

prof. dr Časlav Brukner – kratka biografija

1. Osnovni biografski podaci

Časlav Brukner je redovni profesor za „*Osnove kvantne mehanike i kvantne teorije informacije*“ („Quantum foundations and quantum information theory“) na Fakultetu za Fiziku Univerziteta u Beču i naučni direktor Instituta za Kvantnu Optiku i Kvantnu Informaciju **Austrijske akademije nauka** (IQOQI) u Beču. URL: <http://quantumfoundations.org>, www.iqoqi-vienna.at,

Brukner je studirao fiziku na Univerzitetima u Beogradu i Beču. Dobija zvanje MSc in Physics (Mag. Rer. Nat.) od Univerziteta u Beču 1995 god. Doktorske studije na temu „*Information in Individual Quantum Systems*“ radi kod Antona Zeilinger-a (inostranog člana SANU i dobitnika Wolf nagrade za fiziku 2010, koja vazi kao druga najznačajnija nagrada nakon Nobelove nagrade) i dobija zvanje Dr. Tech 1999 god. Konačno, god. 2003 habilitira u oblasti „*Teoretska Kvantna Fizika*“ na Univerzitetu u Beču na temu „*Information-theoretical Foundations of Quantum Entanglement, Bell's Theorem and Quantum Communication Complexity*“.

Bio je zaposlen kao asistent na Fakultetu za Fiziku Univerziteta u Beču od 1999 do 2003 god., a potom kao vanredni profesor u periodu između 2003 i 2013 god. Redovan profesor na katedri „Osnove kvantne mehanike i kvantne teorije informacije“ postaje 2014, a od 2013 istovremeno i „senior group leader“ na Institutu za Kvantnu Optiku i Kvantnu Informaciju Austrijske akademije nauka. Usputne stanice njegove karijere obuhvataju Imperial College London, gde provodi 2003 kao Marie Curie stipendista, Tsinghua University u Pekingu kao „Chair Professor“ u periodu od 2005 do 2008, Univerzitet u Beogradu gde je gostujući profesor od 2008, i konačno, Internacionalni Institut za Fiziku u Natalu, Brazil, gde je „Distinguished Visiting Full Professorship“ od 2017 god. U periodu od 2013 do 2019 biva izvršni direktor Instituta za Kvantnu Optiku i Kvantnu Informaciju u Beču, a od 2020 postaje njegov naučni direktor.

2. Nastavne aktivnosti

Brukner predaje redovno na osnovnim i postdiplomskim studijama kao i na letnjim školama iz kvantne fizike. U okviru osnovnih studija držao je predavanja iz predmeta „Teoretska Klasična Mehanika“ (2012–2016, 2018--2020) i „Kvantna Mehanika“ (2014–2015, 2017–2018) na Univerzitetu u Beču. Drži sledeće kurseve i predavanja na nivou postdiplomskih studija: „Modern Foundations of Quantum Mechanics“ (2005–do sada), „Quantum Information“ (2005–do sada) na Univerzitetima u Beču i Beogradu, „Quantum Causality“ (2017) na VI Quantum Information School Paraty, Brazil; „Gravitational quantum physics“ (2014) na National Laboratory for Physical, University of Science and Technology of China, Hefei University. Objavio je članke u 7 knjiga o kvantnoj informaciji i osnovama kvantne mehanike, od kojih izdajamo: Č.

Brukner, *On the quantum measurement problem*, in "[Quantum \[Un\]speakables II](#)", Eds. R. Bertlmann and A. Zeilinger (The Frontiers Collection, Springer, 2016) i Č. Brukner and M. Zukowski, *Bell's Inequalities: Foundations and Quantum Communication*, in "[Handbook of Natural Computing](#)", Eds. G. Rozenberg, T.H.W. Baeck, J.N. Kok (Springer, 2011).

Do sada je Brukner bio mentor 16 PhD i 12 Master studenata, kao i velikog broja projekata studenata osnovnih studija. Njegovi studenti su često nagrađivani za njihove PhD i Mater teze (dobitnici Hans-Thirring nagrade, nagrade Wilhelm and Else Heraeus Foundation, Loschmidt nagrade Austrian Chemical Physical Society, Doc Award grada Beca, finalisti DPG AMOP Doctorske nagrade etc.) i nakon promocije dobijaju ponude na eminentnim istraživačkim centrima (npr. Harvard University, University of Oxford, MPQ Munich, University of Queensland etc.) ili dobijaju prestižne post-doc stipendije kao sto je Marie-Curie stipendija. PhD teze dva njegova studenta su nominovana od strane Nemačkog Fizičkog Društva za štampu u izdanju Springer-a. Pet njegovih bivših studenata drže univerzitetske pozicije.

3. Naučni rad

Oblast istraživanja Časlava Bruknera su osnove kvantne mehanike, i njena primena u polju kvantne informatike, kao i fenomeni na granici izmedju kvantne fizike i opšte teorije relativnosti. Njegov h-index je 55, a i10-index 124 (google scholar, januar 2021). Njegovi rezultati su citirani preko 12500 puta i publikovani u preko 130 per review radova, izmedju ostalih 27 Physical Review Letters-a, 2 Nature-a, 7 Nature Physics-a i 7 Nature Communications-a, 2 PNAS-a kao nekoliko revijalnih radova. Njegovi radovi su izabrani više puta kao „highlight“ i o njima se pisalo u medijima i naučno-popularnim časopisima. Čak i je čuveni časopis *Economist* izvestio o rezultatima njegovog istraživanja ([„Time may be fuzzy. If so, the idea of causality may be in trouble“](#), 8. jun, 2017). Rezultati Bruknera se mogu podeliti u sledeće celine:

1. *Kvantna nelokalnost i kvantne korelacije*: Brukner je stekao međunarodnu naučnu reputaciju najpre svojim rezultatima iz oblasti Belovih nejednakosti i kvantne nelokalnosti. Njegovi radovi i otkrića su omogućila da se na egzaktn način definišu razlike između „kvantnih“ i „klasičnih“ korelacija i čine jednu od najrasprostranjenijih metoda za ekperimentalnu verifikaciju kvantnih korelacija za potrebe kvantne komunikacije i kvantnog računarstva. Jedan od najznačajnijih rezultata Bruknera je otkriće „Werner-Wolf-Zukowski-Brukner nejednakosti“ (ili WWZB nejednakosti) koje je omogućilo egzaktn metod za sistematsku klasifikaciju nelokalnih stanja [9. na listi od 10 publikacija].

2. *Kvantna teorija informacija*: Jedan od najvažnijih problema u oblasti kvantne informacije jeste izračunavanje kompleksnosti komunikacije (communication complexity). Brukner je dokazao da je narušenje bar jedne Belove nejednakosti potreban i dovoljan uslov da efikasnost kvantnog protokola prevaziđe efikasnost bilo kog klasičnog protokola u ovim problemima [105, 115]. Time je uspeo da pokaže duboku vezu između fundamentalnih i primenjenih osobina kvantnih korelacija i formuliše jedan od retkih kriterijuma u literaturi koji definiše koja kvantno-korelisana stanja su „korisna“. U saradnji sa eksperimentalnom grupom Antona Zeilinger-a, Brukner je razvio prvi teorijski predlog za „pročišćenje“ kvantnih korelacija

(entanglement purification) na bazi linearne optike. Veruje se da će metoda iz ovog rada, publikovanog u Nature-u [122] i citiranog preko 700 puta, biti sastavni deo svih budućih protokola kvantne komunikacije na daljinu. U njegovom radu [62] sa najviše citata (1182) Brukner izvodi jednostavan kriterijum za izračunavanje „quantum discord-a“ kao mere neklasičnih korelacija i potencijalnog resursa za kvantne računare.

3. *Kvantno-klasični prelaz:* Zajedno sa svojim doktorantom Johannes Koflerom, Brukner je 2007. godine razvio novi pristup klasičnom limitu sa težištem na pitanju minimalne preciznosti mernih aparatura da bi se kvantni fenomeni uopšte mogli opservirati. Pokazao je da će, ukoliko je ova preciznost neograničena, kvantni sistemi proizvoljno velike dimenzije narušiti klasičnost definisanu kroz zadovoljenje tzv. Leggett-Garg nejednakosti [7. iz liste od 10 radova]. Time je potvrdio da limit „velikih kvantnih brojeva“ nije klasični limit. Ukoliko se ograničimo na „zrnasta merenja“ (coarse-grained measurements) – što odgovara preciznosti naših čula u svakodnevnom životu – opservirani fenomeni postaju klasični. Dva rada iz ove oblasti [81, 85] su ukupno citirani preko 500 puta.

4. *Informaciono-teorijsko zasnivanje kvantne mehanike:* U zajedničkom radu sa Antonom Zeilingerom, Brukner je predložio da se mnogi kvantni fenomeni poput kvantne komplementarnosti, kvantne slučajnosti i kvantnih korelacija mogu razumeti ukoliko se pretpostavi da *jedan kubit sadrži jedan bit informacije* [10. iz liste od 10 radova]. Naslovna priča is New Scientist-a iz 2001 godine posvećena je njihovom pristupu. Ova ideja o konačnosti informacijskog sadržaja kvantno-mehaničkih sistema je korišćena kao osnova za rekonstrukciju formalizma kvantne mehanike iz informaciono-teorijskih aksioma u njegovom radu sa doktorandom Borivojem Dakićem [133].

5. *Kvantni referentni sistemi i kvantna kauzalnost:* Poslednjih godina Brukner se bavi fenomenima na granici između kvantne fizike i opšte teorije relativnosti (3., 5. i 6. iz liste od 10 radova). U okviru ove teme istražuje pod kojim se uslovima kauzalne relacije između događaja mogu naći u kvantnoj superpoziciji. 2017 god. Brukner i njegova istraživačka grupa je razvila formalizam kvantne mehanike bez pretpostavke o postojanju globalne kauzalne strukture (1. i 4. iz liste od 10 radova). Veruje se da će ovaj formalizam biti od važnosti u domenu kvantne gravitacije u kome zbog „fluktuacije metrike“ redosled dva događaja nije dobro definisan. U radu iz 2019 god., Brukner i njegova grupa uvode koncept „kvantnih referentnih sistema“ i predlažu da se princip kovarijantnosti proširi na transformacije između ovih referentnih sistema (2. iz liste od 10 radova).

4. Priznanja

Sa svojim kolegama (među njima i Robert M. Wald sa Enrico Fermi Instituta) dobija 2019 god. prvu nagradu *Gravity Research Foundation*-a za najbolje napisani esej o gravitaciji. (U prošlosti su ovi nagradu dobili pet dobitnika Nobelove nagrade). Godine 2015 dobija nagradu „Marko Jarić“ „za doprinos konceptualnom i teorijskom zasnivanju kvantne mehanike, odnosno za rad na kvantnoj nelokalnosti i problemu kauzalnosti u kvantnoj mehanici, kao i primenu kvantnih korelacija u kvantnoj informatici.“

5. Deset najvažnijih radova

1. M. Zych, F. Costa, I. Pikovski and Č. Brukner, Bell's theorem for temporal order, Nature Communications 10, 3772 (2019). [Izabran medju 25 najviše čitanih radova u Nature Communications u god. 2019.](#)
2. F. Giacomini, E. Castro, and Č. Brukner, Quantum mechanics and the covariance of physical laws in quantum reference frames, Nature Communications 10, 494 (2019). [57 citata za jednu godinu.](#)
3. I. Pikovski, M. Zych, F. Costa, Č. Brukner, Universal decoherence due to gravitational time dilation, Nature Physics 11, 668–672 (2015). [Highlighted u News & Views u Nature Physics 11, 626-627, \(2015\); 186 citata.](#)
4. O. Oreshkov, F. Costa and Č. Brukner, Quantum correlations with no causal order, Nature Communications 3, 1092 (2012). [Highlighted u News & Views u Nature Physics 8, 860–861, \(2012\); 401 citata.](#)
5. I. Pikovski, M. R. Vanner, M. Aspelmeyer, M. S. Kim and Č. Brukner, Probing Planck-scale physics with quantum optics, Nature Physics 8, 393–397 (2012). [Highlighted u Physics Today, Physics Update, May 2012, i od strane IOP in physicsworld.com; 453 citata.](#)
6. M. Zych, F. Costa, I. Pikovski, and Č. Brukner, Quantum interferometric visibility as a witness of general relativistic proper time, Nature Communication 2, 505 (2011). [2. najviše downloaded rad u Nature Comm. u Nov. 2011; Izdat Press Release od strane Nature Comm; Highlighted u Nature Asia; 156 citata](#)
7. J. Kofler and Č. Brukner, Classical World Arising out of Quantum Physics under the Restriction of Coarse-Grained Measurements, Phys. Rev. Lett. 99, 180403 (2007). [Rad highlighted u Nature News; 234 citata.](#)
8. Č. Brukner, M. Zukowski, J.-W. Pan and A. Zeilinger, Bell's Inequalities and Quantum Communication Complexity, Phys. Rev. Lett. 92, 127901 (2004). [271 citata.](#)
9. M. Zukowski and Č. Brukner, Bell's Theorem for General N-Qubit States, Phys. Rev. Lett. 88 (2002) 210401. [468 citata.](#)
10. Č. Brukner and A. Zeilinger, Operationally Invariant Information in Quantum Measurements, Phys. Rev. Lett. 83, 3354 (1999). [245 citata.](#)