

Fizica românească în deceniul 2001-2010 (Romanian physics in the decade 2001-2010)

I. Performanța științifică. Caracterul multi- și interdisciplinar (I. Scientific performance Multi- and interdisciplinary research)

FLORIN VASILIU^{a*}, FLORIN BUZATU^b

^a*Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare pentru Fizica Materialelor, București-Măgurele, România*

^b*Institutul de Fizică Atomică, București-Măgurele, România*

This paper is devoted to a scientometric analysis of publications published by Romanian physics in international journals in the decade 2001-2010. 9 main physics directions and 3 physics-related thematic areas can be pointed out on the basis of some indicators (number of cited publications Q_n , citations number C_n and cumulated impact factor). A third from Romanian publications indexed in Web of Science and about 60% from the total citation number for all fields belong to these main physics and physics-related directions. The crown indicator C_n/P_n has values over 10 for domains such as Physics, Nuclear ; Physics, Fluids&Plasmas and Physics, Particles &Fields but the lowest values under 5 occur for the fields with highest productivity (Physics Applied and Optics). In all physics directions, the three physics institutes located at Magurele, Bucharest and three universities (UBB, UB and UAIC) have outstanding contributions reflected in the obtained scientific output. An overview of international cooperation and the inter- and multidisciplinary nature of various physics directions is presented

1. Introducere

În lucrare vom prezenta o serie de rezultate scientometrice referitoare la cercetarea în domeniul fizicii din România, reflectată în publicații apărute în perioada 2001-2010. O parte dintre aceste rezultate au fost obținute de autori, în cadrul proiectului “Evaluarea potențialului românesc de cercetare în domeniul fizicii și elaborarea strategiei de cooperare

internațională” (ESFRO), realizat în perioada 2008-2010 de un consorțiu alcătuit din Institutul de Fizică Atomică (IFA) (în calitate de coordonator), împreună cu alte 16 instituții de cercetare și învățământ din întreaga țară (Tabelul 1). Din acest motiv, unele rezultate au fost deja incluse într-o formă parțială, similară sau modificată, în rapoartele asociate proiectului sus menționat [1].

Tabelul 1. Consorțiul alcătuit din IFA (coordonator), împreună cu alte 16 instituții de cercetare și învățământ din România.

1.	Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare pentru Fizica Materialelor, Măgurele, jud. Ilfov (INFM)
2.	Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare pentru Fizică și Inginerie Nucleară Horia Hulubei, Măgurele, jud. Ilfov (IFIN-HH)
3.	Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare pentru Fizica Laserilor, Plasmei și Radiației, Măgurele, jud. Ilfov (INFLPR)
4.	Institutul de Științe Spatiale - INFLPR, Măgurele, jud. Ilfov (ISS)
5.	Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare pentru Optoelectronică, Măgurele, jud. Ilfov (INOE)
6.	Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare pentru Fizica Pământului, Măgurele, jud. Ilfov (INFP)
7.	Universitatea Alexandru Ioan Cuza, Iași (UAIC)
8.	Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare pentru Fizică Tehnică, Iași (IFT)
9.	Universitatea “Babes-Bolyai”, Cluj-Napoca (UBB)
10.	Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare pentru Tehnologii Izotopice și Moleculare, Cluj-Napoca (ITIM)
11.	Universitatea București (UB)
12.	Universitatea “Politehnica” București (UPB)
13.	Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare pentru Tehnologii Criogenice și Izotopice, Râmnicu Vâlcea (ICSI)
14.	Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare pentru Electrochimie și Materie Condensată, Timișoara (IEMC)
15.	Universitatea de Vest din Timișoara (UVT)
16.	Universitatea din Craiova (UC)

Metodologia se bazează pe clasificarea tematică “Science Citation Index Expanded” (SCIE), elaborată de “Institute of Scientific Information” (ISI) din Philadelphia, USA, și folosită de “Web of Science” (WoS) [2,3] la încadrarea publicațiilor din revistele cotate ISI în categorii de subiecte (arii tematice).

Din cele aproape 200 de arii tematice SCIE, au fost selectate inițial ca fiind de fizică sau strâns înrudite cu fizica, 34 de categorii prezentate în

Tabelul 2: 17 considerate principale (dintre care 9 – cele cu caractere îngroșate – fiind considerate ca cele mai caracteristice fizicii în general) și 17 secundare (caractere italice). Selecția acestor arii tematice s-a făcut numai pe baza descrierilor/definițiilor respective pentru fiecare categorie în parte și a legăturii tematice cu obiectul de activitate al fizicii în general.

Tabelul 2. Categorii SCIE.

MAIN PHYSICS-RELATED SUBJECT AREAS		OTHER PHYSICS-RELATED SUBJECT AREAS	
No.	Category Name	No.	Category Name
1	Astronomy & Astrophysics	18	<i>Acoustics</i>
2	Biophysics	19	<i>Chemistry, Inorganic & Nuclear</i>
3	Crystallography	20	<i>Chemistry, Physical</i>
4	Mechanics	21	<i>Computer Science, Interdisciplinary Applications</i>
5	Nanoscience & Nanotechnology	22	<i>Computer Science, Theory & Methods</i>
6	Nuclear Science & Technology	23	<i>Geochemistry & Geophysics</i>
7	Optics	24	<i>Geosciences, Multidisciplinary</i>
8	Physics, Applied	25	<i>Instruments & Instrumentation</i>
9	Physics, Atomic, Molecular & Chemical	26	<i>Materials Science, Biomaterials</i>
10	Physics, Condensed Matter	27	<i>Materials Science, Ceramics</i>
11	Physics, Fluids & Plasmas	28	<i>Materials Science, Characterization & Testing</i>
12	Physics, Mathematical	29	<i>Materials Science, Coatings & Films</i>
13	Physics, Multidisciplinary	30	<i>Materials Science, Composites</i>
14	Physics, Nuclear	31	<i>Materials Science, Multidisciplinary</i>
15	Physics, Particles & Fields	32	<i>Mathematics, Applied</i>
16	Spectroscopy	33	<i>Multidisciplinary Sciences</i>
17	Thermodynamics	34	<i>Radiology, Nuclear Medicine & Medical Imaging</i>

După cum este descris pe larg în Cap. 3, metodologia utilizată a condus, în final, la identificarea a 25 de arii tematice în fizică și domenii conexe, cu potențial de cercetare ridicat în comparație cu restul tematicilor abordate. Printre acestea se regăsesc direcțiile “tradiționale” de fizică (nucleară, materie condensată, optică etc), dar și direcții (unele mai puțin anticipate) apropiate mai mult de chimie, știința materialelor, tehnologie și inginerie, lucru care evidențiază caracterul inter- și multidisciplinar al fizicii, care este, cu siguranță, firesc. Ariile tematice identificate ca principale vor fi descrise pe larg, din punct de vedere al performanței științifice (bazată pe publicații), subliniindu-se ponderea și vizibilitatea fizicii din România la nivel național și internațional.

WoS asociază fiecărei reviste cotate ISI una sau mai multe arii tematice SCIE, în care încadrează

publicațiile respective. Ariile tematice SCIE asociate fiecărei publicații ISI sunt specificate în informația furnizată de WoS. Există însă reviste încadrate într-o anumită categorie, care pot avea secțiuni (și deci articole publicate) corespunzând mai degrabă altor categorii tematice SCIE, de obicei mai înguste/focalizate. Categoriile SCIE, asociate unei anumite lucrări, pot deci să nu fie întotdeauna cele mai adecvate subiectului abordat în lucrarea respectivă. De exemplu, lucrări de fizica particulelor elementare publicate în revista *Physics Letters B* sunt încadrate sistematic în aria tematică “Physics, Multidisciplinary”. Categoriile SCIE, care cuprind în denumire “Multidisciplinary”, ca și altele, precum “Physics, Applied” sau “Instruments and Instrumentation”, au un grad mare de generalitate și nu reflectă întotdeauna aria tematică mai îngustă în care s-ar încadra lucrarea respectivă.

O clasificare mai adecvată publicațiilor de fizică și astronomie (eventual și domenii înrudite) o reprezintă schema “Physics and Astronomy Classification Scheme” (PACS) [4] dezvoltată de “American Institute of Physics” (AIP) începând cu 1975 și actualizată anual; este o schemă de clasificare a subiectelor cu caracter ierarhic adoptată internațional. Schema PACS conține, la primul nivel, 10 subdomenii largi, fiecare dintre ele

subdivizate la nivelul următor în tematici mai restrânse (patru până la șapte, în total 89 pentru nivelul doi); subdiviziunea se repetă până la nivelul cinci. Pentru exemplificare, prezentăm în Tabelul 3 numai primul nivel din schema PACS. Prin compararea celor două clasificări, se poate constata că multe din ariile tematice SCIE pot fi corelate cu cele din schema PACS, cel puțin la primul nivel.

Tabelul 3. Ariile tematice PACS corespunzătoare primului nivel.

Code	Main Topic
00	General
10	The Physics of Elementary Particles and Fields
20	Nuclear Physics
30	Atomic and Molecular Physics
40	Electromagnetism, Optics, Acoustics, Heat Transfer, Classical Mechanics, and Fluid Dynamics
50	Physics of Gases, Plasmas, and Electric Discharges
60	Condensed Matter: Structural, Mechanical, and Thermal Properties
70	Condensed Matter: Electronic Structure, Electrical, Magnetic, and Optical Properties
80	Interdisciplinary Physics and Related Areas Of Science and Technology
90	Geophysics, Astronomy, and Astrophysics

Revistele care au adoptat schema PACS (toate revistele editate de American Physical Society, în particular, Physical Review și Physical Review Letters) solicită autorilor la transmiterea manuscrisului codurile PACS, considerate ca cele mai relevante subiectului tratat; unele secțiuni din aceste reviste chiar urmăresc clasificarea PACS. În acest fel, încadrarea unei publicații într-o anumită categorie tematică, fiind făcută de autori și/sau editori, este mai riguroasă și mai apropiată de realitate.

Sunt însă multe reviste ISI de fizică (unele chiar importante), care nu solicită, în vederea publicării, codurile PACS relevante manuscrisului respectiv (în general, 3-4 coduri sunt suficiente). Din acest motiv, în studiul efectuat, ne-am restrâns la utilizarea exclusiv a informațiilor accesibile în WoS și deci la clasificarea tematică SCIE.

În mod evident, ariile tematice corespunzătoare schemelor SCIE sau PACS nu reprezintă întotdeauna și direcții de cercetare. Totuși, aceste clasificări, recunoscute internațional pentru publicațiile științifice, creează o imagine suficient de fidelă a potențialului de cercetare în domeniu; în plus, acestea au avantajul că permit compararea cu analize similare din alte țări, fapt ce ajută la o evaluare în context internațional a capacității sistemului. În prezenta analiză, am presupus că principalele direcții de cercetare în fizica din România sunt suficient de bine reprezentate prin ariile tematice SCIE corespunzătoare clasificării revistelor de specialitate.

2. Criterii

Analiza prezentă se bazează, în principal, pe publicațiile ISI, produse de fizica din România, în intervalul menționat. Parametrii cantitativi analizați sunt următorii:

1. numărul de publicații ISI (articole, proceedings-uri, review-uri) în aria tematică “n” – indicatorul P_n . Vom folosi, de asemenea, și indicatorul P_n^* (notat de asemenea și cu Q_n), reprezentând numărul de publicații citate în aria tematică “n”.

2. numărul de citări ale publicațiilor ISI din aria tematică “n” indicatorul C_n . Vom folosi, de asemenea, și indicatorul C_n^* definit ca numărul de citări *fară autocitări* în aria tematică “n”.

3. factorul de impact cumulat pentru aria tematică “n” – indicatorul I_n , definit în felul următor: fiecărui articol i se atribuie factorul de impact al revistei în care a fost publicat, pentru anul respectiv (când a fost publicat); se însumează apoi valorile acestora pentru toate articolele din aria tematică “n”.

Pe lângă indicatorii de mai sus, vor fi considerate și combinații, precum C_n/P_n , Q_n/P_n etc.

Indicatorii de mai sus vor conține multiplicități, în sensul că o publicație poate fi încadrată în mai multe arii tematice. Valorile indicatorilor, pe toate ariile tematice considerate, (ex: numărul total de publicații în toate ariile tematice) nu vor conține însă multiplicități.

În urma analizei rezultatelor pentru indicatorii considerați, s-a convenit ca identificarea principalelor direcții de cercetare în fizică să se facă numai pe baza a trei indicatori de performanță științifică (publicații),

considerați ca fiind cei mai relevanți: numărul de publicații citate (P_n^* sau Q_n), numărul de citări (C_n) și factorul de impact cumulat (I_n). Deși anumiți indicatori scientometrici, precum rapoartele C_n/P_n și Q_n/P_n , sunt des utilizați în literatura de specialitate și vor fi considerați în descrierea direcțiilor de cercetare respective sau a contribuției aduse de fizică altor domenii, aceste mărimi sunt mai puțin relevante procesului de identificare a principalelor direcții, deoarece nu țin cont de numărul de publicații (dimensiunea comunității).

3. Principalele arii tematice de cercetare în fizica din România

Principalele arii tematice de cercetare în fizica din România, ca și domeniile conexe în care fizica este implicată, au fost stabilite cu ajutorul unei baze de date (<http://esfro-db.ifa-mg.ro>) construite în cursul proiectului ESFRO. Baza de date a plecat de la publicațiile fizicienilor din România, identificate în

Web of Science, clasificate în acord cu categoriile SCIE, deja menționate în Tabelul 1. În încercarea de a îngloba contribuțiile diferiților indicatori de performanță științifică (publicații) într-un punctaj unic, am considerat numai trei indicatori: numărul de publicații citate (Q_n), numărul de citări (C_n) și factorul de impact cumulat (I_n). Analiza efectuată arată că putem identifica în fiecare caz în parte, pe baza diferențelor dintre domenii succesive, trei "clase valorice" (fiecare cu un număr rezonabil de 5-15 arii tematice): fiecărui domeniu din prima clasă i se vor acorda 3 puncte, din a doua – 2 puncte și respectiv din a treia – 1 punct. Punctele acumulate de fiecare arie tematică, pentru cei trei indicatori, se însumează și se obține un punctaj total al domeniului respectiv. S-au luat în considerare numai ariile tematice care au acumulat cel puțin 3 puncte (în medie, 1 punct/indicator). Rezultatele sunt prezentate în Tabelul 4 (la punctaj egal, ordinea este alfabetică), unde este indicat, de asemenea, raportul dintre numărul de publicații ale fizicienilor și numărul de publicații totale.

Tabelul 4. Principalele arii tematice SCIE în cercetarea de fizică și domenii conexe din România.

Rank	Subject Area	[Q_n]	[C_n]	[I_n]	Total	P_n/P_{RO} (%)
1-6	Chemistry, Physical	3	3	3	9	40.81
1-6	Materials Science, Multidisciplinary	3	3	3	9	56.72
1-6	Physics, Applied	3	3	3	9	72.56
1-6	Physics, Condensed Matter	3	3	3	9	77.23
1-6	Physics, Multidisciplinary	3	3	3	9	66.40
1-6	Physics, Nuclear	3	3	3	9	80.55
7-8	Optics	3	3	2	8	72.30
7-8	Physics, Particles & Fields	3	3	2	8	80.32
9-11	Materials Science, Coatings & Films	2	2	2	6	72.34
9-11	Physics, Atomic, Molecular & Chemical	2	2	2	6	64.25
9-11	Physics, Mathematical	2	2	2	6	54.76
12-17	Chemistry, Analytical	2	1	2	5	24.23
12-17	Chemistry, Multidisciplinary	2	1	2	5	11.15
12-17	Polymer Science	2	1	2	5	23.82
12-17	Nuclear Science & Technology	2	2	1	5	71.07
12-17	Spectroscopy	2	2	1	5	69.83
12-17	Engineering, Chemical	2	1	1	5	9.47
18-20	Astronomy & Astrophysics	1	1	2	4	46.91
18-20	Instruments & Instrumentation	2	2	0	4	56.95
18-20	Physics, Fluids & Plasmas	1	1	2	4	60.53
21-25	Chemistry, Inorganic & Nuclear	1	1	1	3	29.77
21-25	Crystallography	1	1	1	3	35.12
21-25	Engineering, Electrical & Electronic	2	1	0	3	24.98
21-25	Materials Science, Ceramics	1	1	1	3	47.39
21-25	Nanoscience & Nanotechnology	1	1	1	3	52.25

Cele 15 arii tematice evidențiate în Tabelul 4 sunt conținute în Tabelul 1 (principalele arii tematice legate de fizică și domenii conexe), după cum urmează: 12 fac parte din categoria celor 17 selectate

inițial ca fiind cele mai caracteristice fizicii, în general, iar restul aparțin unor arii tematice legate de fizică (Materials Science, Multidisciplinary; Materials

Science, Coatings and Films și Instruments & Instrumentation).

În același Tabel 4 mai există 10 arii tematice, dintre care două (Astronomy & Astrophysics și Crystallography) aparțin fizicii, iar celelalte opt sunt din domenii în care fizica are un rol important (Chimie, Știința polimerilor, Inginerie chimică și electrică/electronică și Știința materialelor, Ceramici). Dintre acestea, doar trei figurează în Tabelul 1 la domenii legate de fizică : Chemistry, Physical; Chemistry, Inorganic & Nuclear și Materials Science, Ceramics. Restul de 5 arii tematice au fost identificate cu ajutorul bazei de date și nu au fost selectate în lista inițială a celor 34 din Tabelul 1, acestea fiind: Chemistry, Analytical; Chemistry, Multidisciplinary; Polymer Science; Engineering, Chemical și Engineering, Electrical & Electronic.

Dintre primele 11 clasate în Tabelul 4 , 3 arii tematice au un caracter mai general: Materials Science, Multidisciplinary; Physics, Applied; Physics, Multidisciplinary. Majoritatea publicațiilor din revistele respective pot fi încadrate, de fapt, în alte arii tematice din același tabel. O analiză a contribuției pe reviste în aceste arii tematice, conform cu date obținute direct din Web of Science, arată că ponderea principală la numărul de publicații (45-50%) vine de la reviste românești cu factor de impact inferior valorii de 0.5: *Materials Science, Multidisciplinary* – Journal of Optoelectronics and Advanced Materials (JOAM), Revista Română de Materiale; Romanian Journal of Materials (Rom. J. Mater.); *Physics, Applied* – JOAM; *Physics, Multidisciplinary* –Romanian Journal of Physics (RJP), Romanian Reports in Physics (RRP), UPB Sci Bull A. Se poate estima că majoritatea publicațiilor din Materials Science, Multidisciplinary și Physics, Applied se regăsesc și în Optics, unde aproximativ 70% din numărul de publicații provin din JOAM. Aceste arii tematice conțin însă și reviste cu factor de impact foarte ridicat, precum Phys Rev Lett (7,18), Phys Lett B (4,034), Appl Phys Lett (3,726). Un studiu al rezultatelor pentru aria tematică Physics, Multidisciplinary arată că aproximativ un sfert din publicațiile considerate sunt de tip “letters”; dintre acestea, aproximativ jumătate pot fi atribuite domeniului Physics, Particles and Fields și un sfert domeniului Physics, Nuclear. În Tabelul 4 apar, de asemenea, și alte 2 arii tematice cu grad mare de generalitate ca metodică/obiect, cum ar fi Spectroscopy și Instruments and Instrumentation, apropiate totuși fizicii.

Ținând cont de cele de mai sus, se poate spune că primele 6 arii tematice, cele mai active/vizibile ca performanță științifică, sunt (la punctaj egal) patru domenii de fizică: Physics, Applied; Physics,

Condensed Matter; Physics, Multidisciplinary și Physics, Nuclear, alături de două domenii, în care fizica a avut un rol esențial: Chemistry, Physical și Materials Science, Multidisciplinary.

Restul ariilor tematice din fizică și domenii conexe, cu o reală vizibilitate și potențial științific, pot fi încadrate în categorii preponderent de **Fizică** (Optics; Physics, Particles & Fields; Physics, Atomic, Molecular & Chemical; Physics, Mathematical; Spectroscopy; Astronomy & Astrophysics; Instruments & Instrumentation; Physics, Fluids & Plasmas; Crystallography), **Chimie** (Chemistry, Analytical; Chemistry, Multidisciplinary; Chemistry, Inorganic & Nuclear), **Știința Polimerilor** (Polymer Science), **Știința Materialelor** (Materials Science, Coatings & Films; Materials Science, Ceramics), **Tehnologii Nucleare** (Nuclear Science & Technology), **Nanotehnologii** (Nanoscience & Nanotechnology) și **Inginerie** (Engineering, Chemical; Engineering, Electrical & Electronic).

4. Direcții principale de cercetare în fizica din România: performanța științifică

În cele ce urmează ne vom concentra asupra a nouă direcții principale de fizică:

1. Optics
2. Physics, Applied
3. Physics, Atomic, Molecular & Chemical
4. Physics, Condensed Matter
5. Physics, Fluids & Plasmas
6. Physics, Mathematical
7. Physics, Multidisciplinary
8. Physics, Nuclear
9. Physics, Particles & Fields

Având în vedere că numărul total de articole ISI (fără proceedings paper și review), calculat direct din Web of Science (WoS) pentru România, în perioada 2001-2010, în cele 9 domenii indicate mai sus, este de 9208 (fără multiplicități), iar numărul total de articole ISI în toate domeniile pentru aceeași perioadă este de 35.197, rezultă că doar prin cele 9 domenii, considerate fizică, contribuie cu 26% din totalul publicațiilor ISI din întreaga țară. Analiza pe cele 34 domenii considerate în Tabelul 1, în care fizica este implicată, conduce la aproximativ 17658 articole (fără multiplicități). Rezultă ca domeniile de aplicație ale fizicii contribuie și ele cu aproximativ 8.000 de articole. Dacă dintre acestea doar un minim de 20% ar reprezenta și contribuția fizicii, se obține un total de peste 10.000 de articole ISI, care reprezintă aproximativ o treime din total.

Pe de altă parte, numărul de citări aferent articolelor publicate, în aceeași perioadă, pentru cele 9 arii tematice de fizică, este de 67419 (56424 fără autocitări). În cazul celor 34 de domenii din Tabelul 1, se mai adaugă 75.000 de citări. Numărul total al citărilor articolelor cu autori români, din aceeași perioadă, este de 140.441 (122.152 fără autocitări). Cu un raționament similar cu cel de mai sus, rezultă că 58% dintre citări sunt ale fizicii (fără autocitări 54%).

În concluzie, fizica românească a produs în ultimul deceniu aproximativ o treime din publicațiile indexate de ISI în Web of Science pentru România. Procentul de citări, obținut de aceste lucrări, este de aproximativ 50% din totalul citărilor obținute de publicațiile cu autori români, în toate domeniile.

În Tabelul 5 sunt prezentate valorile indicatorilor P_n , Q_n , C_n și C_n/P_n , definiți anterior, pentru cele nouă direcții principale din fizica românească.

Tabelul 5. Indicatorii P_n , Q_n , C_n și C_n/P_n pentru cele nouă direcții principale din fizică (2001-2010).

Domeniu	P_n	Q_n	C_n	C_n/P_n
Optics	2563	2022	5773	2.25
Physics, Applied	3741	2851	19107	5.10
Physics, Atomic, Molecular & Chemical	545	494	4504	8.26
Physics, Condensed Matter	1711	1437	11352	6.63
Physics, Fluids & Plasmas	271	235	2895	10.68
Physics, Mathematical	823	647	4918	5.97
Physics, Multidisciplinary	1841	1199	14617	7.93
Physics, Nuclear	965	851	10941	11.33
Physics, Particles & Fields	644	554	6450	10.01

În Fig. 1 este prezentată o histogramă a numărului de publicații aferent principalelor domenii menționate. Cele patru domenii cu cel mai mare număr de publicații sunt Physics, Applied, Optics, Physics, Multidisciplinary și Physics, Condensed Matter.

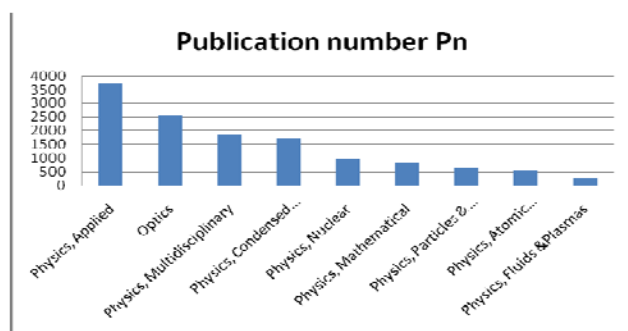


Fig. 1. Numărul de publicații (indicatorul P_n) pentru principalele domenii.

În Fig. 2 sunt prezentate numerele de publicații citate pentru fiecare domeniu considerat. Prin comparație cu Fig. 1, se observă imediat că articolele aferente domeniului Physics, Nuclear sunt citate în proporție de peste trei sferturi. În schimb, domeniile extrem de productive Physics, Applied, Optics și

Physics, Multidisciplinary au o proporție mai mică de lucrări citate.

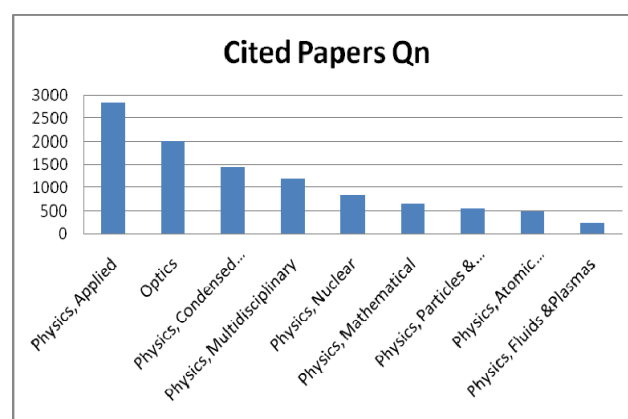


Fig. 2. Numărul de publicații citate (indicatorul Q_n) pentru principalele domenii.

Fig. 3 de mai jos prezintă indicatorii C_n (cu și fără autocitări), calculați cu datele obținute din WoS. Se observă că autocitările alterează cu aproximativ 15-30 % indicatorul C_n .

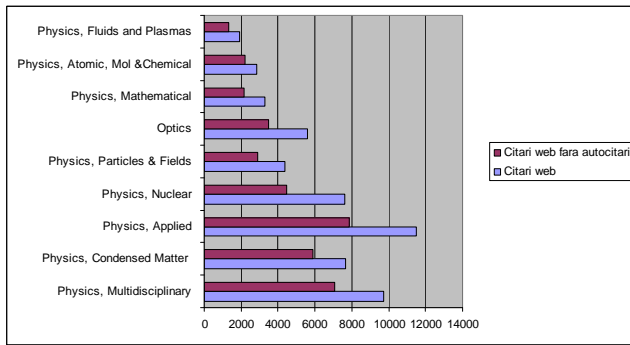


Fig. 3. Numărul de citări (indicatorul Cn) obținut din WoS, incluzând autocitările și fără autocitări.

Un indicator extrem de interesant, foarte utilizat în comparațiile internaționale, este Cn/Pn (citări/doc) [5] (Fig. 4). Cele mai mari valori (între 10-11) ale acestui indicator sunt obținute de Physics, Nuclear, Physics, Particles & Fields și Physics, Fluids and Plasmas. Valori de aproximativ 8 se obțin pentru Physics, Atomic... și Physics, Multidisciplinary. Un număr de citări mediu per document între 5 și 7 este obținut de Physics, Condensed Matter și Physics, Mathematical. Domeniile care au valori ale indicatorului Cn/Pn sub 5 sunt Physics, Applied și Optics.

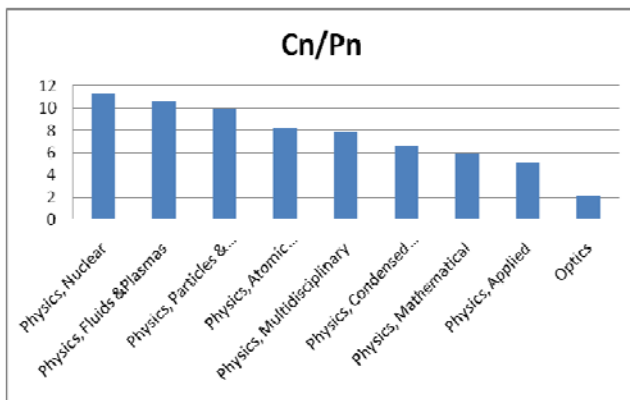


Fig. 4. Indicatorul Cn/Pn (citări/doc) pentru principalele domenii.

Cu ajutorul datelor din Web of Science, a fost calculat indicele Hirsch pentru domeniile de fizică din România considerate (Fig. 5). Cele mai mari valori le înregistrează Physics, Multidisciplinary (51) Physics, Applied (41) și Physics, Nuclear (40). Între 30-35 se plasează Physics, Condensed Matter și Physics, Particles & Fields. Valori inferioare se înregistrează pentru patru domenii: Physics, Mathematical, Physics, Atomic..., Optics și Physics, Fluids & Plasmas.

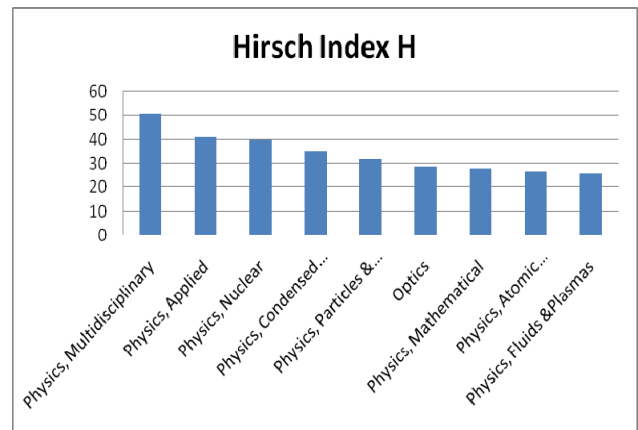
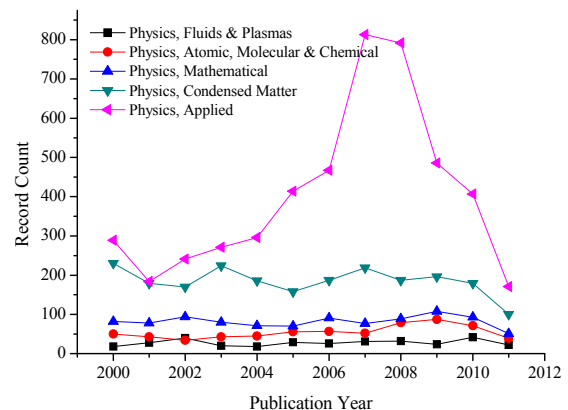


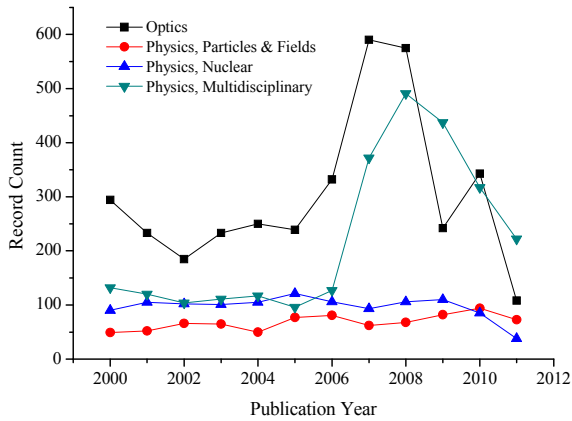
Fig. 5. Indicele Hirsch al principalelor domenii de fizică din România.

5. Dinamica publicării

Rata de publicare este relativ constantă, în cazul a șase domenii: (Physics, Atomic; Physics, Mathematical; Physics, Fluids & Plasmas; Physics, Nuclear; Physics, Part&Fields; Physics, Cond. Matter) (Fig. 6 a,b). Domeniul Physics, Applied a avut o dinamică rapidă de creștere, care a cvadruplat în 8 ani producția științifică a respectivului domeniu. Domeniul Optics are o rată de publicare puternic crescătoare, care a condus în 2008, la atingerea unui număr de articole de aproximativ 2-3 ori mai mare decât la începutul intervalului. În fine, Domeniul Physics, Multidisciplinary a avut o rată relativ constantă de publicare în perioada 2001-2006, urmată de o dublare a ratei anuale de publicare în aproximativ doi ani.



(a)



(b)

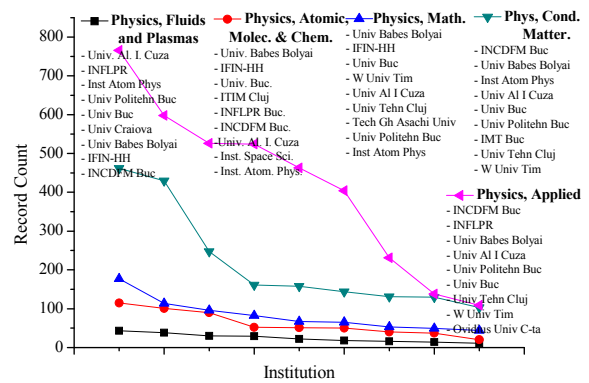
Fig. 6. Reprezentarea grafică a numărului de publicații în domeniile considerate, în funcție de anul de apariție.

6. Contribuția instituțională

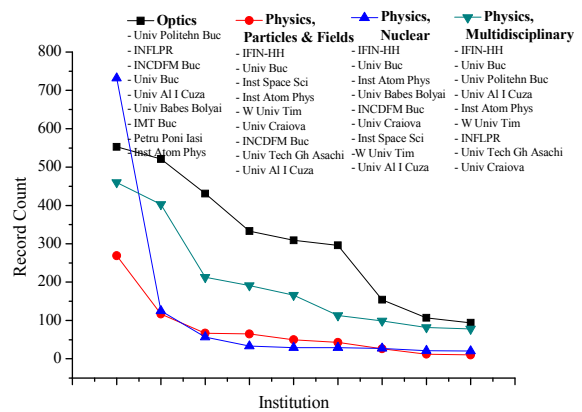
Contribuția instituțională la publicațiile celor nouă domenii principale de fizică este prezentată în Fig. 7, unde este inclusă și lista principalilor contributori, în cazul fiecărui domeniu.

Conform Fig. 7a, în cazul Physics, Condensed Matter, pe primele trei locuri se plasează INCDFM, UBB și INFLPR. Domeniile cu productivitate mai redusă Physics, Atomic și Physics, Fluids and Plasmas au ca lider UBB și, respectiv, UAIC. Pentru domeniul Physics, Mathematical, pe primul loc este UBB, urmată de IFIN-HH. Domeniul Physics, Applied are ca lider INCDFM, urmat de INFLPR, UBB și UAIC.

În Fig. 7b, domeniul Physics, Nuclear este dominat de IFIN-HH, care a publicat de șapte ori mai multe articole decât următoarea clasată UBB. În domeniul Physics, Particles and Fields, pe primele două locuri se plasează IFIN-HH și Universitatea București. Domeniul Optics are pe primele trei locuri UPB, INFLPR și INCDFM. Instituțiile cu cea mai mare contribuție de articole la domeniul Physics, Multidisciplinary sunt evident IFIN-HH și Universitatea București.



(a)



(b)

Fig. 7. Contribuția instituțională la publicațiile domeniilor de fizică.

O analiză instituțională globală efectuată pentru cele nouă domenii principale de fizică și pe trei domenii în care fizica are o contribuție majoră (Chemistry, Physical; Materials Science, Multidisciplinary și Materials Science, Coatings and Films.) arată prezența în top 5 a fiecărui domeniu al aceluiași șase instituții (trei institute de pe Platforma Măgurele și trei universități considerate cele mai mari din România) al căror profil de specializare se poate clar contura:

-IFIN HH: Physics, Nuclear; Physics, Particles and Fields; Physics, Mathematical; Physics, Atomic;

-Univ. București: Chemistry, Physical; Physics, Multidisciplinary; Physics, Nuclear; Physics, Particles and Fields; Physics, Atomic;

-Nat. Inst. Mat. Phys: Phys. Cond. Matter; Physics, Applied; Mat. Science, Multidisciplinary; Optics;

-UBB: Physics, Mathematical; Physics, Applied; Optics; Physics, Atomic;

-INFLPR: Phys, Fluids & Plasmas; Mat. Science, Coatings & Films; Physics, Applied;

-UAIC: Phys, Fluids & Plasmas; Physics, Applied; Physics, Multidisciplinary

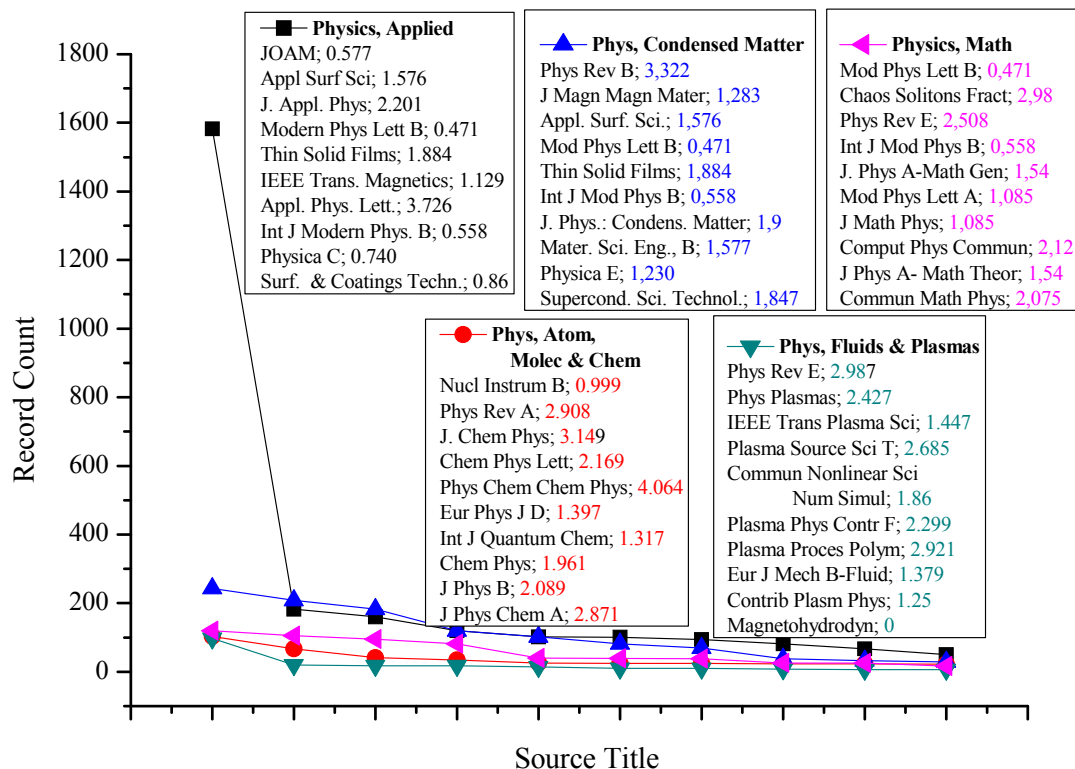
7. Principalele reviste

Având în vedere gama calitativă largă a revistelor științifice, în care publică fizicienii din România, s-a efectuat o analiză pe domenii a principalelor reviste, în care au fost publicate articole, în ultima decadă.

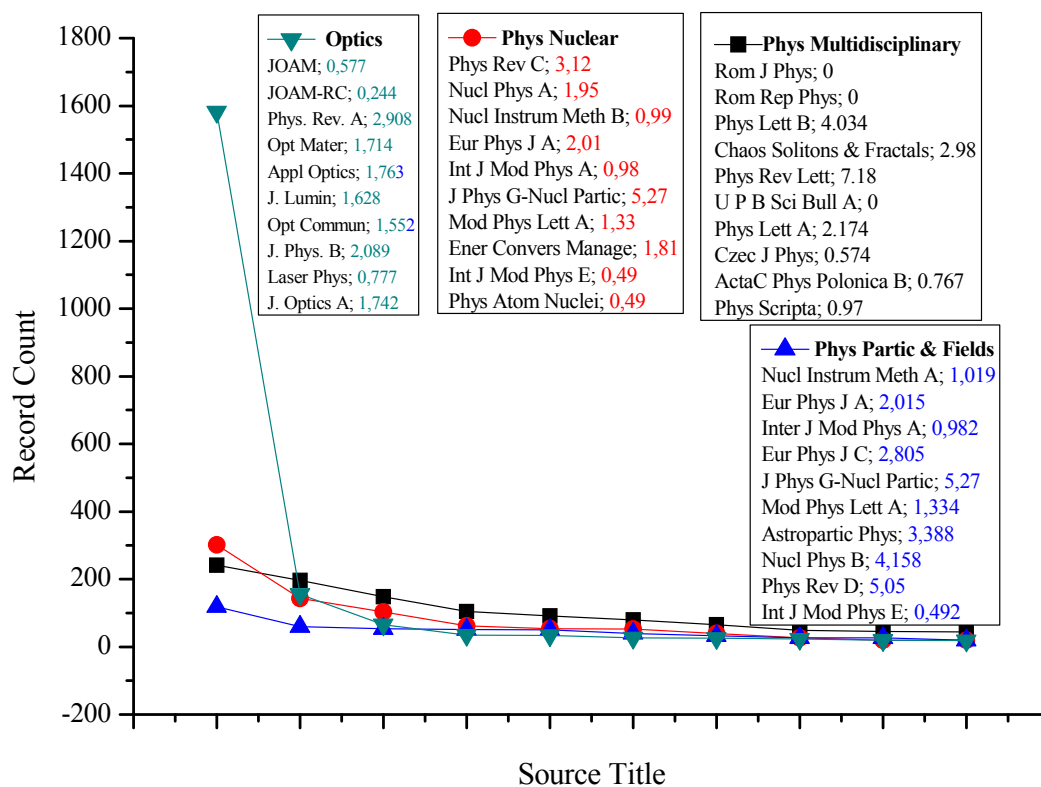
În Fig. 8 (a) se poate observa că în domeniul Physics, Applied, cea mai mare parte a articolelor sunt publicate în JOAM, revistă editată în România. În rest, marea majoritate a articolelor apar în reviste cu factor de impact cuprins între 1 și 2. Domeniul

Physics, Condensed Matter se ilustrează printr-un număr mare de articole publicat în Phys. Rev B, în timp ce restul articolelor sunt apărute în reviste cu factor de impact sub 2. În schimb, articolele din domeniul Physics, Mathematical au fost publicate în reviste cu factor de impact mai redus (cu excepțiile Chaos Solitons Fract și Phys. Rev. E). Domeniile Physics, Atomic și Physics, Fluids and Plasmas publică în multe reviste cu factor de impact ridicat. În primul caz, putem exemplifica prin Phys. Chem. Chem Phys, J. Chem Phys și Phys. Rev A, iar în al doilea caz, prin Phys. Rev. E, Plasma Process Polym și Plasma Source Sci T.

Analiza din Fig. 8b arată că Physics, Nuclear este domeniul în care s-au publicat cele mai multe articole în reviste cu factor de impact ridicat (de ex. Phys. Rev. C, J. Phys. G etc). În cazul Physics, Particles and Fields există, de asemenea, articole publicate în reviste de mare factor de impact (Phys. Rev. D, Nucl. Phys. B, J. Phys. G etc). Analiza publicațiilor este deosebit de relevantă în domeniul Optics, deoarece arată că aproximativ trei sferturi din lucrările domeniului sunt publicate în același JOAM. În domeniul Physics, Multidisciplinary se publică un număr mare de lucrări în reviste necotate ISI, alături de reviste de fizică de mare prestigiu, având factori de impact ridicați (Phys. Rev. Lett., Phys. Lett A, Phys. Lett B, Chaos Solitons & Fractals).



(a)



(b)

Fig. 8. Principalele reviste în care au fost publicate articole în ultima decadă, în cazul domeniilor principale de fizică din România (datele de pe ordonată corespund în ordine revistelor listate în cazul fiecărui domeniu).

8. Cooperare internațională

Pe baza datelor din Web of Science, într-o primă etapă, gradul de cooperare internațională într-o anumită direcție de fizică a fost caracterizat urmărind numărul de țări implicate în realizarea articolelor științifice luate în considerație. Datele sunt prezentate în Tabelul 6 și în Fig. 9.

Tabelul 6. Cooperarea internațională pe diverse direcții de cercetare.

Direcția de cercetare	Număr de țări implicate în cooperare
PHYSICS, MULTIDISCIPLINARY	64
PHYSICS, PARTICLES & FIELDS	60
PHYSICS APPLIED	56
PHYSICS, NUCLEAR	56
OPTICS	51
PHYSICS, MATHEMATICAL	47
PHYSICS, ATOMIC, MOLECULAR & CHEMICAL	47
PHYSICS, CONDENSED MATTER	44
PHYSICS, FLUIDS & PLASMAS	41

În Fig. 9 se poate observa că numărul de țări din care provin coautorii variază între 41 de țări pe direcția Physics, Fluids & Plasmas și 64 de țări pe direcția Physics, Multidisciplinary. Domeniile întense de cooperare internațională (cu un număr de țări între 55 și 60) sunt Physics, Particles & Fields, Physics, Applied și Physics, Nuclear.

Identificarea principalelor țări cu care se cooperează și caracterizarea rețelei de cooperare pe care se bazează literatura științifică de fizică, produsă în România, a fost realizată pe baza algoritmului introdus de Leydesdorff [6]. Datele de intrare sunt extrase tot din Web of Science și prelucrate ulterior cu programele realizate de Loet Leydesdorff și accesibile la adresa <http://www.leydesdorff.net/software.htm>. Programul utilizat a fost InstColl, care permite analiza și vizualizarea colaborărilor internaționale, pe care se bazează articolele științifice dintr-o anumită direcție. Programul permite realizarea unei matrice, pe baza modului în care au cooperat diversele țări la realizarea articolelor dintr-un anumit domeniu. Matricea poate fi vizualizată, utilizând programul Pajek de analiză a rețelelor complexe de dimensiuni mari (<http://vlado.fmf.uni-lj.si/pub/networks/pajek/>) [7]. Dimensiunea nodurilor în rețea este proporțională cu logaritmul frecvenței de apariție a unei țări în matricea cooperărilor. În vizualizarea rețelei de

cooperare, s-a utilizat algoritmul energetic Kamada-Kawai (e.g. [8]).

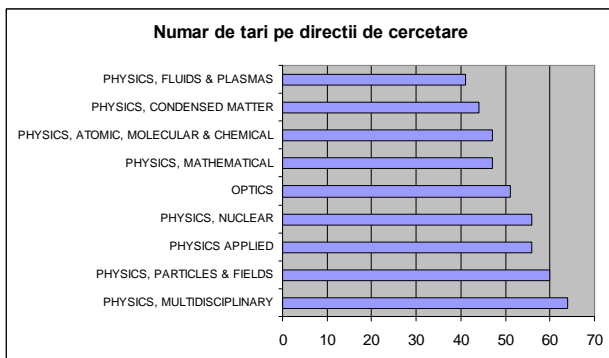


Fig. 9. Numărul de țări din care provin co-autorii pe direcții de cercetare.

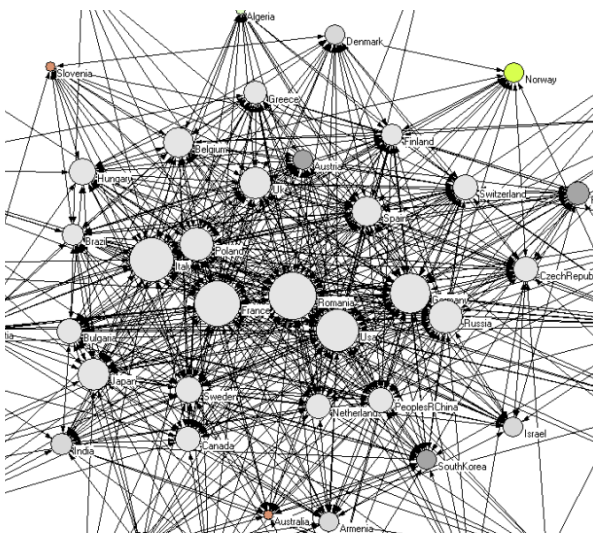


Fig. 10. Rețeaua de colaborări internaționale în domeniul Physics, Nuclear.

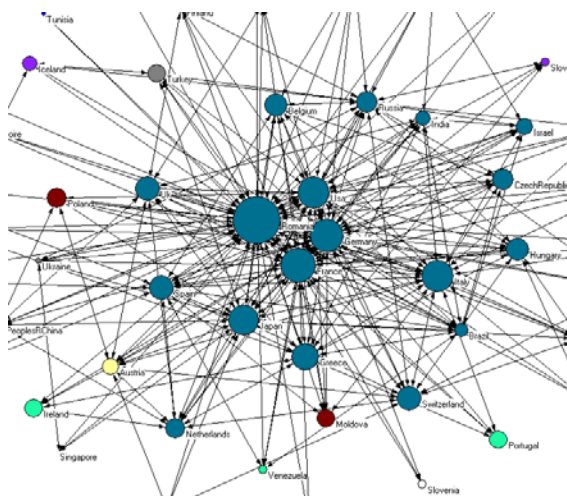


Fig. 11. Rețeaua de colaborări internaționale în domeniul Physics, Condensed Matter.

Rezultatele acestor analize, efectuate pentru cele 9 domenii principale ale fizicii, conduc la următoarele concluzii:

1. țările din care provin cei mai mulți coautori sunt Germania, Franța și Italia din Europa, și din afara Europei, SUA și în câteva cazuri Japonia.

2. rețelele de cooperare, pe care se bazează producția științifică pe direcțiile analizate, pot fi clasificate în trei categorii, care reflectă într-o măsură mare, specificul direcțiilor de cercetare în fizică analizate:

a) rețele complexe, care implică coautori dintr-un număr mare de țări, în special europene, în domeniile: Physics, Particles & Fields; Physics, Multidisciplinary; Physics, Nuclear (Fig. 10); Physics, Applied;

b) rețele dense, care implică coautori din multe țări, în special europene, în domeniile: Physics, Condensed Matter (Fig. 11); Physics, Atomic, Molecular & Chemical;

c) rețele simple, care implică coautori dintr-un număr redus de țări la un articol științific în domeniile: Optics; Physics, Fluids & Plasmas; Physics, Mathematical.

9. Principalele direcții de fizică: caracterul inter- și multidisciplinar al cercetării de fizică

Caracterul inter- și multidisciplinar al cercetării de fizică este demonstrat prin conexiunile indicate de Web of Science între articolele unui anumit domeniu și alte domenii ale fizicii sau alte discipline.

În cazul domeniului *Optics*, analiza conexiunilor cu alte domenii arată că procente foarte mari dintre articolele domeniului sunt legate de Materials Science, Multidisciplinary (82%) și Physics, Applied (77%) (Fig. 12).

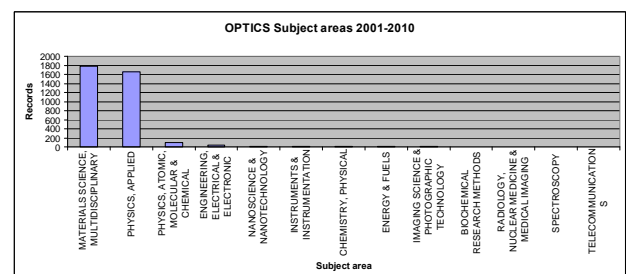


Fig. 12. Conexiunile cu alte domenii ale publicațiilor din domeniul Optics.

Conexiunile lucrărilor catalogate ca *Physics, Applied* arată că, în proporție de peste 50%, aceste lucrări de fizică aplicată aparțin concomitent domeniilor de Materials Science, Multidisciplinary și Optics (Fig. 13). Există relații importante, de asemenea,

cu Physics, Condensed Matter și Materials Science, Coatings and Films. Arii secundare cu care există relații interdisciplinare sunt Nanoscience and Nanotechnology, dar și unele ramuri de inginerie (chimică, metalurgică, mecanică).

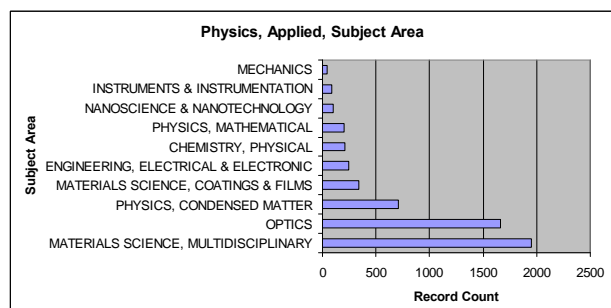


Fig. 13 Conexiunile cu alte domenii ale publicațiilor din domeniul Physics, Applied.

În cazul *Physics, Cond. Matter*, se remarcă că numărul publicațiilor din domeniul fizicii aplicate (Physics, Applied) reprezintă 46 % din cel al publicațiilor din domeniul fizicii materiei condensate. Un număr important de publicații aparțin domeniului Materials Science, Multidisciplinary (35%). Urmează, în ordine descrescătoare, un grup de trei domenii (Materials Science, Coating and Films; Chemistry, Physical and, Physics, Mathematical) cu o participare medie de 15%. (Fig. 14).

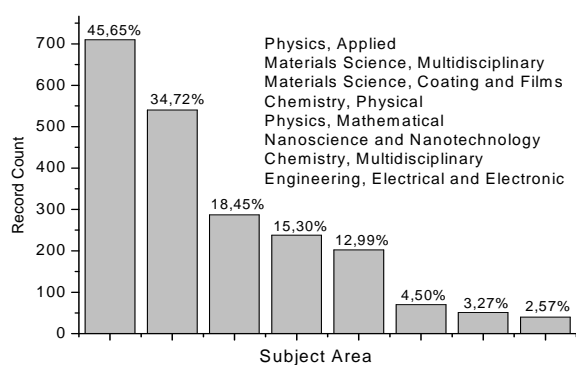


Fig. 14 Conexiunile cu alte domenii ale publicațiilor din domeniul Physics, Condensed Matter.

Domaniul *Physics, Nuclear* are relații preferențiale cu alte subdomenii, cum sunt Physics, Particles and Fields, Physics, At.. Mol. Chem., Instruments and Instrumentation, Nucl. Science and Technology (Fig. 15).

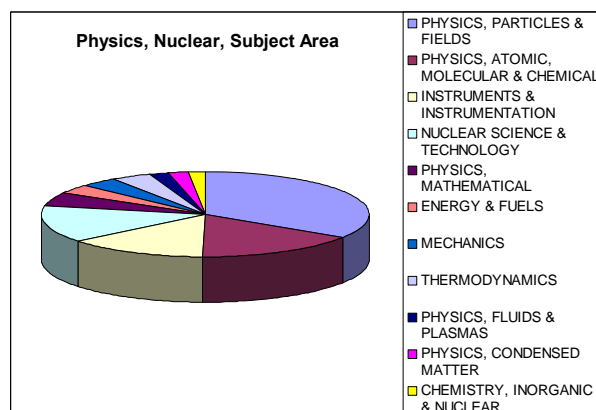


Fig. 15. Conexiunile cu alte domenii ale publicațiilor din domeniul Physics, Nuclear.

În mod reciproc, domeniul *Physics, Particles & Fields* are conexiuni cu domeniile respective ale fizicii deja menționate (Fig. 16). Cea mai puternică legătură (aproximativ 45%) este cea cu Physics, Nuclear dar procente importante de aproximativ 20% sunt înregistrate și în cazul domeniilor Instruments & Instrumentation, Nucl. Science and Technology și Spectroscopy.

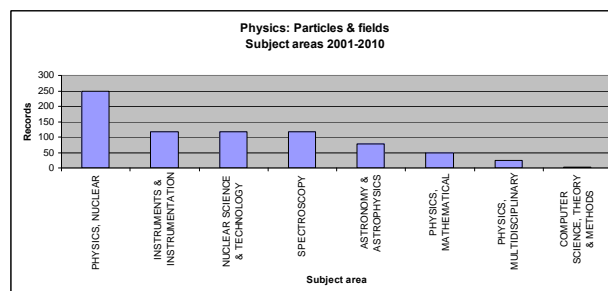


Fig. 16. Conexiuni cu alte domenii ale publicațiilor in domeniul Physics, Particles & Fields.

În sfârșit, domeniul *Physics, Atomic...* are relații preferențiale cu alte subdomenii cum sunt Chemistry, Physics (peste 35 %), Physics, Nuclear și Nuclear Science and Technology (aproape 25%) (Fig. 17). Alte subdomenii, cu care există relații interdisciplinare, sunt Optics și Instruments & Instrumentation, legate evident de pregătirea experimentelor implicate.

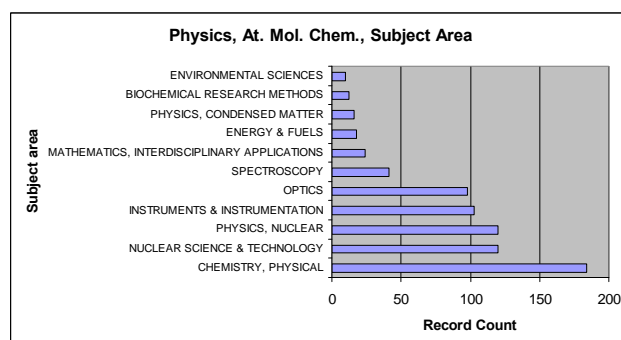


Fig. 17 Conexiuni cu alte domenii ale publicațiilor din domeniul Physics, At. Mol. Chem.

În cazul *Physics, Fluids & Plasmas* este deosebit de interesantă reprezentarea procentuală a conexiunilor cu alte domenii ale publicațiilor. 46% dintre acestea sunt legate de Physics, Mathematical, demonstrând că aparțin teoriei plasmelor, iar 18% aparțin, probabil, mecanicii fluidelor. Există unele conexiuni de mică relevanță cu domeniile fizicii nucleare și materiei condensate. (Fig. 18)

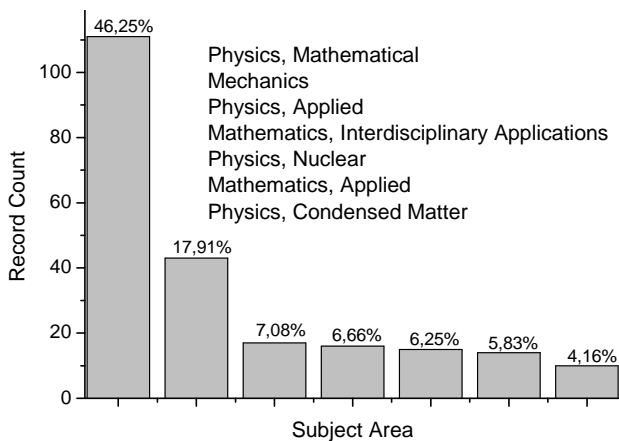


Fig. 18. Conexiuni cu alte domenii ale publicațiilor din domeniul *Physics, Fluids & Plasmas*.

Aproximativ 80% dintre articolele publicate în domeniul *Physics, Mathematical* aparțin și altor trei domenii științifice: *Physics, Applied* (27%), *Physics, Condensed Matter* (27%) și *Physics, Multidisciplinary* (25%) (Fig. 19).

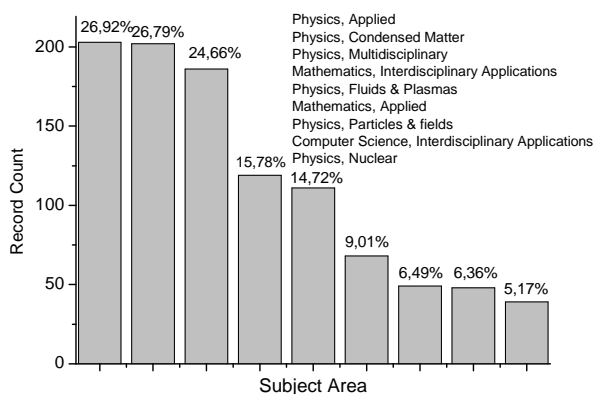


Fig. 19. Conexiuni ale articolelor din domeniul *Physics, Mathematical* cu alte domenii științifice.

Urmează două discipline (*Mathematics, Interdisciplinary Applications* și *Physics, Fluids & Plasmas*) cu ponderi de aproximativ ~16% și respectiv ~15%. În grupul următor de patru discipline, cu ponderi între 5-7%, nu avem ca domenii specifice fizicii decât *Physics, Particles & Fields* și *Physics, Nuclear*.

Un caz singular este cazul *Physics, Multidisciplinary*, unde principalele conexiuni apar între lucrările domeniului și arii tematice, cum ar fi: *Physics, Mathematical, Mathematics, Interdisciplinary Applications* și *Mathematics, Applied* (Fig. 20).

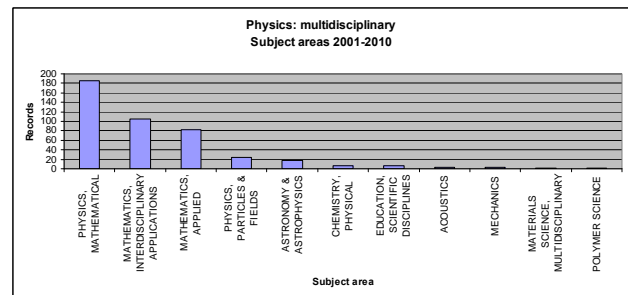


Fig. 20. Conexiuni între lucrările domeniului *Physics, Multidisciplinary* și alte domenii.

O sinteză a conexiunilor deosebit de complexe în interiorul domeniilor principale ale fizicii, dar și a legăturilor cu alte 4 domenii secundare ale fizicii (*Astronomy & Astrophysics, Crystallography, Instruments & Instrumentation* și *Spectroscopy*) sau 6 arii tematice ale altor discipline (*Engineering, Chemistry, Materials Science, Nanoscience, Nuclear Science & Technology, Polymer Science*), în care fizica are aplicații, este prezentată în Fig. 21.

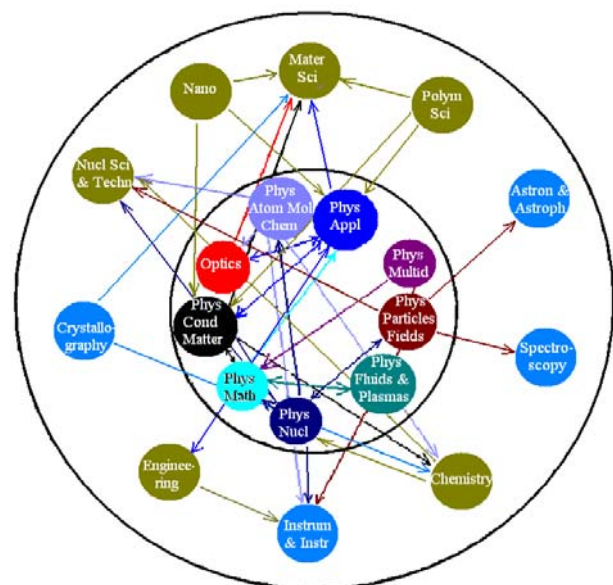


Fig. 21. Sinteza interacțiilor dintre diverse domenii ale fizicii sau arii tematice ale altor discipline în care fizica are aplicații.

Spre exemplu, domeniul *Physics, Nuclear* interacționează în primul cerc al domeniilor principale ale fizicii cu *Physics, Particles & Fields*; *Physics, At Mol. Chem*; și *Physics, Mathematical*.

Același domeniu influențează, de asemenea, arii tematice din cercul al doilea, cum sunt Nucl. Sc. Technol.; Instrum & Instr; și Chemistry. În cazul unui alt domeniu apropiat de aplicații, cum este Physics, Applied interacționează, în principal, cu Physics, Cond. Matter și Optics, iar în zona aplicațiilor influențează, esențial, domeniile Mat. Science și Engineering.

Datele prezentate privind aplicarea fizicii în alte domenii și existența a numeroase conexiuni intra și interdisciplinare este, de asemenea, demonstrată de o diagramă (Fig. 22) valabilă pentru România și construită pe baza datelor bibliometrice din aceeași perioadă, diagramă prezentată de portalul SCImago Journal & Country Rank [9]. Portalul poate construi așa-numitele hărți de rețele de cocitare (Co-citation Network Maps), bazate pe schema de clasificare Scopus a ariilor științifice (27 de domenii majore). Dimensiunea domeniilor este reprezentată prin dimensiunea nodurilor, iar intensitatea de relație (exprimată prin numărul de citări reciproce) este prezentată prin grosimea conexiunilor. Astfel, în Fig. 22 se observă că la nivelul perioadei 1996-2008, domeniile cu cel mai mare număr de publicații din România sunt Physics and Astronomy și Materials Science, urmate de Chemistry. În ce privește conexiunile, Physics and Astronomy are relațiile directe cele mai intense cu Materials Science și Engineering și, în mai mică măsură, cu Multidisciplinary. Legătura cu domeniul Chemistry este asigurată prin aria tematică Materials Science.

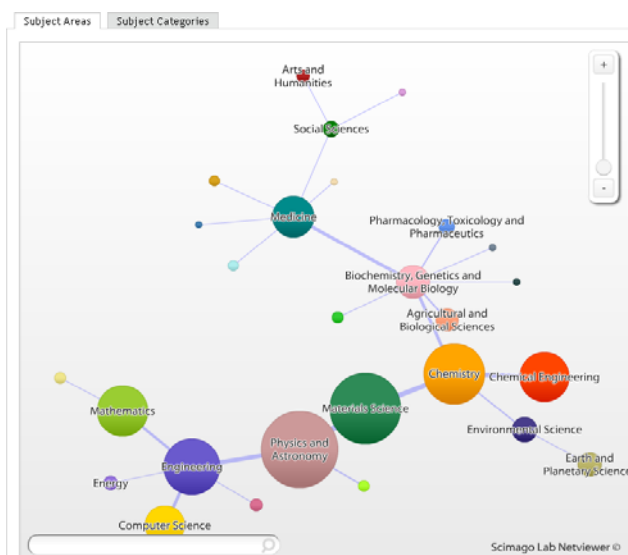


Fig. 22. Harta de rețele de cocitare (Co-citation Network Map) pentru România în perioada 1996-2008, bazată pe schema de clasificare Scopus a ariilor științifice (27 de domenii majore).

10. Concluzii

1. Analiza metodologică efectuată a arătat că, plecând de la indicatorii propuși, au fost selectate 12 direcții principale de cercetare. Dintre acestea, 9 aparțin fizicii (Physics, Condensed Matter; Physics, Applied; Physics, Nuclear; Physics, Particles & Fields; Optics; Physics, Mathematical; Physics, Atomic, Molecular & Chemical și Physics, Fluids & Plasmas), iar alte trei sunt trei domenii, în care fizica românească a avut un rol esențial: Chemistry, Physical; Materials Science, Multidisciplinary și Materials Science, Coatings and Films.

2. Fizica românească a produs, în ultimul deceniu, prin cele 12 domenii menționate, peste o treime din publicațiile indexate de ISI în Web of Science pentru România. Procentul de citări, obținut de aceste lucrări, este de 60% din totalul citărilor obținute de publicațiile cu autori români în toate domeniile, iar procentul de citări fără autocitări este peste 50%.

3. Dintre cele 12 domenii, cele mai productive sunt Mat. Science, Multidisciplinary; Optics și Physics, Applied.

4. Procentele cele mai mari de articole citate se înregistrează la domeniile Physics, Nuclear; Physics, Particles & Fields; Physics, Atomic, Molecular & Chemical, iar cele mai mici se obțin la domeniile cele mai productive, menționate mai sus. Indicatorul C_n (cu și fără autocitări)/ P_n variază într-o plajă relativ largă. Cele mai mari valori (peste 10) apar la domeniile Physics, Nuclear; Physics, Fluids & Plasmas; Physics, Particles & Fields, iar cele mai mici (sub 5) la domeniile cu productivitatea cea mai mare.

5. Indicele Hirsch, calculat pentru cele 9 domenii principale de fizică, variază între 25 și 50. Cele mai mari valori se obțin pentru Physics, Multidisciplinary, Physics, Applied și Physics, Nuclear, iar cele mai mici pentru Physics, Mathematical, Physics, Atomic..., Optics și Physics, Fluids & Plasmas.

6. Deși majoritatea domeniilor au o dinamică relativ constantă, domeniile mai productive (Physics, Applied, Optics, Materials Science, Multidisciplinary și Physics, Multidisciplinary) au înregistrat creșteri importante în ultimii trei ani.

7. Analiza instituțională arată prezența în top 5 a fiecărui domeniu al aceluiași șase instituții (trei institute de pe Platforma Măgurele și trei universități considerate cele mai mari din România).

8. Analiza revistelor pe domenii a relevat că două domenii (Physics, Nuclear și Physics, Condensed Matter) publică sistematic un număr mare de articole în reviste cu factor de impact ridicat. Există trei domenii (Optics, Physics, Applied și Mat. Science, Multidisciplinary) care publică masiv în

reviste cu factor de impact redus. Domeniul Physics, Multidisciplinary conține atât articole în reviste de factor impact ridicat, cât și în reviste românești necotate ISI.

9. Majoritatea domeniilor principale din fizică au beneficiat de cooperări internaționale intense. Țările din care provin cei mai mulți coautori sunt Germania, Franța și Italia din Europa și, din afara Europei, SUA. Domeniile intense de cooperare internațională (cu un număr de țări între 55 și 60) sunt Physics, Particles & Fields, Physics, Applied și Physics, Nuclear.

10. Caracterul inter-și multidisciplinar al diverselor domenii de fizică poate fi evidențiat prin conexiunile, care rezultă între arii tematice diferite și reflectate în publicațiile unui anumit domeniu.

[4] <http://www.aip.org/pacs/>

[5] Bibliometrics as a tool for the analysis of the scientific production of a country, Feb 2009, OST, Paris, France

[6] L. Leydesdorff, I. Rafols, Journal of the American Society for Information Science and Technology 60(2), A Global Map of Science Based on the ISI Subject Categories, 348 (2009)

[7] V. Batagelj, A. Mrvar: Pajek - Analysis and Visualization of Large Networks, in Jünger, M., Mutzel, P., (Eds.) Graph Drawing Software. Springer, Berlin. p. 77, 2003

[8] T. Kamada, S. Kawai, *Information Processing Letters* 31, An Algorithm for Drawing General Undirected Graphs, 7 (1988)

[9] <http://www.scimagojr.com>

Bibliografie

[1] http://www.ifa-mg.ro/esfro/docs/etape/Etapa2/Raport_II.pdf

[2] <http://science.thomsonreuters.com/>

[3] http://ip-science.thomsonreuters.com/mjl/publist_sciex.pdf

*Autor corespondent: fvasiliu@infim.ro