tipul acesta de examen ar fi trebuit reevaluat, nu eliminat. Nu am sentimentul că s-a pus în loc o metodă de selecție mai bună. În orice caz, bine ar fi ca astfel de teme să fie discutate în cadrul seminariilor științifice.

(vi) În legătură cu seminariile științifice, trebuie să mai menționez o personalitate care m-a ajutat să mă formez și anume prof. Mircea Oncescu. După schimbările politice din 1989 - 1990, Domnia Sa a fost numit director IFIN. Țin minte că a participat la o serie de seminarii ale DFT în care se discutau probleme legate de viitorul cercetării științifice în noul regim. Cineva dintre colegi (din păcate nu mai țin minte cine) l-a întrebat ce politică științifică va promova. Răspunsul dsale a fost că politica științifică a Departamentelor (deci și a DFT) trebuie făcută de seminariile acestor Departamente în colaborare cu Direcția IFIN. Din păcate nu s-a găsit un protocol de colaborare între seminariile științifice și direcția IFIN în urma căruia să se poată formula politica științifică a DFT în acest spirit. Poate în alte departamente lucrurile stau mai bine. E bine să nu ne pierdem speranța!

(vii) După rîndurile de mai sus, dedicate unor mari profesori care au avut un rol formativ, poate este cazul să dau și niște contra-exemple (fără nume!). Am aflat de la colegi angajați în alte locuri de pe platforma Măgurele despre existența sistemului "la jupîn". Prin definiție "jupînul" este cineva care: 1) selectează un potențial "ucenic" din Facultate după criteriile de el știute; 2) după ce a găsit "ucenicul" găsește modalitatea de a îl angaja în Institut fără să îi pese prea mult de părerea celor din jur; 3) "jupînul" este cel care decide ce trebuie să citească "ucenicul" și verifică de unul singur dacă procesul de învățare a fost încununat de succes; 4) apar apoi o serie de lucrări comune, despre care aflăm că sînt foarte importante, dar nu aflăm ce contribuție concretă a avut "ucenicul"; 5) în final "jupînul" îl declară pe "ucenic" ca un cercetător de viitor și o comisie de examen bine aleasă confirmă aceasta.

Nu pot să apreciez cît de răspîndit și apreciat este modelul "la jupîn". Mi-aș dori ca cei ce cred în acest sistem să înțeleagă îngrijorările celor care îl contestă și să existe un dialog, o mediere. În caz contrar, dați-mi voie să închei un pic pesimist. Vom asista la o schimbare de paradigmă: în locul marilor profesori vor apărea micii "jupîni"!

**Dan-Radu Grigore**

# Nevoia de modele. O replică

Deseori mă întreb cât din cariera mea de chimist se datorează modelelor pe care mi le-am ales (deși la epoca în care am interacționat activ cu ele nu le percepeam în acest sens) și cât se datorează felului în care am fost modelată, fără știrea mea, de toți dascălii pe care i-am avut de-a lungul anilor. După 30 de ani de la absolvirea facultății și activitate în cercetare, mă mai întreb cât am reușit să transmit la rândul meu mai tinerilor colegi din ceea ce am fost învățată și am învățat singură. Și nu în ultimul rând mă întreb, profesorii mei, ce părere ar avea ei peste timp asupra a ceea ce am realizat în toți acești ani. Uneori îi regăsesc în felul în care ajung să înțeleg cum să rezolv problemele cu care mă confrunt în activitatea științifică, iar momentele cele mai grele le percep sub forma unor “examene” unde am de dat socoteală unuia dintre mentori. De fapt, cred că această proiecție în timp a stărilor din anii de școală și ucenicie este cea care mi-a menținut spiritul viu, iscoditor și ambiția de a performa; pe lângă marea mea pasiune pentru chimie, curiozitate și sete de viață în general. Totuși, chiar dacă inițial eu aș fi fost aceeași, până la final aș fi devenit puțin mai puțin din ceea ce sunt acum, dacă nu aș fi avut noroc de profesori deosebiți de chimie încă din clasa a VII-a și până la sfârșitul facultății și al celor două doctorate. Această “galerie de portrete” este cea care funcționează ca un instrument de autocontrol ce mă împiedică să las garda jos. Practic, m-au ajutat să îmi definitivez acea parte din educație pe care englezii o percep ca fiind “să faci ce trebuie, când trebuie și cum trebuie, atunci când ai cel mai puțin chef”.

Aș vrea să mă rezum în continuare la câteva momente importante din cariera mea profesională desfășurată aproape în totalitate la IFIN/IFIN-HH; jumătate din viața mea am petrecut-o venind la Măgurele.

Voi începe cu intrarea la institut. Fac parte din prima serie de tineri admiși prin concurs în primăvara anului 1990. La depunerea dosarului pentru concurs, am primit o bibliografie serioasă și am susținut examen scris (pe hârtie cu colț îndoit cu ștampilă, ca la admiterea la facultate) și oral; un fel de interviu și stagi de o lună în institut. Am fost repartizată la departamentul “Centrul Producție Radiochimică” sau CPR, acum parte integrantă din Departamentul de Radioizotopi și Metrologia Radiațiilor. La începutul anilor '90, clădirea forfotea

de personal cu diverse nivele de pregătire, iar seminariile erau momente care îmi aminteau de orele de curs din facultate. Despre oamenii din IFA (respectiv institutele din Măgurele) știam încă din perioada de pregătire a lucrării de diplomă din facultate... poveștile de atunci, realități de mai târziu, nu au încetat niciodată să mă fascineze și să mă modeleze după anii de școală; de data aceasta în “spiritul IFA”. Chimist organician fiind, am fost practic integrată în Colectivul compuși organici marcați cu carbon-14 și am luptat toată viața mea pentru a menține această linie de cercetare și aplicații la IFIN, respectiv IFIN-HH din 1996. Nevoia de a mă confunda cu această stare de spirit (mărturisesc că m-am simțit întotdeauna mult mai apropiată de “generația de aur IFA” – cei intrați în institut în anii '50 – '60) m-a determinat ca să urmez și un al doilea doctorat în fizică, la un moment-dat în paralel cu cel de chimie. Practic “modelul IFA”, modelul Profesorului Hulubei și al fondatorilor institutelor de pe Platforma Măgurele, m-a urmărit în cele mai nebănuite feluri în drumul meu prin viață; de aici și nevoia de a lupta pentru păstrarea memoriei și istoriei acestor oameni și locuri de referință pentru fizica românească a atomului și nucleului, în primul rând. În același timp, mă frământă datoria pe care o am de a merge mai departe, de a lăsa în urma mea ceva, de a face pentru cei din jurul meu și mai ales pentru tineri ceea ce au făcut și cei de dinaintea mea pentru mine.

În mai bine de 25 de ani petrecuți în institut, am trecut prin toate aspectele abordabile în termenii realității zilelor noastre și a puterii mele de a performa, ale chimiei carbonului-14; de la gestiune și lucrul cu surse de înaltă activitate, la sinteze compuși marcați și aplicații ale lor în diverse ramuri ale științelor, de la radioecologie și măsurări prin tehnica lichidelor de scintilație, la datare radiocarbon și tehnica spectrometriei de masă cu ioni accelerați.

Am avut (ne)norocul să fiu ultimul “carbonist” al institutului cizelat direct de Colectivul de chimie compuși marcați cu carbon-14 format în anii “de glorie” ai subiectului. M-am străduit să închei elegant un capitol din istoria institutului, dar am conservat în același timp memoria acelor vremuri. Port amintirile lor, păstrez caietele de laborator, documentele, cărțile, articolele, chiar trusele de chimie și baza de sintoni de care ei erau atât de



mândri...

La începutul anilor 2000 am avut puterea să o iau de la capăt, continuând cu aplicațiile tritiului și carbonului-14 legate în primul rând de probele de mediu. Am lăsat în urmă viziunea “demiurgică” a celui care decide cum, unde și cât carbon-14 să “distribuie” în compușii chimici, deseori fără corespondență în natură. Până la urmă, este mult mai interesant să descoperi mereu ceva nou în inepuizabilul “joc al imaginației” Naturii. Am reușit, printr-un efort al tuturor celor direct și indirect implicați, să aduc un suflu nou și să pun la punct laboratorul de radiochimie pentru probe de mediu dedicat izotopilor beta-minus emițători (în special tritium și carbon-14) al Departamentului de Științele Vieții și Mediului din IFIN-HH.

Dacă mai era vreun capitol de scris, după închiderea unui laborator și modernizarea celui de al doilea, atunci logic urmează înființarea unuia nou. Am acceptat provocarea trecerii la capătul opus al scalei de radioactivitate, fiind implicată, alături de alți colegi din institut, în înființarea Laboratorului Subteran microBq din Mina Unirea Slănic Prahova și apoi al Laboratorului Datare Radiocarbon RoAMS din actualul Departament Acceleratori Tandem. În acest ultim caz, ceea ce mă atrage și mă face să trec peste toate greutățile este pasiunea mea pentru chimie, combinată cu obsesia pentru tot ce ține de carbon-14 și împletite cu fascinația pentru istorie și arheologie. Aceași fascinație, dar și moștenire a mea din generațiile

trecute, m-au împins după anii 2000 și în efortul de a aduce la lumină trecutul locurilor pe care azi le cunoaștem drept “Platforma „de Fizică Măgurele”. Laboratorul de chimie din RoAMS înseamnă pentru mine o provocare de a trece încontinuu prin toate “capitolele chimiei” și, în plus, după cum mai spun eu tinerelor mele colege, frumusețea este că nu știi niciodată “ce îți intră pe ușa laboratorului” (mă refer la probe și cazuri).

Aceste trei “treceri”, ca și în viață, au fost parte integrantă din anii grei '90 în care IFIN s-a zbatut în momente foarte dificile, poate cele mai dificile de până acum, ai anilor 2000 în care s-a produs o transformare profundă și o “reinventare” a institutului, și ai anilor 2010 ce reprezintă o nouă perioadă de apogeu din istoria institutelor de pe Platforma Măgurele, a IFIN-HH în special. M-am străduit cât am putut; am reușit, nu am reușit; a fost mult, a fost puțin? Greu de stabilit. Cum spuneau cei ce m-au format în primii ani din institut: “IFA este o lume; IFA îți oferă un mod de a fi și o poveste de trăit”. Am încercat să o trăiesc la maxim și să las ceva în urma mea; datorie achitată... la plata căreia voi adăuga mereu câte puțin în fiecare zi pe care o voi mai avea de trăit la Măgurele.

Iar peste toate, am încercat să fiu mereu eu însămi, să îmi păstrez până la capăt optimismul, acel spirit de “Evergreen”, simțul umorului și mai ales să nu îmi pierd umanitatea.

**Corina Anca Simion**

### **Moleculele se dezmembrează sub control cuantic**

Fizicienii din SUA și Polonia au realizat un nou studiu al modului în care lumina cauzează dezmembrarea moleculelor diatomice, relevând defecte semnificative ale teoriei tradiționale, care descrie procesul de fotodisociere. Studiul efectuat sugerează că disocierea moleculelor aflate în stări cuantice pure este cel mai bine descrisă de către un model cuanto-chimic descoperit recent. Fotodisocierea are loc atunci când o moleculă este îndepărtată prin absorbția unui foton și a fost de mult timp utilizată pentru a studia fizica și chimia moleculei. Procesul include, uzual, momentul de dipol electric al cuplajului moleculei la câmpul electromagnetic oscilant al fotonului, deși considerente de simetrie interzic această interacțiune în unele situații. (Detalii în *Nature*)

### **Laser de dimensiuni mici creează “lumină răsucită”**

Cercetători din SUA (State University of New York at Buffalo) și Italia (Polytechnic University of Milan) au realizat un laser de dimensiuni mici care emite “lumină răsucită”. Măsurând doar 9 μm, dispozitivul semiconductor poate produce un fascicol de lumină care transportă

moment unghiular orbital. Necesitând încă îmbunătățiri înainte ca laserul să fie comercializat, el ar putea fi utilizat într-o zi pentru a crește lărgimea de bandă a sistemelor de telecomunicații optice. Lumina răsucită și-ar putea găsi utilitatea în calculatoarele cuantice și comunicațiile cuantice. Într-un fascicol de lumină cu moment unghiular orbital, frontul de undă al câmpurilor electric și magnetic al luminii se răsucește în jurul direcției de propagare, creând un vortex la mijlocul fascicolului de lumină. Momentul unghiular orbital are loc în moduri bine-definite și unice, iar cercetătorii au creat deja prototipul sistemelor de telecomunicații optice care utilizează aceste moduri pentru a transmite informația. Abilitatea de a utiliza mai multe moduri diferite în același timp ar putea crește cantitatea de date care pot fi trimise în lungul fibrei optice. Fizicienii au arătat, de asemenea, că momentul unghiular orbital al fotonilor singulari poate suferi teleportare cuantică și momentul unghiular orbital ar putea fi utilizat într-o zi pentru a transfera informație cuantică în calculatoare cuantice și sisteme de criptografie cuantică. (Detalii în *Science*) ■

### Un nou tip de metamaterial origami

Un grup internațional de cercetători a realizat un metamaterial care este mobil în lungul unei laturi și rigid în lungul celeilalte, și care prezintă proprietăți topologice mecanice. Este pentru prima dată când tehnicile origami și kirigami topologice au fost aplicate experimental la metamateriale, care sunt materiale artificiale cu proprietăți acordabile, bine definite. În afară de dezvoltarea unui metamaterial cu două faze topologice distincte, grupul lucrează pe linii călăuzitoare teoretice pentru proiectarea și dezvoltarea unor astfel de materiale. În ultimii ani cercetătorii au devenit tot mai interesați în utilizarea vechilor arte japoneze de pliere și tăiere a hârtiei, respectiv origami și kirigami, pentru a construi și crea o varietate de metamateriale. Astfel, Bryan Gin-ghe Chen de la University of Massachusetts Amherst, conducătorul grupului, vede origami ca unul dintre cele mai recente experimente ale unui metamaterial. Chen și colegii din SUA și Olanda au fost inspirați de noua idee a mecanicii topologice, dezvoltată în 2014 de către Charles Kane și Tom Lubensky de la University of Pennsylvania. Avându-și originea în stările topologice observate în fizica cuantică, ideea a fost extinsă de Kane și Lubensky, care au arătat că există o clasă specială de structuri mecanice care pot fi „polarizate” astfel încât ele să fie maleabile în lungul unei laturi, în timp ce sunt rigide în lungul celeilalte. (Detalii în *Physical Review Letters*)

### Tranzistori flexibili realizați cu cerneluri nanocristaline

Un grup din SUA a prezentat un tranzistor flexibil, de înaltă calitate, realizat în întregime din nanocristale coloidale. Prin depozitarea secvențială a componentelor sub forma unor „cerneluri” nanocristaline, cercetătorii au putut realiza tranzistorii utilizând metode industriale standard, fără a fi nevoie de echipamente speciale de temperatură înaltă sau vid înalt. Realizarea a fost ridicată la scară, astfel că ar putea fi aplicată la o varietate de materiale și chiar la proiectarea circuitelor imprimabile pentru dispozitive electronice ușor de purtat sau implantabile. Tranzistorul a fost componenta principală a industriei electronice de la invenția, premiată cu Nobel, a lui John Bardeen, Walter Brittain și William Shockley din 1948. Cipurile calculatorului modern COMS (complementary metal-oxide semiconductor) conțin miliarde de tranzistori gravați pe o singură foiță de siliciu de înaltă puritate. În orice caz, oamenii de știință și inginerii sunt în prezent doritori să încorporeze dispozitive electronice în locuri mai mult decât improbabile: de la

afișaje ușor de purtat pe îmbrăcăminte la monitoare cu glucoză implantabile. Multe din aceste aplicații necesită dispozitive flexibile, deoarece siliciul cristalin este fragil. (Detalii în *Science*)

### Qubit de diamant controlat cu lumină și sunet

Fizicieni din SUA au utilizat pentru prima dată o combinație de lumină și sunet pentru a controla starea unui bit cuantic (qubit) de informație bazat pe diamant. Grupul a utilizat un puls laser și o undă sonoră pentru a modifica starea energetică a unui electron dintr-un centru de vacanță de azot din diamant. Conform cercetătorilor, tehnica ar putea constitui o încă altă realizare de controlare a qubiților într-o rețea bazată pe cip a centrilor de vacanțe de azot. Un centru de vacanță de azot are loc atunci când doi atomi vecini de carbon din diamant sunt înlocuiți cu un atom de azot și un loc de rețea gol. Pentru orice încercare de a realiza un calculator cuantic, vacanțele de azot sunt utile ca qubiți, deoarece ele au un electron care este extrem de izolat de rețeaua înconjurătoare, informația putând fi stocată într-o vacanță de azot prin plasarea ei într-o stare oarecare energetică, care poate fi apoi menținută pentru un timp îndelungat, chiar la temperatura camerei. Chiar mai mult, qubitul de vacanță de azot poate fi entanglat cu starea de polarizare a unui foton și astfel entanglementul spin-foton ar putea constitui baza viitoarelor calculatoare cuantice. (Detalii în *Physical Review Letters*)

### Jucătorii pe calculator rezolvă probleme cuantice

Mai mult de 10.000 de entuziaști ai jocurilor pe calculator au oferit o mână de ajutor fizicienilor din Danemarca pentru a întocmi protocoale mai bune privind funcționarea calculatoarelor cuantice. Cercetătorii de la Aarhus University au creat o suită de jocuri numite *Quantum Moves*, care mimează operații pe un calculator cuantic ipotetic. Când au avut în față provocări care se compară cu probleme reale de proiectare, jucătorii au venit cu soluții mai bune decât cele calculate de către fizicieni. Știința populară utilizează capitalul intelectual al oamenilor obișnuiți pentru a rezolva probleme științifice dificile. Proiecte de succes tind să utilizeze ingeniozitățile umane înnăscute ca o recunoaștere etalon, iar jocul pe calculator probează că adesea oamenii sunt mai buni chiar decât cele mai puternice calculatoare. Proiecte populare includ *Galaxy Zoo*, care se bizuie pe voluntari pentru a clasifica galaxiile în imaginile pe telescop și *Foldit*, care conține un joc al unei probleme diabolic de dificilă a prezicerii modului în care se încolăcesc proteinele. Recent, Jacob Sherson și colegii de la Aarhus au creat *Quantum Moves*, care utilizează știința populară pentru a ajuta proiectarea unui calculator cuantic care stochează și procesează qubiți de informație într-un aranjament de atomi captați într-o rețea optică. (Detalii în *Nature*)

## Mașină de căldură cu un singur atom

Fizicieni din Germania (University of Mainz) au dus miniaturizarea mecanică până la ultima limită, producând o mașină de căldură, una dintre invențiile cheie ale termodinamicii clasice, realizată numai cu un singur atom și au măsurat datele la ieșire. În timp ce mașini de căldură la scară micro au fost propuse și construite în trecut, acest proiect cu un singur atom reprezintă cea mai mică mașină de acest tip. Mașina de căldură, care transformă o diferență de temperatură în lucru mecanic, este mașina arhetip a termodinamicii clasice. Definiția termodinamicii clasice pentru temperatură implică energia medie a unui număr mare de particule și deci nu este direct aplicabilă la un singur atom. Pe de altă parte, o temperatură termodinamică clasică bine definită, poate fi obținută pentru o astfel de particulă utilizând așa-numita teoremă ergodică, care stabilește că energia medie a unui număr mare de particule într-o regiune a spațiului este egală cu energia unei singure particule pentru un interval de timp. (Detalii în *Science*)

## Cristale lichide modelate ghidează lumina prin lentile plane

Cercetători din Japonia au descoperit un mod nou de a controla lumina utilizând cristale lichide. Ei afirmă că metoda lor oferă multe avantaje ale unei „metasuprafețe” artificiale care este mult mai ușor de fabricat la scară industrială. Printre alte aplicații, cercetătorii consideră că descoperirea ar putea fi utilă pentru producerea sticlei „inteligente”. Lentilele refractive tradiționale au numeroase utilizări, dar și numeroase probleme. Cea mai notabilă este faptul că faza unei unde trebuie să fie continuă la ambele suprafețe, cu acumularea de fază continuu pe măsură ce unda se propagă prin lentilă. Adică, pentru a crea o deflecție macroscopică a luminii, se cere o grosime macroscopică a lentilei, care adesea face ca lentilele să fie grele și voluminoase. De asemenea, ele sunt insensibile la polarizare, ceea ce uneori este un avantaj, dar pe de altă parte limitează posibilitățile ce pot fi realizate. (Detalii în *Nature Photonics*)

## Nanotuburi de carbon și cipuri fotonice

Cercetători din Germania au utilizat un singur nanotub de carbon ca sursă de lumină scalabilă și acordabilă și l-au integrat într-un ghid de undă nanoscalar. Nanotuburile sunt parte a unui ghid de undă cu cristal fonic care convertește semnalele electrice în lumină. Cercetătorii speră ca realizarea lor să contribuie la progresarea domeniului optoelectronic și să ajute la producerea mai rapidă a cipurilor calculatoarelor. (Detalii în *Nature Photonics*)

## Grafenul dopat cu hidrogen manifestă magnetism

Cercetători din Spania, Franța și Egipt au descoperit că atomii de hidrogen pot induce magnetism în grafen și pot fi utilizați pentru a crea o ordine magnetică unifor-

mă de-a lungul unui material 1D. Ei au demonstrat, de asemenea, că este posibil ca atomii de hidrogen manipulați atomic pe grafen să controleze starea magnetică locală. Grafenul este un strat de carbon de doar un atom grosime, care are un număr de proprietăți unice, dar nu este magnetic. Încă din 2004 de când a fost izolat prima dată, încorporarea magnetismului a fost urmărită în lunga listă a capacităților grafenului, iar utilizarea spinului ca un grad de libertate suplimentar ar reprezenta un plus extraordinar la versabilitatea dispozitivelor bazate pe grafen. (Detalii în *Science*)

## Vortexurile magnetice înregistrează istoria câmpului magnetic al Pământului

Cercetători din Germania și Regatul Unit, care au utilizat holografia electronică pentru a întocmi harta proprietăților magnetice ale granulelor individuale, au descoperit pentru prima dată că structurile asemănătoare vortexurilor în granulele de magnetită pot păstra în mod fiabil informația magnetică, care rămâne nealterată la schimbările de temperatură, înregistrând istoria câmpului magnetic al Pământului. Descoperirea ne-ar putea ajuta să investigăm natura câmpului magnetic al Pământului, așa cum a evoluat și s-a schimbat în cursul miliardelor de ani și, de asemenea, să contribuie la înțelegerea noastră privind miezul Pământului și plăcile tectonice. Abilitatea mineralelor magnetice din unele roci de a capta o înregistrare a câmpului magnetic al Pământului la momentul formării lor constituie un instrument vital al geologiei. Nu numai că ea oferă o informație asupra modului în care s-au schimbat în cursul timpului proprietățile magnetice ale miezului planetar, dar prezintă și o dovadă crucială pentru susținerea teoriei plăcilor tectonice, arătând că diferitele continente trebuie să se miște unele față de altele pentru a explica mișcarea relativ diferită a polilor înregistrată de roci de-a lungul întregului glob. (Detalii în *Science Advances*)

## Filtru cuantic integrează 20.000 de joncțiuni

### Josephson

Fizicieni de la CSIRO din Australia au creat aranjamente care conțin 20.000 de joncțiuni Josephson. Dispozitivele sunt realizate dintr-un supraconductor de temperatură ridicată și operează la temperaturile azotului lichid. Cu îmbunătățiri, dispozitivele ar putea fi utilizate într-o serie de aplicații, incluzând senzori de câmp magnetic, precum și antene de radio-frecvență. Dispozitivele sunt numite filtre de interferență cuantică supraconductoare, care sunt aranjamente 2D de dispozitive de interferență supraconductoare (SQUID). Un SQUID este o spiră de supraconductor care este separată în două părți de către joncțiuni Josephson, izolatori electrice prin care curentul supraconductor poate tunela. O trăsătură importantă a unui filtru de interferență cuantic supraconductor este faptul că acesta cuprinde spire de diferite dimensi-

uni. Când un singur SQUID este supus la un câmp magnetic aplicat, el dezvoltă o tensiune care este o funcție periodică a intensității câmpului. Perioada acestei oscilații este legată de aria spirei, ceea ce înseamnă că suma tensiunilor unui număr mare de SQUID-uri cu diferite dimensiuni ale spirei este mai mult sau mai puțin constantă la majoritatea intensităților câmpului magnetic aplicat, dar are un minim foarte ascuțit la câmp aplicat zero. Aceasta face ca un SQUID să fie extrem de sensibil la câmpurile magnetice foarte slabe, precum și la radiația electromagnetică la frecvențe radio și de microunde. (Detalii în *Supraconductor Science and Technology*)

### **Acceleratorul cu plasmă laser european**

Fizicieni din domeniul acceleratoarelor din cinci țări europene elaborează proiecte pentru facilitățile primului accelerator din lume cu plasmă laser de înaltă energie pentru utilizare în domeniul științei și tehnologiei. Dacă va fi construit va livra fascicule de electroni de înaltă calitate cu energii de până la 5 GeV. Consorțiul EuPRAXIA cuprinde cercetători din 16 institute ale Uniunii Europene, incluzând lab DESY din Germania, Institutul Național Italian pentru Fizică Nucleară, Consiliul de Cercetare Național Francez și The Science and Technology Facilities Council din Regatul Unit. EuPRAXIA are, de asemenea, 18 parteneri asociați din toată lumea, incluzând Lawrence Berkeley National Laboratory din SUA, RIKEN din Japonia și CERN din Elveția. Ideea accelerării cu plasmă laser a fost lansată acum mai bine de 30 de ani și, în 2014, fizicienii utilizând LBNL's Berkeley Lab Laser Accelerator au reușit să accelereze electroni până la energii de 4,2 GeV. Procesul cuprinde amorsarea de pulsuri laser foarte intense într-un gaz pentru a crea plasmă. Pe măsură ce pulsul trece prin gaz, rupe electronii de nucleee pozitive și deci creează un gradient de câmp electric uriaș în urma sa. Acest gradient poate fi de mii de ori mai mare decât cel creat în acceleratori de particule convenționale, și, deci, accelerează electronii la energii mari pe distanțe mult mai scurte decât facilitățile convenționale. Rezultatul constă într-un accelerator compact care nu este mult mai mare decât laserul utilizat pentru a crea plasma, ceea ce înseamnă că acceleratorul cu plasmă laser poate fi instalat într-o clădire mică.

### **De ce criptografia cuantică ar putea fi o „stradă” cu un singur sens**

Două grupuri independente de fizicieni au demonstrat experimental pentru prima dată un tip curios de fenomen nelocalizat cunoscut ca o conducere cuantică cu un singur sens. Acest fenomen este similar cu entanglementul cuantic, dar se aplică atunci când unul din doi participanți care împart o stare cuantică nu se bazează pe sursa particulelor cuantice. Cercetătorii afirmă că descoperirea lor ar contribui la aplicații largi ale criptografiei cuantice. Ideea nelocalizării cuantice a fost

prima dată abordată într-o faimoasă lucrare publicată de către Albert Einstein, Boris Podolsky și Nathan Rosen în 1935. Cei trei au descris un experiment imaginar desemnat să ilustreze neconcordanțele interpretării lui Niels Bohr ale mecanicii cuantice, în care un obiect care este măsurat și dispozitivul de măsurare sunt privite ca un întreg inseparabil. Einstein, Podolsky și Nathan au susținut că o altă informație ar trece instantaneu între două puncte (contrazicând astfel, aparent, relativitatea specială) sau teoria cuantică era incompletă, cu alte cuvinte, erau necesare „variabile ascunse” în plus la funcția de undă pentru a descrie realitatea fizică. Ulterior, Bohr a avut câștig de cauză, iar fizicienii au mers pe o cale nu complet fără cusur privind dovada nelocalizării și au exploatat fenomenul în tehnologia comunicațiilor cuantice. Cel mai familiar exemplu este entanglementul cuantic, adus în față de către Erwin Schrödinger ca răspuns la lucrarea lui Einstein și colegii, în care perechi de particule cuantice pot fi dispuse astfel că și atunci când sunt plasate la distanțe mari una de alta, o măsurătoare pe una dintre ele fixează instantaneu starea pe cealaltă. (Detalii în *Physical Review Letters*)

### **Spectroscopia laser determină sexul oului de găină**

Cercetători de la Dresden University of Technology și University of Leipzig, Germania, au descoperit o metodă de utilizare a spectroscopiei pentru a determina sexul unui ou de găină înainte ca el să fie clocit. Tehnica, ce va fi în curând aplicată comercial, ar putea fi o alternativă la practica de rutină în crescătoriile de pui prinuciderea puișorilor masculi scurt timp după naștere. În crescătoriile de pui, circa jumătate din toți puișorii născuți în fermele de păsări de curte sunt considerați neviabili comercial deoarece sunt masculi. De asemenea, deoarece sunt incapabili să facă ouă, puii masculi sunt un soi optimizat pentru a face ouă, decât pentru producția de carne și deci nefolositori ca sursă de hrană. Ca rezultat, ei sunt aleși după naștere, urmând a fi folosiți pentru alte scopuri, cum ar fi producția de hrană animală. Numai în Regatul Unit, se estimează că circa 30-40 de milioane de puișori sunt aleși în fiecare an, iar în toată lumea cantitatea este de ordinul miliardelor.

### **Dot cuantic supraconductor, placă turnantă pentru electroni**

Cercetători din Franța, Rusia și Finlanda au realizat un dot cuantic metalic presat între doi supraconductori, care funcționează ca o placă turnantă, permițând doar unui singur electron să treacă la un moment dat. Aplicând o tensiune de curent alternativ prin dispozitiv, cercetătorii pot controla tunelarea electronilor în și în afara dotului. În timp ce astfel de plăci turnante au fost realizate înainte, aceasta este prima unde electroni la doar un nivel energetic cuantic diferență sunt permiși să treacă, ceea



ce face ca dispozitivul să fie ideal pentru aplicații cuantometrologice. Abilitatea de a controla fluxul de curent până la nivelul unui singur electron a fost o realizare recentă și majoră a fizicii materiei condensate. Într-adevăr, producerea și controlarea electronilor singulari într-un circuit pe un cip are multiple aplicații, de la nanoelectronică la optica electronilor și chiar tehnologii cuantice. În majoritatea surselor de curent cuantic, electronii sunt trimiși într-un singur șir în lungul unui conductor utilizând forța Coulomb repulsivă dintre electroni. Dispozitivele anterioare cu placă turnantă pentru electroni s-au bazat pe plăci turnante cu tranzistor cu un singur electron, supraconductoare, unde o regiune metalică sau o „insulă” este conectată la doi supraconductori care conduc prin joncțiuni de tunelare izolatoare. Aceste dispozitive au avantajul faptului că banda interzisă de energie în densitatea stărilor supraconductorilor este foarte îngustă. (Detalii în *Physical Review Letters*)

### **O nouă stare a moleculei de apă**

Fizicieni din SUA și Regatul Unit au descoperit faptul că molecule de apă captate în canale minuscule există într-o superpoziție cuantică neclară a șase configurații diferite care prezintă prea puțină asemănare cu structura unei molecule libere. Pentru descoperirea lor, fizicienii au utilizat împrăștierea de neutroni pentru a realiza o hartă a locațiilor atomilor de hidrogen în molecule de apă captate în mineral de beril, relevând că atomii tunelează între cele șase configurații. Cercetătorii au găsit, de asemenea, dovadă că, spre deosebire de apa normală, o moleculă captată are un moment de dipol electric zero. Cercetarea ar putea lămuri modul în care se comportă apa atunci când este constrânsă în spații mici, așa cum ar fi membranele celulelor vii. Tunelarea este un fenomen pur cuantomecanic prin care o particulă poate trece o barieră de energie, deși nu are destulă energie pentru a escalada bariera. (Detalii în *Physical Review Letters*)

### **O nouă tranziție nucleară spontană în toriu-229**

Fizicieni din Germania au descoperit pentru prima dată o tranziție crucială de energie joasă în nucleul de toriu-229, care ar putea fi utilizată pentru a crea o nouă frecvență standard. Astfel, un ceas nuclear care este mai precis decât orice ceas atomic accesibil din prezent ar putea deveni în curând o realitate. Deși tranziția trebuie să fie determinată mai precis înainte ca să poată forma baza unui ceas, rezultatele oferă prima confirmare experimentală directă că tranziția eluzivă există la aproximativ aceeași energie la care a fost prezisă. Cele mai bune ceasuri atomice accesibile astăzi pot menține timpul în interiorul unei secunde dacă ele ar funcționa chiar 13 miliarde de ani, vârsta curentă a Universului. Aceste ceasuri lucrează prin menținerea unui laser în rezonanță cu tranzițiile electronice între nivelele energetice în atomi sau ioni, „ticurile” ceasului fiind frecvența lumi-

nii laser. Cea mai importantă limitare a performanței ceasului este modul în care dispozitivul este susceptibil la interferența cu câmpurile electromagnetice parazitare. Nucleele sunt de sute de mii de ori mai mici decât atomii și se leagă împreună mult mai puternic, făcând astfel ca tranzițiile nucleare să fie mai puțin sensibile la câmpurile electromagnetice externe. A constituit o lipsă mare a comunității metrologice producerea unui „ceas nuclear” prin legarea unui laser la o tranziție nucleară. Problema constă în faptul că tranzițiile nucleare tind să aibă loc la energii care sunt de mii sau chiar milioane de ori mai mari decât fotonii produși de laserii actuali. Oricum, tranziția dintre starea fundamentală a nucleului de toriu-229 și o stare excitată (numită Th-229m) s-a așteptat a avea numai circa 7,8 eV energie. Aceasta corespunde la energia fotonilor ultravioleți, care pot fi generați de către laser. (Detalii în *Nature*)

### **Accelerator de cuasiparticule controlat de pulsuri de lumină ultrarapide**

Un grup internațional de fizicieni a realizat primele ciocniri controlate de cuasiparticule din interiorul unui solid. Prin amorțirea unui puls laser pe un semiconductor, grupul a creat „excitoni”, perechi electron-gaură legate una cu alta prin atracție electrostatică. Această nouă tehnică experimentală ar putea rezolva dinamica ciocnirii în cadrul a circa două femtosecunde. Cercetătorii afirmă că, în afara creșterii posibilităților noastre de înțelegere a fizicii fundamentale a excitonilor, tehnica deschide perspectiva de a studia dinamica rapidă a interacțiunilor dintre cuasiparticule în solide. S-ar preta chiar la utilizarea proiectării dispozitivelor semiconductoare în viitor. Cuasiparticulele, cum sunt excitonii, sunt configurații de particule care au o comportare colectivă distinctă. Cuasiparticulele sunt un mod mai ilustrativ al comportării de volum a semiconductorilor și alte solide, comparat cu electronii individuali. Interacțiunile între cuasiparticule sunt adesea utilizate pentru a explica proprietățile de material astfel cum ar fi rezistivitatea, capacitatea calorică și supraconductibilitatea. (Detalii în *Nature*)

### **Nanostructură optică artificială**

Cercetători din Australia au creat un material artificial cu proprietăți optice ale ochiului captivant al fluturului *Callophrys rubi*. Utilizând o tehnică de litografie specială, grupul a fost capabil să realizeze nanostructuri gyroid fotonice similare cu cele găsite pe aripile fluturului. Structurile artificiale, care depășesc contrapartida lor naturală în multe privințe, ar putea găsi utilizare în diferite tehnologii fotonice și optice. Gyroidele sunt structuri periodice 3D realizate pe suprafețe curbe, care se întrepătrund. Ele au constante de rețea care sunt compatibile cu lungimea de undă a luminii vizibile, ceea ce înseamnă că ele au un set de proprietăți optice, cum ar fi

culoarea structurală. Aceasta este cea care dă fluturului *Callophrys rubi* o strălucire albastru-verde minunată pe aripile sale. Mulțumită simetriei lor cubice și faptului că ele sunt mecanic tari, gyroidele ar putea fi ideale pentru realizarea de cristale fotonice și alte metamateriale optice. (Detalii în *Scientific Advances*)

### **Gheață încărcată magnetic**

Fizicieni din SUA (conduși de către Yong-Lei Wang de la Argonne National Laboratory in Illinois) au creat un nou material numit „gheață încărcată magnetic”. Proprietățile magnetice ale materialului pot fi manipulate la scară nanometrică și materialul ar putea fi utilizat într-o zi la codarea datelor la densități mai mari decât memoriile magnetice curențe. Tehnicile utilizate pentru a crea și controla noul material ar putea, de asemenea, conduce la realizarea altor sisteme magnetice artificiale. Gheața din apă are o structură tetragonală care este deformată în așa fel încât fiecare atom de hidrogen este deplasat fie spre, fie înapoi în raport cu atomul de oxigen cel mai apropiat. Chimistul Linus Pauling a postulat în 1935 că în starea de rețea energetică cea mai coborâtă, fiecare atom de oxigen are doi protoni deplasați spre el și doi deplasați în sens invers. Această constrângere nu poate fi satisfăcută simultan pretutindeni, făcând gheața să fie un sistem „frustrat”. Pentru alte materiale, cum ar fi unele rețele cristaline minerale, spinii atomici se supun, de asemenea, regulilor impuse gheții de către Pauling și au fost denumite „ghețuri de spin”. În 2006, cercetători conduși de către Peter Schiffer de la Pennsylvania State University au creat o gheață de spin artificială utilizând particule feromagnetice de dimensiuni nanometrice pentru spini atomici individuali. Aceasta le-a permis să măsoare orientările magnetilor individuali și să obțină direct imaginea fizicii frustrării. În plus, cercetătorii au arătat că ghețurile de spin pot fi studiate independent de orientările specifice ale domeniilor individuale, doar considerându-le ca rețele de poli nord și sud, care sunt considerate sarcini magnetice pozitive și respectiv, negative. (Detalii în *Science*)

### **Material asemănător gelului în pielea unor pești**

Oameni de știință din SUA (University of California, Santa Cruz) au descoperit că un material asemănător gelului, găsit în pielea rechinilor și a altor pești, are cea mai mare conductivitate protonică măsurată într-un material biologic. Gelul aflat în special în pori ajută creaturile să vâneze prin sesizarea câmpurilor electrice extrem de slabe create de către victimă. Prin înțelegerea modului în care acest sistem de senzori lucrează, grupul de cercetare consideră că descoperirea ar putea conduce spre dezvoltarea de noi tipuri de senzori electrice. Unii pești, incluzând calcanii și rechinii, pot sesiza câmpuri electrice foarte mici, de 5nV/cm, ceea ce le permite să detecteze contracțiile musculare și alte

activități fiziologice la prada potențială. Ei sesizează câmpurile utilizând aranjamente de organe electro-senzitive din pielea lor numite ampulele lui Lorenzi. O ampulă a lui Lorenzi individuală conține un canal care este umplut cu o substanță asemănătoare gelului, care vine în contact cu ambianța externă printr-un por din pielea animalului. Capătul interior al canalului se termină într-o pungă (sau „alveolă”) care conține celule ce transmit semnale electrice de la gel la sistemul nervos al peștelui. Oricum, oamenii de știință nu înțeleg pe deplin modul în care semnalele electrice mici sunt conduse de-a lungul ampulei lui Lorenzi de la mediul exterior la alveolă. Grupul amintit a descoperit că gelul din ampula lui Lorenzi este un extrem de bun conducător al protonilor, ceea ce ar putea explica modul în care se pot transmite câmpuri electrice slabe. (Detalii în *Science Advances*)

### **Radiație terahertziană coerentă creată în plasmă laser**

Fizicieni din China și Regatul Unit au descoperit pulsuri strălucitoare de radiație terahertziană coerentă, care a fost creată după amorsarea unui laser pe ținte special proiectate. Noua tehnică ar putea conduce la dezvoltarea surselor terahertziene compacte deja intense cu o gamă largă de aplicații, incluzând fizica stării condensate, imagistica biomedicală și chiar comunicațiile fără fir. Radiația terahertziană se situează între regiunile infraroșu și de microunde ale spectrului electromagnetic. Fiind un instrument util al excitațiilor colective în solide, radiația terahertziană este capabilă să treacă prin materiale cum ar fi îmbrăcămintea și ambalajele și, deci, ar putea fi utilizată pentru scanarea de securitate. S-a demonstrat că radiația terahertziană este foarte dificilă pentru a crea practic surse și detectori terahertzieni, astfel că aplicațiile sunt încă destul de limitate. Radiația terahertziană coerentă poate fi creată utilizând laseri în cascadă cuantică, dar cele mai bune dispozitive din prezent sunt de putere relativ slabă. Surse terahertziene de mult mai mare putere pot fi realizate prin dirijarea de fascicule de electroni de înaltă energie spre ținte solide, dar este necesară facilitarea unui accelerator mare. (Detalii în *Physical Review Letters*)

### **Contribuția Google la realizarea calculatoarelor cuantice universale**

Cercetători de la Google au creat pentru prima dată un prototip care combină arhitectura, atât a unui calculator cuantic universal, cât și a unui calculator cuantic analogic, prin aducerea împreună a celor mai bune două tipuri de calculator cuantic. Digitalizând calculatoarele tradițional analogice care se poate realiza cu un calculator cuantic adiabatic, sistemul obținut de grupul de cercetare constituie un pas mai aproape de un calculator cuantic universal, care ar putea rezolva orice problemă

computațională. Acesta este, în particular, relevant pentru câteva dintre cele mai complexe și practice aplicații pe care oamenii de știință speră ca în viitor să le abordeze calculatoarele cuantice, incluzând sintetizarea noilor medicamente farmaceutice sau descifrarea pe termen lung a hărților climatice. Cursa spre construirea unui calculator cuantic universal include în acest moment un număr de grupuri experimentale și companii din toată lumea, cum ar fi Google, IBM și D-Wave, fiecare din ele abordând diferite metode și tehnologii. (Detalii în *Nature*)

### **Lentile plate de înaltă eficacitate**

Cercetători din SUA și Canada au realizat lentile plate, de înaltă eficiență, cu metasuprafață ultrasubțire, care focalizează lumina la spoturi sub lungimea de undă. Dispozitivele, care produc imagini comparabile cu cele ale lentilelor comerciale de top, au fost realizate într-o manieră viabilă comercial și ar putea fi utilizate la imagistica legată de laser, în microscopie și spectroscopie. Ele ar putea fi îmbunătățite pentru utilizare la camerele telefoanelor mobile și în electronica portabilă. (Detalii în *Science*)

### **Fascicole de “twisted light” trimise la 143 km peste mare**

Fizicieni din Austria au stabilit un nou record privind trimiterea de fascicole laser codate cu moment unghiular orbital la o distanță de 143 km între două insule din Canare, distanța fiind de 50 de ori mai mare decât recordul lor anterior pentru transmiterea “twisted light”. Grupul de fizicieni afirmă că rezultatele arată că ar fi posibil de a coda date utilizând stările de moment unghiular orbital ale luminii, atât pentru comunicații clasice, cât și cuantice, incluzând transmiterea de date spre și dinspre sateliți. Lumina posedă două tipuri de moment unghiular. Fenomenul familiar de polarizare este legat de momentul unghiular de spin, iar pe de altă parte, momentul unghiular orbital induce un front de undă al fascicolului luminos care să se răsucescă în jurul direcției de propagare, creând un vortex în mijlocul fascicolului. Deoarece gradul de răsucire poate lua, în principiu, orice valoare, codarea unui fascicol cu moment unghiular orbital poate multiplica de multe ori capacitatea de transport a informației a oricărui canal de comunicație clasic cu lărgime de bandă fixă. În comunicațiile cuantice, astfel de codare ar putea face ca fiecare foton să transporte mai mult de un bit cuantic (qubit) de informație.

### **Măsurarea reculului fotonilor**

Fizicieni din Elveția au măsurat pentru prima dată efectul de încălzire al micilor reculuri de la fotonii care ciocnesc o particulă microscopică. Aceste reculuri stabilesc o limită fundamentală asupra modului în care particulele pot fi răcite când sunt captate în trape

optice. O mai bună înțelegere a acestui efect ar putea conduce la experimente în care o particulă captată este stabilită într-o stare cuantică bine definită. Astfel de particule ar putea fi apoi utilizate pentru a studia modul în care astfel de stări evoluează sub influența gravitației. O particulă poate fi reținută într-o trapă optică de către o groapă de energie potențială creată de câmpul electromagnetic al luminii laser. Particula captată suferă o mișcare haotică cu amplitudine ce depinde de energia ei. Atomii și ionii individuali pot fi adresați de către laser și stările lor cuantice pot fi manipulate de către fotoni. În majoritatea cazurilor, mecanismul de încălzire dominant pentru particule macroscopice captate îl constituie ciocnirile termice cu molecule de gaz reziduale, care rămân în trapă după ce ea este vidată. (Detalii în *Physical Review Letters*)

### **Lentilă miniaturală tipărită 3D**

Cercetători de la University of Stuttgart din Germania au descoperit o nouă metodă (numită scriere laser directă cu doi fotoni) pentru lentile compuse de înaltă calitate, de dimensiuni micro, tipărite 3D direct pe senzori de imagine sau fibre optice. Tehnica ar putea fi utilizată pentru a crea lentile miniaturale pentru o varietate de aplicații, incluzând endoscoapele pentru imagistică medicală (lentila poate trece printr-un ac de seringă) și camere pentru drone de dimensiuni mici. Metodele existente pentru crearea lentilelor de dimensiuni sub-milimetrice includ turnarea în injecție sau măcinarea diamantului. Dar, ambele tehnici sunt limitate în dimensiunea și forma lentilelor. Tehnicile convenționale sunt, de asemenea, incapabile să combine elemente de lentile multiple. Împreună, aceste limitări fac foarte dificilă crearea sistemelor multi-lentilă cu forme nesferice ale lentilei, care sunt necesare pentru aplicații de înaltă performanță. (Detalii în *Nature Photonics*)

### **Electroni relativiști captați în interiorul doturilor cuantice de grafen**

Fizicieni din SUA și Japonia au obținut imagini ale electronilor relativiști captați în doturi cuantice de grafen. Abilitatea de a confina și controla electronii într-un astfel de mod ar putea juca un rol important în dezvoltarea dispozitivelor la scară nanometrică bazate pe grafen și ar putea, de asemenea, contribui la înțelegerea mai bună a acestor “fermioni Dirac” exotici. Grafenul este o rețea de atomi de carbon sub forma fagurelui de miere de numai un atom grosime, care a fost izolat în anul 2004. El are un număr de proprietăți electronice unice, dintre care multe provin din faptul că el este un semiconductor cu un interval de energie zero între benzile sale de valență și conducție. În apropierea punctului unde cele două benzi se întâlnesc, relația între energia și momentul purtătorilor de sarcină (electroni și găuri)

din material, este descrisă de ecuația Dirac și se compară cu cea a unui foton. Aceste benzi, numite conuri Dirac, permit ca acești purtători de sarcină să treacă prin grafen cu viteze extrem de mari, apropiate de cea a luminii. Această mobilitate extrem de mare duce la concluzia că dispozitivele electronice pe bază de grafen, cum ar fi tranzistorii, ar putea fi mai rapizi decât orice există în prezent. (Detalii în *Nature Physics*)

### **Laserii transformă infraroșiiile în lumină albă de bandă largă**

Cercetători din Germania au dezvoltat un nou mod de a realiza lumină albă de bandă largă utilizând un cip de diodă laser de infraroșii, portabilă. Tehnologia utilizează efecte neliniare într-un material amorf, special proiectat, ușor de produs convertind radiația infraroșie în lumină vizibilă de bandă largă. Lumina emisă este, de asemenea, extrem de direcțională, făcând-o utilizabilă pentru dispozitive cu rezoluție înalt spațială cum sunt, de exemplu, microscopul. Becurile de lumină incandescente, de mult timp realizate, radiază egal în toate direcțiile, iar mai nou diodele cu emisie de lumină (LED) trimit lumina în față în toate direcțiile. Acest lucru este util pentru iluminarea unei camere sau a unui televizor, dar aplicațiile privind microscopia cer iluminare direcțională. (Detalii în *Science*)

### **Afișaj 3D exploatează lumina răsucită**

Oameni de știință de la University of Cambridge și Disney Research au propus un nou afișaj 3D care exploatează momentul unghiular orbital al luminii răsucite. Grupul afirmă că afișajul de nouă pe nouă pixeli demonstrează o nouă și puternică tehnică pentru organizarea și transmiterea unor cantități masive de date necesare pentru afișarea imaginilor 3D și eventual video. Utilizând noua lor tehnică, Daping Chu de la Cambridge și colegii au fost capabili să afișeze trei imagini diferite care au fost proiectate în direcții diferite. Prototipul lor afișează pixelii arătați luminați sub forma a trei litere diferite P, S și G, fiecare proiectat la un unghi diferit. Depin-

zând de unde sunt poziționați, observatorii ei vor vedea o literă diferită. Tehnica pentru a crea imaginile a inclus mai mulți pași. Primul pas a constat din faptul că fiecare literă a fost înregistrată ca o figură din pixeli. Apoi acea figură a fost codată ca un semnal care ar putea fi transmis la afișaj. În final, afișajul a primit și a decodat semnalul pentru a deveni imagine. (Detalii în *Journal of Optics*)

### **Legea Snell pentru undele de spin a fost măsurată**

Un grup internațional de cercetători a realizat prima verificare experimentală a legii Snell pentru undele de spin. Imaginând undele incidente, refractate și reflectate la interfețele în filme feromagnetice subțiri, grupul a arătat modul în care legea este diferită pentru undele de spin, comparativ cu lumina. Conform cercetătorilor, lucrarea lor constituie un pas spre domeniul în curs de dezvoltare al "magnonicii" prin care informația ar putea fi codată în unde de spin. În optică, legea Snell prezice drumul parcurs de către un fascicol de lumină care trece dintr-un mediu în altul. Formula subliniază relația dintre unghiurile de incidență și refracție, atunci când lumina sau alte unde trec printr-o graniță dintre două medii izotropice diferite. Trecerea prin astfel de granițe determină undele să-și schimbe viteza, cauzând reflecția și refracția. (Detalii în *Physical Review Letters*)

### **Entanglement pentru circa 3000 atomi cu un singur foton**

Fizicieni din SUA și Serbia (Vladan Vuletić și colegii de la Massachusetts Institute of Technology și the University of Belgrade) au creat o stare cuantică corelată (*entangled*) a circa 3000 de atomi ultrareci utilizând doar un singur foton. Acesta este cel mai mare număr de atomi corelați cuantic în laborator, iar cercetătorii afirmă că tehnica ar putea fi utilă la mărirea preciziei ceasurilor atomice. O proprietate a particulelor corelate cuantic este că ele pot fi foarte sensibile la stimuli externi, cum ar fi gravitația sau lumina și, deci, ar putea fi utilizate la crearea de "senzori cuantici" preciși sau ceasuri precise. Experimentul este descris în *Nature*.

**La închiderea ediției** CdF numărul 82 (ianuarie 2017) – numărul de față – are data de închidere a ediției la 10 ianuarie 2017. Numărul anterior, 81 (iunie 2016), a fost tipărit între 14 și 15 iunie 2016. Pachetele cu revista au fost trimise difuzorilor voluntari ai FHH și SRF pe data de 20 iunie 2016.

Numărul următor este programat pentru luna iunie 2018.

## **CURIERUL DE FIZICĂ** ISSN 1221-7794

**Comitetul director:** Redactorul șef al CdF, Secretarul Științific al IFIN-HH și Secretarul general al Societății Române de Fizică

**Membri fondatori:** Suzana Holan, Fazakas Antal Bela, Mircea Oncescu

**Redacția:** Corina Anca Simion – redactor șef, Dan Radu Grigore, Mircea Morariu

**Macheta grafică și tehnoredactarea:** Adrian Socolov

Au mai făcut parte din Redacție: Sanda Enescu, Marius Bârsan, Bogdan Popovici

Împrimat la IFIN-HH

Apare de la 15 iunie 1990, cu 2 sau 3 numere pe an.

**Adresa redacției:** Curierul de Fizică, C.P. MG-6, 077125 București-Măgurele.

**Tel.** 021 404 2300 interior 5650. Fax 021 457 4210, **E-mail:** anke@nipne.ro

**INTERNET:** [curieruldefizica.nipne.ro](http://curieruldefizica.nipne.ro)

Distribuirea de către redacția CdF cu ajutorul unei rețele de difuzori voluntari ai FHH, SRF și SRRp.

La solicitare se trimite gratuit bibliotecilor unităților de cercetare și învățământ cu inventarul principal în domeniile științelor exacte.