

헝가리 양자 기술 관련 연구 개요

헝가리 양자정보 국립연구소

'제2의 양자혁명'은 지적·기술적·경제적·사회적 도전에 해당하며, 양자정보 분야와 관련된 서로 다른 배경을 가진 과학자와 공학자의 긴밀한 협업이 요구됩니다. 헝가리 내 연구기관과 대학에는 최고의 과학자를 비롯해 국제적으로 인정받는 상당수의 연구단체(약 15개 그룹)가 다양한 양자기술 분야에서 활동하고 있습니다. 양자 정보 국립 연구소(Quantum Information National Laboratory)는 이러한 인적 자원들 - 물리학자, 공학자, 컴퓨터 과학자, 수학자 - 을 통합하여, 그들의 활동이 양자 정보 과학의 특정하고 빠르게 발전하는 이론 및 응용 주제에 더 잘 초점을 맞출 수 있도록 합니다. 지난 몇 년 동안, 2017년에 시작된 국가 우수 프로그램(National Excellence Program)의 재정적 지원으로 인해 인프라와 실험실 환경이 크게 개선되었습니다.

■ 전략적 목표

양자정보국립연구소는 빠르게 펼쳐진 양자정보의 넓은 지평선 안에서 연구그룹의 발전을 이끌기 위해 세 가지 전략적 목표를 세웠습니다.

1. 양자 통신 네트워크의 실현

EU 집행위원회가 개시한, 유럽 양자통신 인프라(European Quantum Communication Infrastructure, EuroQCI)에 참여할 지역 양자 통신 네트워크 구축

2. 기초 건축물의 물리적 구현

양자 정보 처리 및 해당 최첨단 실험실 환경 유지를 위한 광자, 원자 및 인공 원자에 기반한 하드웨어 구성품 개발

3. 양자 컴퓨팅 및 양자 시스템 시뮬레이션

양자 컴퓨팅에 대한 최첨단 지식과 인프라, 양자 프로그래밍 및 이 분야의 사용자 수준 기술을 보유한 지역 과학 커뮤니티 개발

■ 혁신 생태계에서 역할

국립연구소는 강력한 전문가 기반을 구성하고 헝가리 산업이 주목할 만한 전통과 업적을 가진 분야에서, 예를 들어, 정보학, 통신, 고정밀 광학 및 현미경, 의료 진단 및 우주 산업과 같은 필요한 전문가와 지식 기반을 갖춘 혁신 생태계 형성을 제공합니다. 국립연구소는 헝가리에서 조정의 역할을 맡고, 양자 기술과 관련된 기술에 관심이 있는 중소기업과의 협력을 촉진합니다. 국립 연

연구소에서 계획된 소프트웨어 개발뿐만 아니라 실험적인 연구 및 개발 활동은 이러한 협력을 위한 훌륭한 가능성을 만들어 냈으며, 지난 몇 년 동안 수많은 공통 프로젝트가 시작되었습니다. 이는 기술 스피노프 기업의 자연스러운 원천이기도 하지만, 다른 한편으로는 혁신적인 첨단 기술 기업과의 협력이 연구 목표 달성의 효율성을 크게 높일 수 있습니다. 이 회사들은 양자 기술을 위한 하드웨어나 소프트웨어 구성 요소를 생산함으로써, 낮은 또는 중간 수준의 투자를 통해 포트폴리오를 상당히 확장할 수 있습니다.

■ 기관 배경 및 강조 활동

양자 정보 국립 연구소, 국립연구소는 양자기술 분야와 밀접한 관련이 있는 국내 연구기관과 대학의 그룹을 통합합니다. 이러한 기관에는 Wigner RCP(원자-광자 기반 양자 비트 연산, 양자 알고리즘), BME 전기 공학 및 정보학부(양자 통신, 알고리즘 및 양자 암호화), BME TTK 물리 및 수학 연구소(고체 상태 기반 양자 시스템, 양자 시뮬레이션 및 계산 과학 기초), ELTE 정보학부(소프트웨어 기술, 계산 과학 및 수학), ELTE TTK 물리 연구소(광양자 시스템, NISQ 양자 컴퓨터)가 포함됩니다. SZTAKI(계산 과학의 기초)와 에너지 연구 센터(배경 기술, 샘플 생산)에는 다른 소규모 유닛과의 긴밀한 협력이 있습니다.

참가 그룹은 헝가리 내에서 우수한 수준을 나타내며: 많은 그룹은 헝가리 과학 아카데미의 권위 있는 Momentum 스타트 보조금 프로그램에 의해 시작되었으며, ERC 스타트 그랜트를 획득한 두 그룹이 있습니다. 그룹의 약 절반은 포토닉스 또는 양자 광학 배경을 가지고 있고, 나머지 절반은 고체 물리학 분야에서 양자 기술을 지향하고 있습니다. 프로젝트 리더들은 중년 혹은 심지어 젊은 연구자들인데, 그들 중 세 명은 헝가리 과학 아카데미의 회원입니다. 이들 그룹의 과학 활동은 헝가리 대학 학생들 사이에서 매력적이며, 그들 중 상당수(40~50명의 박사과정 학생, 약 같은 수의 석사과정 학생)가 이 그룹에 합류하여, 현재 대중 매체에서도 높은 관심을 받고 있는 이 성공적인 연구 분야에 참여하고 있습니다.

위그너 물리학 연구센터(Wigner Research Centre for Physics)

위그너 물리학 연구 센터는 지역 연구소와 국제 공동 연구를 기반으로 기초 및 응용 실험 연구를 수행하는데 전념하고 있으며, 또한 대규모 연구 시설의 활용에 대한 헝가리 참여의 조정과 일선 이론 물리학에 의한 실험 활동을 지원하는 것을 포함합니다. 현재 연구는 34개 연구그룹에서 약 300명의 정규 연구직원이 참여하고 있습니다. 고체 상태 물리학 및 광학연구소(Solid State Physics and Optics Institute) 연구진은 광학·레이저 물리학·양자광학·양자정보기술 분야의 빛-물질 상호작용을 보다 잘 이해하고 제어하기 위한 목적으로 국내 실험실에서 'table-top' 실험으로 연구를 진행하면서, 실험을 뒷받침하기 위한 이론적 연구를 수행합니다. 따라서 양자 기술은 위그너 RCP의 중점 연구 분야 중 하나이며, 이 분야에는 4개의 연구소와 3개의 이론 그룹이 있습니다.

반도체 나노구조 모멘텀 연구그룹(Semiconducting Nanostructures Momentum Research Group, 단장 **Ádám Gali**)은 반도체에 내장된 나노구조 원자 규모 구조를 설계하기 위해 ab initio 연산 방법과, 암 치료, 에너지학, 양자 광학 측정 및 응용 분야에서 생물학적 마커로 효율적으로 활용될 수 있는 자기 및 광학 특성을 사용합니다. 이러한 설계 재료 중 일부는 위에서 언급한 응용의 목적을 위해 스펙트럼 분석 방법으로 생산, 분석 및 개발됩니다. 양자 기술 응용(양자 감지)은 최근에 설립된 ODMR 실험실(Optically Detected Magnetic Resonance)에서 연구하고 있습니다(wiki.kfki.hu/nano/Main_Page)

헝가리 과학 아카데미의 물리학 박사, 종신 "Lendület"상 그룹의 리더이자 현재 프론티어상 그룹의 리더인 **Ádám Gali**는 양자 감지 및 양자 커뮤니케이션에서 고체 상태 결합 양자 비트와 그 잠재적인 응용을 연구한 10년의 경험을 가지고 있습니다. 그는 기술적으로 성숙한 물질에서 새로운 양자 비트의 식별에 크게 기여했습니다. 객원 연구원이자 객원 교수로서 그는 일류 대학(하버드 대학교, 캘리포니아 대학교 - 데이비스, EPFL)에서 수년간 근무했습니다. 그는 다수의 유럽 양자 기술 컨소시엄(FP7, H2020)에 참여했으며, 다른 국내외 프로젝트의 수석 연구원입니다. 그는 270개 이상의 동료 평가 논문의 공동 저자로 6500개 이상의 인용을 받았습니다. 선택한 논문:

1. 양자웰에 의한 점결함 스핀 큐비트의 안정화
Stabilization of point-defect spin qubits by quantum wells, Viktor Ivády, Joel Davidsson, Nazar Delean, Abram L. Falk, Paul V. Klimov, Samuel J. Whiteley, Stephan O. Hruszkewycz, Martin V. Holt, F. Joseph Heremans, Nguyen Tien Son, David D. Awschalom, Igor A. Abrikosov and Adam Gali, Nature Communications 10, 5607 (2019).
2. 다이아몬드 내 그룹-IV 공극 컬러센터의 Ab Initio 자기 광학적 스펙트럼
Ab Initio Magneto-Optical Spectrum of Group-IV Vacancy Color Centers in Diamond, Gergő Thiering and Adam Gali, Physical Review X 8, 021063 (2018).
3. 질화붕소 단층내의 칼라센터 : 군 이론과 ab-initio 해석
Color centers in hexagonal boron nitride monolayers: A group theory and ab-initio analysis, Mehdi Abdi, Jyh-Pin Chou, Adam Gali, and Martin B. Plenio, ACS Photonics 5, 1967-1976 (2018).
4. 실리콘 탄화물 실온 단일 광자 공급원
A silicon carbide room-temperature single-photon source, S. Castelletto, B. C. Johnson, V. Ivády, N. Stavrias, T. Umeda, A. Gali, and T. Ohshima, Nature Materials 13, 151-156 (2014).
5. 다이아몬드 내 NV 센터에 대한 Ab initio 슈퍼셀 계산: 전자 구조 및 초미세 텐서
Ab initio supercell calculations on nitrogen-vacancy center in diamond: Electronic structure and hyperfine tensors, Adam Gali, Maria Fyta and Efthimios Kaxiras, Physical Review B 77, 155206 (2008).

양자 광학 모멘텀 연구 그룹(Quantum Optics Momentum Research Groups, Peter Domokos에 의해 주도됨)은 공동 양자 전기 역학(cavity QED)과 극저온 원자에 초점을 맞추고 있습니다. 그들은 두 구성 요소가 모두 동적 양자 시스템일 때 최종 한계 상태에서 빛-물질 상호작용을 실험적으로 연구합니다. 원자 상호작용을 기반으로 양자 기술 응용을 구축할 계획입니다. 연구의 목표 중 하나는 적은 수의 원자 또는 보스-아인슈타인 응축수가 광자 및 원자에서 암호화된 양자 정보가 전달될 수 있는 광학 공명기에 갇힌 방사선장에 결합될 수 있는 원자-광자 인터페이스를 개발하는 것입니다. 양자 정보는 원자 상태에서 오랫동안 저장될 수 있으며, 이 시스템은 현재까지 최고의 '퀀텀 메모리'를 제공합니다.

(<https://wigner.hu/hu/kvantumoptikai-es-kvantuminformatikai-osztaly/kvantumoptikai-kutatocsoport>)

헝가리 과학 아카데미의 일반 회원이자 위그너 연구 센터의 부소장인 **Peter Domokos**는 종신 재직의 “Momentum” 연구 그룹을 이끌고 있습니다. 그는 1998년 Ecole Normale Supérieure, Laboratoire Kastler Brossel 에서 박사학위를 받았습니다. 그는 최초의 2-큐비트 범용 양자 논리 게이트의 체계를 구축했습니다. 그의 연구는 원자와 광자의 상호작용을 기반으로 한 양자 연산에 초점을 맞추고 있는데, 그는 2013년 이 분야의 기초 리뷰 논문 저자들 중 한 명입니다. 그는 여러 EU FP7 컨소시엄에 파트너로 참여했습니다. 그는 84편의 동료 평가 논문을 국제 학술지에 발표했습니다. 그는 2020년부터 Physical Review Letters의 부서 부편집장으로 일하고 있습니다. 주요 성과:

1. 광자 차단파괴 상전이 관측

J. M. Fink, A. Dombi, A. Vukics, A. Wallraff, P. Domokos, Observation of the Photon-Blockade Breakdown Phase Transition, Physical Review X 7, 011012 (2017)

2. 공극 내 차가운 원자는 동적광학 전위 생성

H. Ritsch, P. Domokos, F. Brennecke, T. Esslinger, Cold atoms in cavity generated dynamical optical potentials, Reviews of Modern Physics 85, 553-601 (2013)

3. 광공극 내에서 보스-아인슈타인 응축 양자운동에서의 Dicke-모델 위상 전이

D. Nagy, G. Kónya, G. Szirmai, P. Domokos, Dicke-Model Phase Transition in the Quantum Motion of a Bose-Einstein Condensate in an Optical Cavity, Physical Review Letters 104, 130401 (2010)

4. 공동 내 원자의 집단 냉각 및 자가 조직화

P. Domokos and H. Ritsch: Collective cooling and self-organization of atoms in a cavity, Physical Review Letters 89, 253003 (2002)

5. 단순 공동- QED 2-비트 범용 양자 논리 게이트: 원리 및 기대 성능

P. Domokos, J. M. Raimond, M. Brune, S. Haroche: Simple cavity-QED two-bit universal quantum logic gate: The principle and expected performances, Physical Review A 52, 3554-3559 (1995)

강상관계의 모멘텀 연구 그룹(**Strongly Correlated Systems Momentum Research Group**, Örs Legeza 대표)은 MPS (매트릭스 제품 상태)와 TTNS (트리 텐서 네트워크 상태) 방법의 개발을 연구하는데, 여기에는 그래핀 나노구조, 고체상태에서 자기 특성, 이국적인 양자상, 분자의 전자구조, 극저온 원자구조와 같은 강상관계 양자 시스템을 조사하기 위한 사용을 포함합니다. 그룹 구성원에 의해 수행된 오랜 개발 및 최적화로 인해 DMRG 구현(Budapest QC-DMRG 프로그램 패키지)은 강한 상관관계가 있는 양자 시스템의 시뮬레이션에서 선두주자가 되었으며, 전세계 수많은 연구 기관과 대학교에서 큰 성공을 거두고 있습니다.

(wigner.hu/erosen-korrelalt-rendszerek)

양자정보 및 양자역학 연구 그룹 기반(**Foundations of Quantum Information and Quantum Mechanics Research Group**, Tamás Kiss 대표)은 이러한 시스템에서 구축된 더 큰 네트워크, 양자 정보 목적의 사용 및 관련된 실제 물리적 구성에 대한 설명을 포함한 기초 양자 시스템을 다룹니다. 자주 조사되는 모델 중 하나는 양자 랜덤 워크로, 위상학적으로 보호된 위상의 형성과 같은 필수적인 양자 역학적 현상을 모델링하는데 가능한 양자 검색 알고리즘 외에도 잘 사용됩니다. 우리의 연구 주제는 단순한 분자의 진동 특성에 대한 연구를 포함하고, 빛의 양자 상태 공학 및 양자 측정 이론을 포함한 빛의 비고전적 상태를 생성하는 실험에 참여합니다.

양자계산정보기술연구단(**Quantum Computation and Information Technology Research Group**, 단장 Zoltán Zimborás)은 현재 개발 중인 양자컴퓨터의 특성화를 다루고 있으며, 이들 컴퓨터에서 구동할 수 있는 알고리즘을 포함합니다. 그들의 목표는 이미 존재하는 소음 및 중간 크기의 장치에 맞춘 새로운 양자 정보 기술 프로토콜을 만드는 것입니다. 그들은 자유로이 이용할 수 있는 양자 컴퓨터나 소음에 대한 보호 방법 개발을 포함하여 파트너가 제공하는 컴퓨터에서 실제 소음의 특성을 결정합니다. 그들은 현재 양자 장치의 자체 게이트에 맞춘 휴리스틱 양자 게이트 분해 방법을 개발하고, 변형 게이트 시스템을 기반으로 알고리즘의 오류 저항성을 조사합니다.

부다페스트 공과경제대학교(Budapest University of Technology and Economics) 전기공학 및 정보학부(Faculty of Electrical Engineering and Informatics)

1949년에 설립된 전기공학 및 정보학부(BME VIK)는 부다페스트 공과경제대학교에서 가장 큰 학부입니다. 현재 2개의 학부 과정(전기 및 컴퓨터 엔지니어), 4개의 석사 과정(전기 공학, 컴퓨터 공학, 보건 공학, 경영 정보학), 2개의 박사 과정(전기 공학, 컴퓨터 과학)에서 교육을 받고 있습니다. BME VIK은 교사들과 학생들이 교육적인 목적으로 작은 위성을 만들 수 있는 세계에서 소수의 대학 교수들 중 하나입니다. 10개 학과 교수진이 경제생활의 주체들과 긴밀한 관계를 유지하고 있으며, 헝가리에서 활동하는 몇몇 다국적 기업들도 공동 연구개발 활동을 위한 실험실이나 특수 형태의 협력을 설립하였습니다. 연구 활동의 초점은 통신 네트워크와 5G, 6G, 사이버 보안, 에너지, 로봇 공학, 산업 4.0, 예측 정비, 우주 기술, 마이크로 전자 공학, 인공지능, 양자 컴퓨팅 및 통신, 자율 자동차 및 시스템입니다. 네트워크 시스템 및 서비스 부서의 리더십으로, 우리 양자 통신 그룹은 양자 컴퓨팅과 장거리 양자 통신의 열린 질문에 초점을 맞추고 있습니다.

연구 그룹(단장 S. Imre)는 네트워크 시스템 및 서비스 BME VIK 부서의 후원 하에 활동하며 양자 통신 및 양자 정보 기술 과학의 관련 이슈를 탐구합니다. 양자 통신의 학제간 특성을 고려하여 작업은 BME TTK 및 Wigner FK뿐만 아니라 두 부서 세 그룹의 엔지니어 IT 전문가, 전기 엔지니어 및 물리학자의 참여로 이루어집니다. 주요 연구 분야로는 1세대와 2세대 양자 키 분배 장비 구축을 포함하며, 작동 효율성에 관한 테스트, 양자 정보 이론, 양자 문제 해결, 양자 채널의 특성, 고급 양자 채널 코딩 기술, 양자 신호 중계기, 양자 통신 네트워크 및 프로토콜 조사, 양자 기반 위성 통신 등이 포함됩니다. 연구그룹의 과학적 성과는 주로 양자기반통신, 양자암호학, 양자정보이론 분야에서 발표되었습니다. (<http://mcl.hu/quantum/>)

헝가리 과학 아카데미의 Sándor Imre 교수, 부다페스트 공과경제대학교 정교수.

그의 양자 컴퓨팅 및 통신 활동(연구 개발 및 교육)은 1999년으로 거슬러 올라갑니다. 그의 팀은 2015년에 헝가리 최초의 CV-QKD 시스템을 구현했습니다. 그는 Wiley에서 양자 컴퓨팅과 통신에 관한 두 권의 책을 출판했는데, 그 중 하나는 러시아어로 번역되었습니다.

그는 많은 유럽연합과 다른 국제 협력에 참여했습니다. 그는 2800개 이상의 독립적인 인용을 받은 500개 이상의 컨퍼런스과 저널 논문을 출판했습니다. 주요 기사물:

1. 양자채널 용량에 대한 조사

L, Gyongyosi; S, Imre; H. V., Nguyen. A Survey on Quantum Channel Capacities, IEEE COMMUNICATIONS SURVEYS AND TUTORIALS 20 : 2 pp. 1149-1205. , 57 p. (2018)

2. 무선 신호, 현실과 미래: 3G/4G에서 광학과 양자 무선으로

L, Hanzo; H, Haas; S, Imre; D O'Brien; M, Rupp; L, Gyongyosi: Wireless Myths, Realities and Futures: From 3G/4G to Optical and Quantum Wireless, PROCEEDINGS OF THE IEEE 100 : 13 pp. 1853-1888. , 36 p. (2012)

3. 고급 양자 통신: 공학적 접근

S, Imre; L, Gyongyosi: Advanced Quantum Communications: An Engineering Approach, Hoboken (NJ), USA: Wiley-IEEE Press (2012) , 488 p.

4. 정렬되지 않은 데이터베이스에서 극단값 찾기를 위한 양자존재실험과 그 응용

S, Imre: Quantum Existence Testing and its Application for Finding Extreme Values in Unsorted Databases, IEEE TRANSACTIONS ON COMPUTERS 56 : 5 pp. 706-710. , 5 p. (2007)

5. 양자 컴퓨팅과 통신 - 공학적 접근

S, Imre; F, Balázs: Quantum Computing and Communications - An Engineering Approach, Chichester, UK : John Wiley and Sons, Inc. (2005), 283 p.

Budapest University of Technology and Economics
자연과학부(Faculty of Natural Sciences)

BME 자연과학부 물리 연구소(BME FI)와 수학 연구소(BME MI)에는 많은 예외적으로 높은 수준의 연구 그룹과 연구소가 있으며("모멘텀" 그룹, 국제적으로 내재된 연구 그룹 및 실험실), 이는 양자 기술 분야의 연구에 적극적으로 참여하고 양자 기술 국립 연구소의 노력에 동참하고 있습니다.

이국적 양자 위상 모멘텀 연구 그룹(Exotic Quantum Phases Momentum Research Group, Gergely Zaránd)

이 연구팀이 수행한 연구는 하이브리드 나노 시스템과 극저온 상호작용 원자, 인공 원자, 분자의 양자 이론 설명에 초점을 맞추고 있습니다. 필드 이론 방법은 양자 시뮬레이션과 양자 계산에 특히 주의를 기울여 이러한 시스템의 양자 역학적 특성을 연구하는 데 사용됩니다.

<http://exotic.phy.bme.hu>

헝가리 과학 아카데미의 교수이자 물리학 연구소장, 모멘텀 연구단 리더인 **Gergely Zaránd**.

하 교수는 약 15년 동안 양자 전자 회로와 인공 양자 시스템에 대한 이론을 연구해 왔습니다. 그는 하버드, KIT 카를스루에, FU 베를린, 캘리포니아 대학교 데이비스를 포함한 저명한 서부 및 해외 대학에서 객원 교수로 몇 년을 보냈습니다. 그는 몇몇 조작된 양자 상태를 예측했습니다. 그는 수많은 유럽 컨소시엄의 파트너였으며, 수많은 국내외 연구 프로젝트를 이끌었습니다. 그의 동료 평가를 받은 출판물의 수는 142개이며, 그는 이 논문들에 대해 총 3095개의 인용을 받았습니다. 선택한 게시물:

1. 전자 Wigner 결정을 1차원으로 영상화
Shapir I., Hamo A., Pecker S., Moca C.P., Legeza Ö., Zarand G., Ilani S. Imaging the electronic crystal in one dimension, SCIENCE 364, 870-875 (2019)
2. 만능 페르미 액체 교차 및 중시계 시스템에서 양자 임계도
Keller AJ, Peeters L, Moca CP, Weymann I, Mahalu D, Umansky V, Zaránd G, and Goldhaber-Gordon D. Universal Fermi liquid crossover and quantum criticality in a mesoscopic system, NATURE 526, 237-240 (2015)
3. 초유체 칼라와 극저온 페르미온에서 바리온 형성
Rapp A, Zarand G, Honerkamp C, Hofstetter W. Color superfluidity and "Baryon" formation in ultracold fermions, PHYSICAL REVIEW LETTERS 98, 160405 (2007)
4. 이중 양자점 시스템에서 양자 중요도
Zarand G, Chung CH, Simon P, Vojta M: Quantum criticality in a double-quantum-dot system, PHYSICAL REVIEW LETTERS 97: (16) 166802 (2006)
5. 이중 양자점 시스템에서 페르미 액체상태와 스핀 필터링
Borda L, Zarand G, Hofstetter W, Halperin BI, von Delft J: SU(4) Fermi Liquid State and Spin Filtering in a Double Quantum Dot system, PHYSICAL REVIEW LETTERS 90, 026602 (2003)

MTA-BME 나노 전자 모멘텀 연구 그룹(MTA-BME Nano-electronics Momentum Research Group, 대표 Szabolcs Csonka)

이 이전의 ERC Starting Grant 그룹은 양자 효과를 기반으로 회로 QED 시스템을 연구하고 만들고 있습니다. 저차원 물질, 1D 반도체 나노로드, 2D 반데르발스 헤테로 구조가 사용되며, 초전도체, 강자성 또는 일반 전극을 사용하여 하이브리드 나노전자 소자가 만들어집니다. 나노 소자는 새로운 상관 관계 또는 위상 현상(쿠퍼-쌍 분리, Kondo 효과, Andreev 결합 상태, 양자 홀 효과, Majorana 결합 상태)을 나타내며, 이는 신세대 큐비트 구현을 만드는 데 필수적인 중요성을 갖고 있습니다. http://nanoelectronics.physics.bme.hu/Quantum_intro

양자정보 이론 모멘텀 연구 그룹(Quantum Information Theory Momentum Research Group, 대표 Milán Mosonyi)

이 그룹은 양자정보 이론에서 발생하는 수학적 문제를 다루며 양자시스템에 저장된 정보의 최적 압축과 공유, 양자역학에 의해 기술된 통신 채널에서 일어나는 통신에 대한 이론적 효율성의 한계 등의 문제에서 해결책을 찾으려 합니다. 이 그룹은 관련된 엔트로피 변수의 일반적인 수학적 특성과 양자 통계 물리학과 열역학에서의 양자 정보 이론 방법의 적용을 포함하여 실제 물리적 시스템에서의 그들의 행동을 연구합니다. <https://math.bme.hu/qinfo>

MTA-BME 스핀트로닉스 모멘텀 연구 그룹(MTA-BME Spintronics Momentum Research Group, 대표 Ferenc Simon), 이전의 ERC Starting Grant 그룹은 스핀 분광 현상에 대한 이론적이고 실험적인 조사를 다루며, 스핀 기반 정보 처리의 추가 개발을 촉진하고, 그들의 연구 주제 범위 또한 더 높은 효율로 태양 전지를 만드는 데 기여하는 것을 포함하며, 또한 새로운 생물물리학과 의학 응용 분야에서도 활용될 수 있다.

<http://dept.physics.bme.hu/SpinSpectroscopy>

원자 및 분자 전자 연구 그룹(Atomic and Molecular Electronic Research Group, 대표 András Halbritter)은 리소그래픽 과정의 해상도보다 작은 크기의, 원자크기 정도의 나노 구조를 연구하며, 전류가 개별 분자 또는 여러 원자의 직경을 가진 나노와이어를 통해 흐르는 원자의 크기에 근접하며, 저항 상태는 전압 구동으로 제어될 수 있습니다. 이 그룹은 소규모 네트워크에서 새로운 정보 처리 방법을 제공하거나 자율적인 의사 결정의 가능성을 제공할 수 있는 원자 규모 아날로그 메모리 소자의 개발을 포함하여 양자 전송 측정을 통해 원자 규모 저항성 전환의 물리적 프로세스를 연구합니다.

http://nanoelectronics.physics.bme.hu/Atomic_and_molecular_electronics

Eötvös Loránd University of Sciences
Institute of Physics

Eötvös Loránd 과학대학 물리 연구소는 국내 및 세계 150~200위권 대학으로 평가받고 있는 선도적인 교육 및 연구 기관 중 하나입니다. 이 연구소는 5개의 MTA-ELTE 연구그룹(외은하천체물리학, 이론생물학과 진화생태학, 이론물리학, 통계 및 생물물리학, 물리교육)을 운영하고 있으며, 뿐만 아니라 6개의 모멘텀 연구 그룹(열 우주, 진화 유전체학, CMS 입자 및 핵물리학, 격자 공간 이론, 천체 물리학, 생물물리학), 그리고 두 개의 ERC (생명의 연대표를 재구성한 은하핵의 천체물리학적 역학과 통계물리학), 양자 기술 분야의 국가 우수 프로그램, 머신러닝 및 데이터 집약적 과학 H2020 연구 그룹과 함께 운영하고 있습니다. 이들 중 다수는 국립연구소의 주제와 밀접한 관련이 있다. Eötvös 양자운송 그룹(Eötvös Quantum Transport Group, <http://eqt.elte.hu/>) 결과는 나노 스케일 시스템(Fullerenes, 위상 절연체, 그래핀, 나노튜브)의 컴퓨터 시뮬레이션 분야에서 탁월합니다. 이 그룹은 양자 기술과 관련된 국제 특허도 가지고 있습니다. 양자 정보 국립 연구소의 프레임워크 내에서, 이 그룹은 포토닉스 기반 양자 시뮬레이션에 대한 실험 활동을 시작합니다.

Gábor Vattay는 헝가리 과학 아카데미의 교수이자 Eötvös Loránd 대학교의 시스템 물리학 학과장입니다. 그는 고전과 양자역학을 설명하기 위한 수학적 방법에 대해 2005년에 완성한 많이 인용된 책의 공동 저자이다. EU FP5/6/7 컨소시엄의 헝가리 노드 10개 이상의 참여 코디네이터이고, 2011년, 미국에서 객원 교수로 재직하는 동안, 그는 양자 컴퓨터에 대한 그의 연구를 시작했습니다. 그는 그 분야에서 특허 출원 및 허가를 받은 저자입니다. 158편의 과학 논문과 총 2577건이 인용되었습니다.

1. 하이브리드 양자-고전 컴퓨팅 시스템 및 방법

Kauffman, Stuart, Samuli Niiranen, and Gábor Vattay: Hybrid quantum-classical computing system and method. U.S. Patent Application No. 16/446,354. (2019)

2. 생체 전자 응용을 위한 Landauer 공식

Papp, E., Jelenfi, D. P., Veszeli, M. T., & Vattay, G.: A Landauer Formula for Bioelectronic Applications. *Biomolecules*, 9(10), 599. (2019)

3. 양자혼돈 끝자락의 양자 생물학

Vattay, G., Kauffman, S., & Niiranen, S.: Quantum biology on the edge of quantum chaos. *PloS one*, 9(3), e89017. (2014)

4. 생명의 기원에 대한 양자 임계치

Vattay, G., Salahub, D., Csabai, I., Nassimi, A., & Kaufmann, S. A.: Quantum criticality at the origin of life. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 626, No. 1, p. 012023). IOP Publishing. (2015)

5. 카오스: 고전과 양자

Cvitanovic, Predrag, Roberto Artuso, Ronnie Mainieri, Gregor Tanner, Gábor Vattay, Niall Whelan, and Andreas Wirzba. *Chaos: classical and quantum*. ChaosBook.org (Niels Bohr Institute, Copenhagen) 69 (2005)

Eötvös Loránd University of Sciences, Faculty of Informatics

Eötvös Loránd 과학대학의 정보학부는 이 나라의 IT 전문가와 컴퓨터 과학 연구자들을 위한 선도적인 교육 장소입니다. 이 분야에는 9개 아파트에 100여 명의 강사가 상주하며 박사과정 학생을 포함해 2,000여 명의 학부생과 대학원생을 교육하고 있습니다. 이 프로젝트와 관련된 교수진의 연구 분야는 인공지능, 소프트웨어 기술, 프로그래밍 언어, 컴퓨터 모델, 사이버 보안입니다. 이들 분야는 (국내 및 EU) 보안 프로젝트 성공과 산업 파트너와의 적극적인 협력이 특징입니다. 소프트웨어 기술 분야에서 오픈 소스 코드를 가진 정적 소스 코드 분석 도구는 전 세계에 알려져 있으며(<https://github.com/Ericsson/codechecker>, <https://plc.inf.elte.hu/erlang/>, <https://plc.inf.elte.hu/erlang/>), 이 도구는 에릭슨, 구글, 애플, 모질라와 같은 기업에서 사용됩니다. 국립연구소의 틀 안에 이 연구단을 설립하여 현재 여러 부서에 분산되어 있는 연구역량을 통합함과 동시에 연구역량이 대폭 확장될 계획입니다. 이 연구 그룹의 업무는 양자 컴퓨터의 프로그래밍을 용이하게 하기 위한 프로그래밍 언어의 설계와 개발뿐만 아니라 양자 컴퓨터에 저항하는 사이버 보안 솔루션도 포함하며, 양자 컴퓨터(예: 인공지능, 머신러닝)로 효율적으로 처리할 수 있는 문제와 응용 분야의 탐구를 포함합니다.

Tamás Kozsik는 Eötvös Loránd 대학 정보학부의 부교수이며, 과학 문제와 혁신을 담당하는 부학장을 맡고 있습니다. 그는 프로그래밍 언어, 소프트웨어 기술, 동시, 병렬 및 분산 프로그래밍을 가르치고 연구해왔습니다. 그는 컴퓨터 과학 BSC 프로그램과 컴퓨터 과학 MSC 프로그램의 소프트웨어 기술 전문화의 코디네이터입니다. 그는 현재 전국학생연구회 컴퓨터 과학 위원회 위원장입니다. 그는 여러 국가 및 유럽 연구 프로젝트의 PI 또는 조정자였습니다. 그는 161편의 논문과 413편의 인용 저자입니다.

1. Divide-and-Conquer 함수 리팩토링

Kozsik, T ; Tóth, M ; Bozó, I: Free the Conqueror! Refactoring divide-and-conquer functions. FUTURE GENERATION COMPUTER SYSTEMS 79:2 pp. 687-699. (2017)

2. Divide-and-Conquer 패턴 탐색을 위한 정적 분석

Kozsik, T ; Tóth, M ; Bozó, I ; Horváth, Z: Static Analysis for Divide-and-Conquer Pattern Discovery. COMPUTING AND INFORMATICS 35:4 pp. 764-791. (2016)

3. Erlang에서 병렬 패턴 후보 발견

Bozó, I ; Fordós V ; Horvath, Z ; Tóth, M ; Horpácsi, D ; Kozsik, T ; Köszegi, J ; Barwell, A ; Brown, C ; Hammond, K: Discovering parallel pattern candidates in Erlang. In: Proc. 13th ACM SIGPLAN Workshop on Erlang, ACM Press, (2014) pp. 13-23

4. Erlang의 리팩토링 사용 사례

Kozsik, T ; Csornyei, Z ; Horvath, Z ; Kiraly, R ; Kitlei, R ; Lovei, L ; Nagy, T ; Toth, M ; Vig, A: Use Cases for Refactoring in Erlang. LECTURE NOTES IN COMPUTER SCIENCE 5161 pp. 250-285. (2008)

5. 다중 에이전트 모델링 언어 및 모델 설계 인터페이스

Gulyás, L ; Kozsik, T ; Corliss, JB: The multi-agent modelling language and the model design interface. JASSS-THE JOURNAL OF ARTIFICIAL SOCIETIES AND SOCIAL SIMULATION 2:3 Paper: 8, 12 p. (1999)