

Imponáló volt nyitottsága az új témák iránt

1975-ben döntöttem el végleg, hogy – főleg a *Dobrusbinnal*, illetve *Sinai*-jal történt korábbi találkozások hatására – a 60-as években izgalmas fejlődésnek indult „matematikai” statisztikus fizikával fogok foglalkozni. Az 1977/78-as tanévet külföldön töltöttem; visszatérve nagy érdeklődéssel és némileg irigykedve hallottam, hogy közben *Fritz Jóskaék* részt vettek a Szépfalusy Péter vezette statisztikus fizikusainkkal közös iskolán. Így természetes volt, hogy azután végighallgattam Péterék szentendrei iskoláját 1979-ben, ahol sok szó esett a Lorenz-rendszeréről és Lorenz-attraktoráról. Számomra a kérdéskör szinte teljesen új volt. Kíváncsiságomat fokozta, hogy épp az iskola előtt Sinai moszkvai szemináriumán is hallottam az akkori területeimtől abszolút távol álló dinamikáról.

Miután 1979-től fő témám is dinamikai rendszerek, konkrétan Sinai-biliárdok lettek, már nem volt megálvás. Péterék érdeklődése ráerősített új témakörömré. Szoros és számomra rendkívül hasznos, rendszeres diskusszió alakult ki Péter iskolájával. Nemesgyzer előfordultunk egymás szemináriumain hallgatóként és előadóként is, közösen érdeklődtünk egymás vendégei, konferenciái iránt. Péterék vendégeként jött ide és ismerkedtem meg például *Dorfmannal*, *Gaspardral*, *Nicolis*-szal. Érdekességként jegyzem meg, és nyilván nem csak véletlen, hogy jelenlegi fő témám is egy a Gaspard-tól és tanítványától, *Gilberttől* származó hővezetési modell matematikai tárgyalása. Péter

mellett több tanítványával is hosszú távú kapcsolatunk épült, amely Tél Tamásékkal jelenleg is élő.

Imponáló volt nyitottsága az új témák iránt. Sokat tanultam, amikor felkért, hogy beszéljek a véletlen Schrödinger-operátor spektrumára vonatkozó matematikai eredményekről. Úgy kért fel, annyira nyilvánvalónak tartotta, hogy tudok erről beszélni, hogy nem mondhatam nemet. Mivel korábban szinte semmit sem tudtam erről, rengeteget kellett készülnöm. A témát később sem kutattam, de igen jól jött, hogy értékek részleteket is. Nem közvetlenül Péter, hanem a TMB felkérésére lettem Kondor Imre spinúvegekről írott MTA doktori értekezésének opponense. Ezzel sokat birkóztam, de szerencse lett megismernem ezt az izgalmas témát.

Szintén Péter hívott meg bennünket az 1982-es nagyszerű *Káosz* iskolára. Ezen széles és egyúttal mély képet kaphattunk a kaosz akkor friss elméletéről. *Krámlí András*szal, *Tóth Bálint*tal és *Vetier András*szal együtt elő is adtunk matematikai témákról.

Tehát szerves, sőt baráti kapcsolatunk alakult ki a hazai statisztikus fizikusokkal. A matematikai elmélet világszerte új volt, itthon is. Matematikailag remek alap volt az igen erős sztochasztikaiskola. Részben a hasonlóan erős analízisiskola is, jöllehet például a nemlineáris funkcionálanalízisnek nálunk nem voltak előzményei, nem beszélve a hiperbolikus dinamikai rendszerek elméletéről. A kapcsolat, amelyet elsősorban Péternek köszönhetünk, rengeteget segített nekünk. Megtanulhattuk, hogyan gondolkodnak a bennünket is érdeklő kérdésekről nemzetközileg élenjáró fizikusok.

Szász Domonkos

SZÉPFALUSY PÉTER MUNKÁSSÁGA

1. Szépfalusy P: Über die Orthogonalität der Wellen-funktionen von Atomelektronen. *Acta Physica Academiae Scientiarum Hungaricae* 5/3 (1955) 325–338.
2. Szépfalusy P: Die Hartree-Focksche Methode im Falle eines Nichtorthogonalen Einelektron-Wellenfunktionen-Systems. *Acta Physica Academiae Scientiarum Hungaricae* 6/2 (1956) 273–292.
3. Szépfalusy P: On a new type of interaction between nucleons. *Acta Physica Academiae Scientiarum Hungaricae* 6/1 (1956) 87–103.
4. Gombás P, Szépfalusy P, Mágóri E: Zur Reichweite der Kernkraft. *Nuclear Physics* 4/3 (1957) 488–490.
5. Gombás P, Szépfalusy P, Mágóri E: Die Statistische Theorie des Atomkerns. *Acta Physica Academiae Scientiarum Hungaricae* 7/2 (1957) 251–254.
6. Szépfalusy P: On a new exchange potential. *Acta Physica Academiae Scientiarum Hungaricae* 7/3 (1957) 357–364.
7. Szépfalusy P: On the Fermi zero-point kinetic energy of particles with spin $\frac{1}{2}$. *Acta Physica Academiae Scientiarum Hungaricae* 7/4 (1957) 433–446.
8. Szépfalusy P: On the statistical treatment of the fermion gas I. *Acta Physica Academiae Scientiarum Hungaricae* 9/1–2 (1958) 203–216.
9. Szépfalusy P: On the statistical treatment of the fermion gas II. *Acta Physica Academiae Scientiarum Hungaricae* 9/3 (1959) 335–342.
10. Ladányi K, Szépfalusy P: An approximate solution of a generalized statistical model. *Acta Physica Academiae Scientiarum Hungaricae* 13/2 (1961) 145–153.
11. Szépfalusy P: A soktestprobléma Green-függvényes módszeréről. *Magyar Fizikai Folyóirat* 11 (1963) 209.
12. Szépfalusy P: Parnaya korrelyatsiya v poverkhnostnom sloye yadra; Pairing correlation in the nuclear surface layer. *Acta Physica Academiae Scientiarum Hungaricae* 17/1–2 (1964) 229–239.
13. Szépfalusy P: On perturbation-theoretic calculation of 1-particle excitation spectrum in a large Bose system. *Acta Physica Academiae Scientiarum Hungaricae* 19/1–4 (1965) 109–120.
14. Ferrell RA, Menyhárd N, Schmidt H, Schwabl F, Szépfalusy P: Dispersion in 2nd sound and anomalous heat conduction at lambda point of liquid helium. *Physical Review Letters* 18/21 (1967) 891–894.
15. Ferrell RA, Menyhárd N, Schmidt H, Schwabl F, Szépfalusy P: Entropy and specific heat of superfluid helium at lambda point. *Physics Letters A* 24/9 (1967) 493–495.
16. Szépfalusy P, Pines D: Theory of quantum liquids – normal Fermi liquids. *Acta Physica Academiae Scientiarum Hungaricae* 23/3 (1967) 322.
17. Szépfalusy P: Schrieffer, JR: Theory of superconductivity. *Acta Physica Academiae Scientiarum Hungaricae* 23/1 (1967) 133.
18. Ferrell RA, Menyhárd N, Schmidt H, Schwabl F, Szépfalusy P: Fluctuations and lambda phase transition in liquid helium. *Annals of Physics* 47/3 (1968) 565–613.
19. Kondor I, Szépfalusy P: On connection between one-particle greens function and density-density correlation function in a large Bose system. *Acta Physica Academiae Scientiarum Hungaricae* 24/1 (1968) 81.

20. Szépfalussy P: Damping of first sound in helium I and dynamical scaling. *Physics Letters A* 27/3 (1968) 128–129.
21. Szépfalussy P: Sum rules and their application in theory of superfluid helium. *Acta Physica Academiae Scientiarum Hungaricae* 27/1–4 (1969) 299.
22. Kondor I, Szépfalussy P: Dynamics of phase transition in weakly interacting Bose gas. *Physics Letters A* 33/5 (1970) 311–312.
23. Schmidt H, Szépfalussy P: Note on dynamical scaling. *Physics Letters A* 32/5 (1970) 326.
24. Szépfalussy P: Inequality for coherence length in He-II near T_c . *Physics Letters A* 31/3 (1970) 126–127.
25. Szépfalussy P: Longitudinal fluctuations of order parameter in He-II near T_c . *Physics Letters A* 32/2 (1970) 127–128.
26. Szépfalussy P: Kvantumfolyadékok. In: Fényes I (szerk.): *Modern fizikai kisenciklopédia*. Gondolat Kiadó, Budapest (1971) V. fejezet.
27. Szépfalussy P, Kondor I: On the dynamics of continuous phase transitions. *Annals of Physics* 82/1 (1973) 1–53.
28. Kondor I, Szépfalussy P: Dynamic critical exponent of a Bose system to $O(1n)$. *Physics Letters A* 47/5 (1974) 393–394.
29. Sasvári L, Szépfalussy P: Dynamics of a simple model for a structural phase-transition. *Journal of Physics C – Solid State Physics* 7/6 (1974) 1061–1068.
30. Szépfalussy P, Sasvári L: Application of $1/n$ expansion to critical dynamics of a model for structural phase-transitions. *Acta Physica Academiae Scientiarum Hungaricae* 37/4 (1974) 343–345.
31. Szépfalussy P, Kondor I: Dynamics of continuous phase-transitions. *Annals of Physics* 82/1 (1974) 1–53.
32. Kondor I, Szépfalussy P: Kritikus jelenségek. In: Abonyi I (szerk.): *Fizika* 75. Gondolat Kiadó, Budapest (1975) 85–123.
33. Sasvári L, Schwabl F, Szépfalussy P: Hydrodynamics of an n-component phonon system. *Physica A – Statistical Mechanics and Its Applications* 81/1 (1975) 108–128.
34. Kondor I, Szépfalussy P: A model with intrinsic critical dynamics. In: Müller KA, Rigamonti A (szerk.): *Local properties at phase transitions*. North-Holland Publishing Company (1976) 806. (ISBN: 9780720404487)
35. Szépfalussy P: Dynamical critical phenomena and the renormalization group – Application to a lattice dynamic model. In: Brey J, Jones RD (szerk.): *Critical Phenomena: International school of statistical mechanics*. Springer-Verlag (1976) 111–154. (Lecture Notes in Physics 54. (ISBN: 978-3-540-07862-3))
36. Sasvári L, Szépfalussy P: Dynamic critical properties of a stochastic n-vector model. *Physica A – Statistical Mechanics and its Applications* 87/1 (1977) 1–34.
37. Sasvári L, Szépfalussy P: Critical dynamics of a stochastic n-vector model below T_c . *Physica A – Statistical Mechanics and Its Applications* 90/3–4 (1978) 626–632.
38. Szépfalussy P: Dynamic critical phenomena. In: Mátyás M (szerk.): *International summer school: Phase transitions in condensed matter*. Czechoslovak Academy of Sciences, Prague (1976)
39. Szépfalussy P, Tél T: Dynamic renormalization group in the large-n limit. *Journal of Physics A – Mathematical and General* 12/11 (1979) 2141–2149.
40. Szépfalussy P: Critical dynamics below T_c . In: Enz ChP (szerk.): *Dynamical critical phenomena and related topics*. Springer-Verlag (1979) 48.
41. Szépfalussy P, Tél T: Renormalization group-analysis of relaxational dynamics in systems with many-component order-parameter 1. *Zeitschrift für Physik B – Condensed Matter* 36/4 (1980) 343–355.
42. Szépfalussy P, Tél T: Renormalization group-analysis of relaxational dynamics in systems with many-component order-parameter 2, scaling fields and scaling variables. *Zeitschrift für Physik B – Condensed Matter* 39/3 (1980) 249–260.
43. Szépfalussy P: Kvantummechanikai többtestprobléma: Közeli módszer a kvantummechanikában. In: Antal J (szerk.): *Fizikai Kézikönyv Műszakiaknak*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest (1980) 6.8 fejezet. (ISBN: 9631032442)
44. Meissner G, Menyhárd N, Szépfalussy P: Dynamic correlations below structural phase-transitions in weakly anisotropic systems. *Zeitschrift für Physik B – Condensed Matter* 45/2 (1981) 137–147.
45. Meissner G, Menyhárd N, Szépfalussy P: Dynamic correlations below the anti-ferrodistortive transition in perovskites. *Ferroelectrics* 37/1–4 (1981) 527–530.
46. Szépfalussy P, Tél T: Critical-dynamics near a hard mode-instability. *Zeitschrift für Physik B – Condensed Matter* 43/1 (1981) 77–86.
47. Szépfalussy P, Tél T: Dynamic renormalization-group treatment of a Bose-gas model. *Acta Physica Academiae Scientiarum Hungaricae* 51/1–2 (1981) 81–99.
48. Gnädig P, Györgyi G, Szépfalussy P, Tél T: Bevezetés a káosz kialakulásának és tulajdonságainak elméletébe. In: Szépfalussy P, Tél T (szerk.): *A káosz – Véletlenszerű jelenségek nemlineáris rendszerekben: Chaos – Stochastic Phenomena in Nonlinear Systems*. 606 oldal, Konferencia helye, ideje: Magyarország, 1982. 01. 11. – 1982. 01. 16. Akadémiai Kiadó, Budapest (1982) 9–270. (ISBN: 963-05-3208-5)
49. Meissner G, Menyhárd N, Szépfalussy P: Dynamic correlations in the ordered phase of perovskites. In: Riste T (szerk.): *Nonlinear phenomena at phase transitions and instabilities*. Plenum, New York (1982) 69.
50. Szépfalussy P, Tél T: Fluctuations in the limit-cycle state and the problem of phase chaos. *Physica A – Statistical Mechanics and Its Applications* 112/1–2 (1982) 146–166.
51. Szépfalussy P: *Univerzális törvényszerűségek nemlineáris rendszerek dinamikájában*. Akadémiai Kiadó, Budapest (1983)
52. Györgyi G, Szépfalussy P: Fully-developed chaotic 1-d maps. *Zeitschrift für Physik B – Condensed Matter* 55/2 (1984) 179–186.
53. Györgyi G, Szépfalussy P: Properties of fully-developed chaos in one-dimensional maps. *Journal of Statistical Physics* 34/3–4 (1984) 451–475.
54. Györgyi G, Szépfalussy P: Calculation of the entropy in chaotic systems. *Physical Review A* 31/5 (1985) 3477–3479.
55. Szépfalussy P, Tél T: Properties of maps related to flows around a Saddle-point. *Physica D – Nonlinear Phenomena* 16/2 (1985) 252–264.
56. Györgyi G, Szépfalussy P: Fully developed chaos in one-dimensional discrete processes. In: Ebeling W, Ulbricht H (szerk.): *Selforganization by nonlinear processes*. Springer-Verlag, Berlin (1986) 196.
57. Szépfalussy P, Györgyi G: Entropy decay as a measure of stochasticity in chaotic systems. *Physical Review A* 33/4 (1986) 2852–2855.
58. Szépfalussy P, Tél T: New approach to the problem of chaotic repellers. *Physical Review A* 34/3 (1986) 2520–2523.
59. Kaufmann Z, Szépfalussy P, Tél T: Unusual maps and their use to approach usual ones. *Acta Physica Hungarica* 62/2–4 (1987) 321–346.
60. Szépfalussy P, Tél T: Dynamic fractal properties of one-dimensional maps. *Physical Review A* 35/1 (1987) 477–480.
61. Szépfalussy P, Tél T, Csordás A, Kovács Z: Phase-transitions associated with dynamic properties of chaotic systems. *Physical Review A* 36/7 (1987) 3525–3528.
62. Szépfalussy P, Behn U: Calculation of a characteristic fractal dimension in the one-dimensional random field Ising model. *Zeitschrift für Physik B – Condensed Matter* 65/3 (1987) 337–339.
63. Bene J, Szépfalussy P: Multifractal properties in the one-dimensional random-field Ising-model. *Physical Review A* 37/5 (1988) 1703–1707.
64. Bene J, Szépfalussy P: Properties of fully-developed chaotic one-dimensional maps in the presence of external noise. *Physical Review A* 37/3 (1988) 871–879.
65. Csordás A, Szépfalussy P: Generalized entropy decay-rates of one-dimensional maps. *Physical Review A* 38/5 (1988) 2582–2587.
66. Györgyi G, Szépfalussy P: Relaxation processes in chaotic states of one-dimensional maps. *Acta Physica Hungarica* 64/1 (1988) 33–48.
67. Szépfalussy P: Properties of generalized entropies in one-dimensional maps. In: Velarde M (szerk.): *Synergetics, order and chaos*. World Scientific, Singapore (1988) 685.
68. Bene J, Szépfalussy P, Fülöp A: Generic dynamical phase-transition in chaotic Hamiltonian-systems. *Physical Review A* 40/11 (1989) 6719–6722.

69. Csordás A, Szépfalusy P: Dynamical multifractal properties of a map related to a chaotic cosmological model. *Physical Review A* 40/4 (1989) 2221–2224.
70. Csordás A, Szépfalusy P: Singularities in Renyi information as phase-transitions in chaotic states. *Physical Review A* 39/9 (1989) 4767–4777.
71. Kaufmann Z, Szépfalusy P: Properties of the entropies at weak intermittent states of Lorenz-type systems. *Physical Review A* 40/5 (1989) 2615–2624.
72. Szépfalusy P: Characterization of chaos and complexity by properties of dynamical entropies. *Physica Scripta* T25 (1989) 226–229.
73. Graham R, Szépfalusy P: Quantum creation of a generic universe. *Physical Review D Particles and Fields* 42/8 (1990) 2483–2490.
74. Barabási AL, Szépfalusy P, Vicsek T: Multifractal spectra of multi-affine functions. *Physica A – Statistical Mechanics and its Applications* 178 (1991) 17–28.
75. Csordás A, Graham R, Szépfalusy P: Level statistics of a noncompact cosmological billiard. *Physical Review A* 44/3 (1991) 1491–1499.
76. Graham R, Hübner R, Szépfalusy P, Vattay G: Level statistics of a noncompact integrable billiard. *Physical Review A* 44/11 (1991) 7002–7015.
77. Markošová M, Szépfalusy P: Reduced Renyi information – generalization and application to a devils staircase. *Physical Review A* 43/6 (1991) 2709–2713.
78. Szépfalusy P, Tél T, Vattay G: Thermodynamics of Lorenz-type maps. *Physical Review A* 43/2 (1991) 681–692.
79. Bene J, Szépfalusy P: Bounds for the Renyi entropies and dynamic phase-transitions. *Physical Review A* 46/2 (1992) 801–808.
80. A. Csordás, G. Györgyi, P. Szépfalusy, T. Tél: Statistical properties of chaos demonstrated in a class of one-dimensional maps. *Chaos* 3/1 (1993) 31–49.
81. Czirók A, Szépfalusy P, Vicsek T: On the existence of well defined singularities in multifractals. *Fractals – Complex Geometry Patterns and Scaling in Nature and Society* 1 (1993) 199–204.
82. Szépfalusy P: Előszó: A káosz és rendezetlenség kutatása. *Magyar Tudomány* 93/4 (1993) 379–383.
83. Csordás A, Graham R, Szépfalusy P, Vattay G: Transition from Poissonian to Gaussian-orthogonal-ensemble level statistics in a modified Artin's billiard. *Physical Review E – Statistical, Nonlinear and Soft Matter Physics* 49/1 (1994) 325–332.
84. Németh A, Szépfalusy P: Properties of border states of transient chaos. *Physical Review E – Statistical, Nonlinear and Soft Matter Physics* 52/2 (1995) 1544–1549.
85. Csordás A, Graham R, Szépfalusy P: Off-resonance light scattering from Bose condensates in traps. *Physical Review A* 54 (1996) R2543–R2546.
86. Lustfeld H, Szépfalusy P: Correlation functions on the border lines of transient chaos. *Physical Review E – Statistical, Nonlinear and Soft Matter Physics* 53/6 (1996) 5882–5889.
87. Csordás A, Graham R, Szépfalusy P: Semiclassical wave functions and energy levels of Bose-condensed gases in spherically symmetric traps. *Physical Review A* 56 (1997) 5179–5282.
88. Fliesser M, Csordás A, Szépfalusy P, Graham R: Hydrodynamic excitations of Bose condensates in anisotropic traps. *Physical Review A* 56 (1997) R2533–R2536.
89. Kaufmann Z, Lustfeld H, Németh A, Szépfalusy P: Diffusion in normal and critical transient chaos. *Physical Review Letters* 78/21 (1997) 4031–4034.
90. Bene G, Szépfalusy P: Dielectric formalism and damping of collective modes in trapped Bose–Einstein condensed gases. *Physical Review A* 58 (1998) R3391–3394.
91. Csordás A, Graham R, Szépfalusy P: Quasi particle excitations and dynamic structure functions of trapped Bose-condensates in the WKB-approximation. *Physical Review A* 57 (1998) 4669–4685.
92. Fliesser M, Csordás A, Graham R, Szépfalusy P: Classical quasi-particle dynamics in trapped Bose condensates. *Physical Review A* 56 (1998) 4879–4889.
93. Reidl J, Csordás A, Graham R, Szépfalusy P: Finite temperature excitations of Bose gases in anisotropic traps. *Physical Review A* 59 (1999) 3816–3822.
94. Szépfalusy P, Csordás A: A Bose–Einstein kondenzációtól az atomlézerig. In: Bakos J, Sörlei Zs, Varró S (szerk.): *Fényanyag kölcsönhatás, kvantumoptika. Az 5. Kvantumelektronikai Tavaszi Iskolán elhangzott előadások anyaga*. 215 oldal (2000) 139.
95. Kaufmann Z, Németh A, Szépfalusy P: Critical states of transient chaos. *Physical Review E – Statistical, Nonlinear and Soft Matter Physics* 61 (2000) 2543–2550.
96. Kaufmann Z, Szépfalusy P: Transient chaos, critical states in generalized Baker maps. *Journal of Statistical Physics* 101 (2000) 107–124.
97. Reidl J, Csordás A, Graham R, Szépfalusy P: Shifts, widths of collective excitations in trapped Bose gases determined by the dielectric formalism. *Physical Review A* 61 (2000) 043606.
98. Szépfalusy P, Szirmai G: Properties of excitations in systems with a spinor Bose–Einstein condensate. *Physical Review A* 61 (2000) 051604.
99. Fliesser M, Reidl J, Szépfalusy P, Graham R: Conserving and gapless model of the weakly interacting Bose gas. *Physical Review A* 64 (2001) 013609. 14 p.
100. Hajdu J, Szépfalusy P: On the production of entropy within the concept of incomplete description of state. *Annalen der Physik* 10 (2001) 429–433.
101. Reidl J, Bene G, Graham R, Szépfalusy P: Kohn mode for trapped Bose gases within the dielectric formalism. *Physical Review A* 63/04/4 (2001) 043605. 6 p.
102. Patkós A, Szépfalusy P: Second sheet sigma pole and the threshold enhancement of the spectral function in the scalar isoscalar meson sector. *Physical Review D Particles and Fields* 66/11 (2002) 116004-1. 10 p.
103. Patkós A, Szépfalusy P: Finite temperature spectral functions of the linear $O(N)$ model at large N applied to the π - σ system. *Physics Letters B* 537/1–2 (2002) 77–85.
104. Szépfalusy P, Szirmai G: Structure of the perturbation series of the spin-1 Bose gas at low temperatures. *Physical Review A* 65 (2002) 043602. 25 p.
105. Szépfalusy P: Properties of permanent and transient chaos in critical states. *Advances in Chemical Physics* 122 (2002) 49–51.
106. Patkós A, Szépfalusy P: Universal threshold enhancement. *Physical Review D Particles and Fields* 68/4 (2003) 047701. 4 p.
107. Patkós A, Szépfalusy P: Finite temperature spectral function of the σ meson from large N expansion. *Acta Physica Hungarica Heavy Ion Physics* 18/1 (2003) 31–39.
108. Patkós A, Szépfalusy P: The scalar-isoscalar spectral function of strong matter in a large N approximation. In: Schmidt MG (szerk.): *Strong and electroweak matter 2002*. Proceedings of the SEWM 2002 Meeting, Heidelberg, Germany, 2–5 October 2002. 513 oldal, World Scientific, Singapore (2003) 458–462. (ISBN: 981-238-333-6)
109. Patkós A, Szépfalusy P: Finite temperature spectral function of the σ meson from large N expansion. In: Levai P (szerk.): *Proceedings of the Budapest Workshop on Quark and Hadron Dynamics: in honor of Judit Németh, István Lovas and József Zimányi*. 342 oldal, Akadémiai Kiadó, Budapest (2003) 243–251. (*Acta physica Hungarica. New series, Heavy Ion Physics* 17/2–4)
110. Szirmai G, Szépfalusy P, Kis-Szabó K: Energies and damping rates of elementary excitations in spin-1 Bose–Einstein-condensed gases. *Physical Review A* 68/2 (2003) 023612.
111. Csordás A, Szépfalusy P, Szőke E: Clustering of Fermi particles with arbitrary spin. *Physical Review Letters* 92/9 (2004) 090401. 4 p.
112. Jakovác A, Patkós A, Szépfalusy P: T - μ phase diagram of the chiral quark model from a large flavor number expansion. *Physics Letters B* 582 (2004) 179–186.
113. Herpay T, Patkós A, Szépfalusy P: Mapping the boundary of the first order finite temperature restoration of chiral symmetry in the $(m_\pi - m_\kappa)$ -plane with a linear sigma model. *Physical Review D* 71 (2005) 125017. 15 p.
114. Jakovác A, Patkós A, Szépfalusy P: Analytic determination of the T - μ phase diagram of the chiral quark model. *Acta Physica Hungarica Heavy Ion Physics* 22/3–4 (2005) 355–362.

115. Jakovác A, Patkós A, Szép Zs, Szépfalusy P: The nature of the soft excitation near the end-point of the QCD. In: Eskola K, Kajantie K, Kainulainen K, Rummukainen K (szerk.): *Strong and electroweak matter 2004*. Proceedings of the SEWM2004 meeting, World Scientific, Singapore (2005) 196–200. (ISBN: 981-256-135-8)
116. Kis-Szabó K, Szépfalusy P, Szirmai G: Static properties and spin dynamics of the ferromagnetic spin-1 Bose gas in a magnetic field. *Physical Review A* 72 (2005) 023617. 8 p.
117. Szirmai G, Kis-Szabó K, Szépfalusy P: Phase separation of ferromagnetic spin-1 Bose gases in non-zero magnetic field. *European Physical Journal D* 36 (2005) 281–287.
118. Csordás A, Szöke E, Szépfalusy P: Cluster states of fermions in the single I-shell model. *European Physical Journal D* 42/1 (2007) 113–124.
119. Csordás A, Almásy O, Szépfalusy P: New universal quantities characterizing inhomogeneous Fermi gases at the Feshbach resonance. *Europhysics Letters* 80/5 (2007) 50002. 7 p.
120. Kis-Szabó K, Szépfalusy P, Szirmai G: Phases of a polar spin-1 Bose gas in a magnetic field. *Physics Letters A* 364/5 (2007) 362–367.
121. Sütő A, Szépfalusy P: Variational wave functions for homogeneous Bose systems. *Physical Review A* 77/2 (2008) 023606. 14 p.
122. Csordás A, Almásy O, Szépfalusy P: Gradient corrections to the local-density approximation for trapped superfluid Fermi gases. *Physical Review A* 82/6 (2010) 063609.
123. Csordás A, Homa G, Szépfalusy P: Calculation of the even-odd energy difference in superfluid Fermi systems using the pseudopotential theory. *Europhysics Letters* 97/3 (2012) 37005. 5 p.
124. Szirmai G, Szépfalusy P: Three-fluid hydrodynamics of spin-1 Bose–Einstein condensates. *Physical Review A* 85/5 (2012) 053603. 9 p.
125. Sütő A, Szépfalusy P: Condensation of quasiparticles and density modulation beyond the superfluid critical velocity. *Physical Review A* 88/4 (2013) 043640. 6 p.

A BOSE–EINSTEIN-KONDEZNÁCIÓTÓL AZ ATOMLÉZERIG

Szépfalusy Péter

ELTE TTK, Komplex Rendszerek Fizikája Tanszék,
MTA Szilárdtestfizikai és Optikai Kutatóintézet

Csordás András

MTA–ELTE Statisztikus Fizikai Kutatócsoport

Történeti áttekintés¹

1924-ben Bose egy új típusú statisztikát vezetett be fotonokra és annak segítségével származtatta Planck 1900-ban felállított formuláját az eloszlásfüggvényre. Bose statisztikáját Einstein általánosította tömeggel rendelkező részecskékre.² Einstein felismerte, hogy rögzített N részecskeszámú bozont tartalmazó rendszerben létezik egy T_c kritikus hőmérséklet, amely alatt a termodinamikai határesetben a részecskék véges N_0/N hányada foglalja el a legalacsonyabb energiájú állapotot. Einstein az ideális gázt vizsgálta és azt találta, hogy

$$N_0(T) = N_0(0) \left[1 - \left(\frac{T}{T_c} \right)^{\frac{3}{2}} \right], \quad T \leq T_c. \quad (1)$$

Nyitott kérdés maradt, hogy a jelenség miként módosul a részecskék közötti kölcsönhatás következté-

Bakos J., Sörlei Zs., Varró S. (szerk.): *Fény-anyag kölcsönhatás, kvantumoptika. Az 5. Kvantumelektronikai Tavasz Iskolán elhangzott előadások anyaga* című kötetben, 2000-ben megjelent cikk újraközlése.

Az ilyen témájú hazai kutatásokat az FKFP0159/1997, az OTKA T017493, T029552, F020094 pályázatok és az MTA–DFG 95. számú projektje részben támogatták.

¹ Az áttekintés atomok Bose–Einstein-kondenzációjára korlátozódik, és nem tér ki olyan fontos kapcsolatokra, mint a szupravezető állapot kialakulása, vagy az excitonok gázában bekövetkező fázisátalakulás.

² Az ilyen statisztikát követő részecskéket később nevezték el bozonoknak, amelyekről kiderült, hogy spinjük \hbar egész számú többszöröse lehet. E tekintetben nem követjük az időrendet és a következőkben használjuk a bozon elnevezést.

ben. London volt az első, aki egy kísérletileg megvalósított fázisátalakulásról, nevezetesen a héliumfolyadékban szuperfolyékony állapotra vezető fázisátalakulásról, 1938-ban feltételezte, hogy Bose–Einstein típusú kondenzáció eredménye. Másrészt viszont a szuperfolyékony állapot tulajdonságainak Landau által kidolgozott fenomenologikus elmélete (1941), amely a jelenségek egész skálájáról számot tudott adni, nem támaszkodott ilyen feltevésre. Csak Bogoliubov 1947-ben közzétett, ritka Bose-gázra alkalmazható elmélete nyitotta meg az utat a Bose–Einstein-kondenzációt feltételező, az ötvenes évek végétől óriási fejlődést felmutató mikroszkopikus elmélet és a Landau-féle fenomenologikus elmélet összekapcsolása előtt [1].

Az is kiderült azonban, először O. Penrose és L. Onsager [2] számítása szerint (1956-ban), hogy a He-atomok közötti viszonylag erős kölcsönhatás és a gázokéhoz képest a héliumfolyadék igen nagy sűrűsége miatt a Bose–Einstein-kondenzátumban lévő részecskék száma még zérus hőmérsékleten is csak a teljes részecskeszám kevesebb, mint 10%-át teszi ki. Problémát jelentett, hogy a kondenzátum létezésének meggyőző kísérleti kimutatása nagy akadályokba ütközött. Végül is a kondenzátum nagyságának közvetlen mérése csak 1998-ban, Wýattnak sikerült [3], ami az említett elméleti értékkel jól egyező eredményre vezetett.

Olyan Bose–Einstein-kondenzátum létrehozása, amely a rendszert alkotó atomok nagy részét tartalmazza sokáig reménytelen feladat maradt a várható rendkívül alacsony kritikus hőmérséklet miatt. A kritikus hőmérséklet megbecsléséhez használjuk fel a