



Ondřej Křivánek

MASARYKOVA
UNIVERZITA
DOCTOR
HONORIS
CAUSA

M



Ondřej Křivánek

DOCTOR HONORIS CAUSA V OBORU
ELEKTRONOVÁ MIKROSKOPIE

Masarykova univerzita
21. dubna 2022

ONDŘEJ KŘIVÁNEK

Narozen 1. srpna 1950 v Praze.

VÝZKUMNÉ ZAMĚŘENÍ

Fyzika pevných látek; elektronová mikroskopie; elektronová optika

VZDĚLÁNÍ

1971–1975 University of Cambridge, Cambridge, Velká Británie (Ph.D.)

1968–1971 University of Leeds, Leeds, Velká Británie (B.Sc.)

PRACOVNÍ FUNKCE

Od 2009 Affiliate Professor, Arizona State
University, Tempe, Arizona, USA

Od 1997 President, Nion Co., Kirkland, stát Washington, USA

1997–1998 Research Professor, University of Washington,
Seattle, stát Washington, USA

1995–1997 Visiting Researcher, University of Cambridge,
Cambridge, Velká Británie

1985–1995 Director of Research, Gatan R & D, Pleasanton, California, USA

1980–1985 Assistant Professor, Arizona State
University, Tempe, Arizona, USA

1977–1980 Post-doc researcher, University of California,
Berkeley, California, USA

1996–1997 Post-doc researcher, Bell Laboratories,
Murray Hill, New Jersey, USA

VÝZKUMNÉ NÁVŠTĚVY

2020, 2022 (6 měsíců) Humboldt University, Berlin, Germany

1990 (3 měsíce) Université Paris-Sud, Orsay, France

1983 (3 měsíce) Tokyo University of Technology, Tokyo, Japan

1981 (6 měsíců) Université Paris-Sud, Orsay, France

1976 (3 měsíce) Kyoto University, Kyoto, Japan

VYBRANÁ OCENĚNÍ

2021 Cena Československé mikroskopické společnosti
za přínosy v mikroskopii

2020 Kavli Prize for Nanoscience, The Norwegian Academy
of Science and Letters, The Norwegian Ministry of Education
and Research and The Kavli Foundation, Oslo, Norsko

2014 Cosslett Medal of the International Federation
of Microscopy Societies

2014	Duncumb Award of the Microbeam Analysis Society
2014	Honorary Fellowship of the Royal Microscopical Society
2013	Fellowship of the American Physical Society, Spojené státy americké
2010	Fellow of the Royal Society (FRS), Velká Británie
2008	Distinguished Scientist Award of the Microscopy Society of America
2000	Duddell Medal and prize of the British Institute of Physics
1999	Seto prize of the Japanese Microscopy Society

VYBRANÉ VYŽÁDANÉ PŘEDNÁŠKY

2021	Plenární přednáška, Annual congress of Microscopy Society of America (virtual meeting)
2017	Commemorative přednáška, 75th year anniversary of Microscopy Society of America, St. Louis, Missouri, USA
2017	Commemorative přednáška, 50th year anniversary of Microanalysis Society of America, St. Louis, Missouri, USA
2014	Award přednáška, International Microscopy Congress, Praha

plus více než 100 dalších vyžádaných přednášek

VYBRANÉ VĚDECKÉ AKTIVITY

Od 1990	zakladatel a hlavní organizátor série konferencí o Electron Energy Loss Spectroscopy (EELS)
Od 1981	redaktor sborníku z konferencí (9×)
2019–2021	člen poradní komise, Ústav přístrojové techniky, Brno

VYBRANÉ PUBLIKACE

- X. X. Yan, C. Y. Liu, C. A. Gadre, L. Gu, T. Aoki, T. C. Lovejoy, N. Dellby, O. L. Krivanek, D. G. Schlom, R. Q. Wu, X. Q. Pan, Single-defect phonons imaged by electron microscopy, *Nature*, 2021
- G. Radtke, D. Taverna, N. Menguy, S. Pandolfi, A. Courac, Y. Le Godec, O. L. Krivanek, T. C. Lovejoy, Polarization Selectivity in Vibrational Electron-Energy-Loss Spectroscopy, *Phys. Rev. Lett.*, 2019
- J. A. Hachtel, J. Huang, I. Popovs, S. Jansone-Popova, J. K. Keum, J. Jakowski, T. C. Lovejoy, N. Dellby, O. L. Krivanek, J. C. Idrobo, Identification of site-specific isotopic labels by vibrational spectroscopy in the electron microscope, *Science*, 2019
- O. L. Krivanek, N. Dellby, J. A. Hachtel, J. C. Idrobo, M. T. Hotz, B. Plotkin-Swing, N. J. Bacon, A. L. Bleloch, G. J. Corbin, M. V. Hoffman, C. E. Meyer, T. C. Lovejoy, Progress in ultrahigh energy resolution EELS, *Ultramicroscopy*, 2019
- F. S. Hage, R. J. Nicholls, J. R. Yates, D. G. McCulloch, T. C. Lovejoy, N. Dellby, O. L. Krivanek, K. Refson and Q. M. Ramasse, Nanoscale momentum-resolved vibrational spectroscopy, *Science Advances*, 2018

- C. Dwyer, T. Aoki, P. Rez, S. L. Y. Chang, T. C. Lovejoy, O. L. Krivanek, Electron-Beam Mapping of Vibrational Modes with Nanometer Spatial Resolution, *Phys. Rev. Lett.*, 2016
- P. Rez, T. Aoki, K. March, D. Gur, O. L. Krivanek, N. Dellby, T. C. Lovejoy, S. G. Wolf, H. Cohen, Damage-free vibrational spectroscopy of biological materials in the electron microscope, *Nat. Commun.*, 2016
- L. M. Brown, P. E. Batson, N. Dellby, O. L. Krivanek, Brief history of the Cambridge STEM aberration correction project and its progeny, *Ultramicroscopy*, 2015
- O. L. Krivanek, T. C. Lovejoy, N. Dellby, T. Aoki, R. W. Carpenter, P. Rez, E. Soignard, J. Zhu, P. E. Batson, M. J. Lagos, R. F. Egerton, P. A. Crozier, Vibrational spectroscopy in the electron microscope, *Nature*, 2014
- T. C. Lovejoy, Q. M. Ramasse, M. Falke, A. Kaepfel, R. Terborg, R. Zan, N. Dellby, O. L. Krivanek, Single atom identification by energy dispersive x-ray spectroscopy, *Appl. Phys. Lett.*, 2012
- N. Dellby, N. J. Bacon, P. Hrnčirik, M. F. Murfitt, G. S. Skone, Z. S. Szilagy, O. L. Krivanek, Dedicated STEM for 200 to 40 keV operation, *Eur. Phys. J. Appl. Phys.*, 2011
- O. L. Krivanek, M. F. Chisholm, N. Dellby, M. F. Murfitt, Atomic-resolution STEM at low primary energies (book chapter), in: *Scanning Transmission Electron Microscopy: Imaging and Analysis* (S. J. Pennycook and P. D. Nellist, eds, Springer, New York, 2011)
- O. L. Krivanek, M. F. Chisholm, V. Nicolosi, T. J. Pennycook, G. J. Corbin, N. Dellby, M. F. Murfitt, C. S. Own, Z. S. Szilagy, M. P. Oxley, S. T. Pantelides, S. J. Pennycook, Atom-by-atom structural and chemical analysis by annular dark field electron microscopy, *Nature*, 2010
- O. L. Krivanek, J. P. Ursin, N. J. Bacon, G. J. Corbin, N. Dellby, P. Hrnčirik, M. F. Murfitt, C. S. Own, Z. S. Szilagy, High-energy resolution monochromator for aberration-corrected scanning transmission electron microscopy/electron energy-loss spectroscopy, *Philos. Trans. R. Soc. A*, 2009
- O. L. Krivanek, N. Dellby, M. F. Murfitt, Aberration correction in electron microscopy (book chapter) in: *Handbook of Charged Particle Optics* (2nd edition), (Orloff J., ed. Boca Raton: CRC Press, 2009)
- D. A. Muller, L. Fitting Kourkoutis, M. F. Murfitt, J. H. Song, H. Y. Hwang, J. Silcox, N. Dellby, O. L. Krivanek, Atomic-scale chemical imaging of composition and bonding by aberration-corrected microscopy, *Science*, 2008
- P. D. Nellist, M. F. Chisholm, N. Dellby, O. L. Krivanek, M. F. Murfitt, Z. S. Szilagy, A. R. Lupini, A. Borisevich, W. H. Sides, S. J. Pennycook, Direct sub-Ångstrom imaging of a crystal lattice, *Science*, 2004
- M. Varela, S. D. Findlay, A. R. Lupini, H. M. Christen, A. Y. Borisevich, N. Dellby, O. L. Krivanek, P. D. Nellist, M. P. Oxley, L. J. Allen, S. J. Pennycook, Spectroscopic imaging of single atoms within a bulk solid, *Phys. Rev. Lett.*, 2004
- P. E. Batson, N. Dellby, O. L. Krivanek, Sub-Ångstrom resolution using aberration corrected electron optics, *Nature*, 2002

- O. L. Krivanek, N. Dellby, A. J. Spence, R. A. Camps and L. M. Brown, Aberration correction in the STEM, IoP Conference Series No 153, 1997
- O. L. Krivanek, P. E. Mooney, Applications of slow scan CCD cameras in transmission electron microscopy, Ultramicroscopy, 1993
- O. L. Krivanek, A. J. Gubbens, N. Dellby and C. E. Meyer, Design and first applications of a post-column imaging filter, Microscopy Microanalysis Microstructures, 1992
- O. L. Krivanek, C. C. Ahn and R. B. Keeney, Parallel-detection electron spectrometer using quadrupole lenses, Ultramicroscopy 1987.
- S. M. Goodnick, D. K. Ferry, C. W. Wilmsen, Z. Liliental, D. Fathy and O. L. Krivanek, Surface roughness at the Si(100)-SiO₂ interface, Phys. Rev. B32, 1985
- C. C. Ahn, O. L. Krivanek, EELS Atlas – A Reference Guide of Electron Energy Loss Spectra Covering All Stable Elements, ASU HREM Facility & Gatan Inc, Warrendale, PA, 1983
- O. L. Krivanek, Applications of electron energy loss spectroscopy in materials science, Proceedings of the Electron Microscopy Society of America, 1980
- O. L. Krivanek, Design of a compact, medium resolution electron energy loss spectrometer, Proceedings of the Electron Microscopy Society of America, 1979
- O. L. Krivanek, High resolution imaging of grain boundaries and interfaces, Proceedings of Nobel Symposium 47, Chemica Scripta, 1978
- O. L. Krivanek, S. Isoda, K. Kobayashi, Lattice imaging of grain boundary in crystalline germanium, Philos. Mag., 1977
- O. L. Krivanek, P. H. Gaskell, A. Howie, Seeing order in 'amorphous' materials, Nature, 1976

Vážené dámy a pánové,

dovolu mi, abych vám představil profesora Ondřeje Křivánka. Ondřej je světově uznávaný fyzik, konstruktér přístrojů a vývojář techniky, který dosáhl zásadního pokroku v oblasti elektronové mikroskopie a jejího přístrojového vybavení. Elektronová mikroskopie nám umožňuje vidět věci pouhým okem neviditelné: uspořádání atomů v pevných látkách a biologické objekty, jako jsou viry. Často se jí říká „oči vědy“. Díky přístrojům a technikám, které Ondřej se spolupracovníky vyvinul, jsou tyto oči ostřejší a vidí zcela nové věci.

Ondřej se narodil v roce 1950 v Praze, kde také vyrůstal, ale v osmnácti letech se přestěhoval do zahraničí. Jeho otec pocházel z Brna a rodina jeho bratrance Tomáše Křivánka dodnes žije v Brně. Ondřejova vášeň a talent pro matematiku a fyziku se projeví již na střední škole a v červnu 1968 byl členem týmu, který reprezentoval Československo na 2. mezinárodní fyzikální olympiádě v Budapešti, kde se umístili na druhém místě. V létě téhož roku byl přijat ke studiu fyziky na Univerzitě Karlově v Praze. Srpen 1968, kdy sovětská vojska napadla Československo, trávil v Londýně na pracovní dovolené. Rozhodl se zůstat v Anglii a začal studovat fyziku na univerzitě v Leedsu, díky jednomu z pěti stipendií udělovaných univerzitou československým studentům. Po třech letech promoval jako nejlepší ze třídy a byl přijat do Cavendishovy laboratoře na univerzitě v Cambridge k doktorskému studiu fyziky pevných látek. Výzkum zaměřil na charakterizaci struktury amorfních materiálů pomocí elektronových mikroskopů a jeho školitelem byl profesor Archie Howie. Klíčové výsledky svého bádání, které poprvé publikoval v roce 1976 v časopise Nature jako hlavní autor, vnesly světlo do podstaty amorfních materiálů a do toho, co nám tehdejší elektronová mikroskopie mohla (a nemohla) říci o jejich struktuře.

Po doktorátu strávil Ondřej tři měsíce na Kjótské univerzitě v Japonsku jako postdoc v laboratoři, která v té době disponovala elektronovým mikroskopem s nejvyšším rozlišením na světě. Zlepšil fungování mikroskopu tím, že vyvinul první metodu ladění pomocí počítače, čímž zahájil výzkum, který se později ukázal jako klíčový pro korekci aberací. Získal snímky defektů v krystalickém germániu, které ukázaly, kde se nacházejí všechny atomy, a demonstroval tak velký potenciál elektronové mikroskopie s vysokým rozlišením. Jeho následná postgraduální práce v Bellových laboratořích a na Kalifornské univerzitě v Berkeley vedla k vytvoření snímků s vysokým rozlišením dalších materiálů a rozhraní v polovodičových zařízeních.

Během práce na Berkeley se Ondřej začal zajímat o novou slibnou techniku zvanou spektroskopie ztrát energie elektronů neboli EELS. V té době nebyly k dispozici žádné komerčně dostupné spektrometry energetických ztrát a pro práci v tomto oboru bylo nutné navrhnout a postavit vlastní přístroj. Protože ho výzva lákala, zajistil si finanční prostředky na vývoj spektrometru a na nákup nového mikroskopu pro tento projekt. O deset měsíců později už předváděl výsledky svého spektrometru na vědeckých konferencích, a odstartoval tak svou kariéru konstruktéra přístrojů a vývojáře techniky.

Ondřejův spektrometr upoutal pozornost spoluzakladatele a prezidenta společnosti Gatan v Kalifornii, Dr. Petera Swanna, bývalého vysokoškolského pedagoga, talentovaného konstruktéra a úspěšného podnikatele. Ondřej, který tou dobou působil jako docent fyziky na Arizonské státní univerzitě, se stal konzultantem společnosti Gatan a společně s Peterem Swannem a dalšími vyvinul výkonnější a uživatelsky přívětivější sériový spektrometr. Nový spektrometr měl velký komerční úspěch a v roce 1985 Ondřej nastoupil do společnosti Gatan na plný úvazek jako ředitel výzkumu a vývoje. On a jeho tým pak vyvinuli řadu dalších velmi úspěšných přístrojů a společnost Gatan se za dobu jeho působení desetkrát rozrostla. Tato zkušenost ho naučila, že vývoj nových přístrojů v komerčním prostředí může být skvělým způsobem financování přístrojového výzkumu. Uvědomil si však také, že to má své meze: průmysl není tím pravým místem pro tzv. „nemožné“ projekty, které vědu zavádějí do zcela nových, neprobádaných oblastí.

Projekt, na kterém chtěl Ondřej dále pracovat – vývoj aberačního korektoru pro rastrovací transmisní elektronový mikroskop (STEM), který by mu poskytl lepší prostorové rozlišení a výkonnější analytické schopnosti, považovali jeho kolegové za nemožný. Ondřej to viděl jinak – domníval se, že vyvinout úspěšný korektor nebude o mnoho těžší než některé projekty, které již realizoval. Problémem však bylo získat na projekt finanční prostředky: pro Gatan byl takovýto projekt příliš spekulativní a běžné grantové agentury ho odmítly podpořit. Ondřejovi se podařilo problém vyřešit tím, že přesvědčil profesora Micka Browna z Cambridgeské univerzity, své alma mater, aby společně požádali o financování korektoru britskou Královskou společností. Referent, který návrh posuzoval, napsal: „Korekce aberace má pověst nemožného projektu. Ale pokud má nějaký výzkumný tým úspěch, tento má velmi dobrou šanci.“ Většina grantových agentur by takto ohodnocený návrh odmítla, ale prozíravá Královská společnost jej podpořila. V roce 1995 se Ondřej a jeho rodina kvůli projektu přestěhovali z Kalifornie do Cambridge a v létě 1997 dosáhl jeho tým milníku v mikroskopovém rozlišení, kdy jejich prototyp verze korektoru aberace vylepšil rozlišení 20 let starého mikroskopu, do něhož byl zabudován.

Ondřej a jeho spolupracovník Niklas Dellby se poté přesunuli zpět do USA, kde se Ondřej stal profesorem výzkumu na Washingtonské univerzitě v Seattlu. Pro svůj další projekt se rozhodli vyvinout korektor druhé generace, zabudovat jej do lepší STEM a zaměřit se na stabilitu, která se ukázala být klíčovým faktorem pro korekci aberace. Jako strategii financování projektu se rozhodli založit novou společnost a korektor vyvinout jako komerční produkt, přičemž první zákazník, Dr. Phil Batson z IBM, byl ochoten vývoj spolufinancovat. Výsledkem bylo založení společnosti Nion, korektor aberace, který dosáhl přímého rozlišení menšího než 1 Å, což byl v té době světový rekord, a dále také zásadní články v časopise Nature and Science.

Společnost Nion pak vyvinula zcela nový elektronový mikroskop Nion UltraSTEM, který vedl k novým poznatkům o materiálech. UltraSTEM například brzy po svém uvedení na trh vytvořil nádherně jasné snímky 2D materiálů, jako je grafen a disulfid molybdenu, s atomárním rozlišením. Dalším příkladem odborných znalostí společnosti Nion je snaha o lepší energetické rozlišení EELS, přičemž přístroje Nion drží světový rekord v energetickém rozlišení dosaženém v elektronovém mikroskopu, a to již téměř deset let. Tento pokrok

otevřel nový obor: vibrační spektroskopii s vysokým prostorovým rozlišením, přičemž několik článků v časopisech Nature a Science uvádí výsledky, jako „je slyšet zvuk jednoho atomu“ díky záznamu vibrací jediného atomu křemíku zabudovaného do grafenu.

Ondřej je spoluzakladatelem a více než 20 let prezidentem společnosti Nion. Je také přidruženým profesorem na Arizonské státní univerzitě a jeho celoživotní vášní je pořádání seminářů na témata aktuálního výzkumného zájmu. Jeho četné inovační postupy byly ověřeny řadou cen, včetně prestižní Kavli Prize v oboru nanovědy v roce 2020, Cosslett Medal od International Federation of Microscopy Societies, Duddell Medal and Prize od The British Institute of Physics a Seto Award od Japanese Microscopy Society. Je členem The Royal Society, The Institute of Physics, The Microscopy Society of America, The Microanalysis Society a The American Physical Society a dále je čestným členem The Royal Microscopical Society.

Je nám velkou ctí, že se profesor Ondřej Křivánek zařadil mezi nositele čestné vědecké hodnosti doctor honoris causa Masarykovy univerzity jako světově uznávaný vědecký vizionář, jehož úspěchy jsou zdrojem inspirace pro celou Masarykovu univerzitu i pro jedno z klíčových světových center elektro-nové mikroskopie – Brno.

PROSLOV

Ondřej Křivánek

Vážený pane rektore, dámy a pánové, kolegové a přátelé,

je mi velkou ctí, že mohu převzít čestný doktorát Masarykovy univerzity. Možnost vstoupit do řad nositelů tohoto ocenění rezonuje s mými kořeny: můj otec pocházel z Brna, a když jsem vyrůstal v Praze, rodina sem pravidelně jezdila za prarodiči. Tato pocta byla naprosto nečekaná. O to je pro mě výjimečnější a já univerzitě ze srdce děkuji.

Podrobnou dráhu mého vědeckého života zhodnotil v laskavém laudatiu ředitel CEITEC Jiří Nantl a já chci dodat ještě jednu informaci: můj osobní život hluboce obohatila manželka Eda Lacarová a dcery Michelle a Astrid. Jsem jim upřímně vděčný za to, že mě podporují a snášejí nároky, které mi život ve vědě přináší.

Jaké závěry a rady je možné vyvodit z mých zkušeností? Chtěl bych zdůraznit tři věci: mnoha průlomových objevů jsme dosáhli s nízkým rozpočtem (například grant na korektor v Cambridge činil pouhých 80 000 britských liber), což ukazuje, že skromné finanční prostředky nemusí omezovat lidskou kreativitu. Dále jsem měl velké štěstí, že se mi na klíčových životních rozcestích naskytly ty správné příležitosti, ač jsem jim někdy šel trochu naproti. A ještě větší štěstí jsem měl v tom, že jsem našel a měl možnost spolupracovat s tolika neuvěřitelně nadanými a ochotnými kolegy a přáteli.

Moje práce na Kalifornské univerzitě v Berkeley byla mnohem produktivnější díky propojení s Peterem Rezem a naše společné dílo pokračuje i po více než čtyřiceti letech. Výzkum na Arizonské státní univerzitě byl skutečně zajímavý díky spolupráci s Channingem Ahnem, Markem Diskem, Stevem Goodnickem, Johnem Spencem a Johanem Taftø. Neochvějná podpora Petera Swanna učinila můj postup v Gatanu mnohem efektivnější a různé projekty, které jsem převzal, rychle postupovaly vpřed díky neuvěřitelnému talentu Niklase Dellbyho a Chrise Meyera, kteří se mnou spolupracují dodnes. Náš první projekt aberačního korektoru se uskutečnil díky plné podpoře Micka Browna, celé cambridgeské skupiny pro fyziku mikrostruktur a britské Královské společnosti. K úspěchu celého projektu přispěli také Niklas Dellby, který se k elektronové mikroskopii vrátil po doktorátu z teoretické fyziky na MIT, a syn Johna Spence Andrew.

Dlouhodobé vyhlídky společnosti Nion, kterou jsme s Niklasem Dellbym spoluzaložili, jsou zcela v rukou lidí, kteří v ní pracují. Za úspěchy společnosti Nion vděčíme úsilí mnoha lidí, z nichž Niklas Dellby, George Corbin, Neil Bacon, Petr Hrnčířik a Tracy Lovejoy přispěli obzvlášť významně. Velmi důležitá je také podpora mimo firmu v podobě výzkumných pracovníků, kteří vám fandí. V našem případě jsme měli velké štěstí, že nás v zásadních momentech podpořili Phil Batson, Mick Brown, Steve Pennycook, Christian Colliex, Ray Carpenter, Quentin Ramasse a Juan Carlos Idrobo, abych zmínil jen několik jmen z dlouhého seznamu, který se stále rozrůstá a možná se brzy rozroste i o kolegy z Brna. A jsem opravdu vděčný za dlouhodobou spolupráci s brněnskou firmou Delong Instruments, kde se vyrábí mnoho součástek do mikroskopů Nion, a také za

dlouholeté přátelství se spoluzakladatelem firmy Delong Vladimírem Kolaříkem, který je jedním z hlavních pilířů elektronové mikroskopie v Brně. Třešničkou na dortu mé vědecké kariéry je mi velmi milá práce na biologické analýze pomocí spektroskopie s ultravysokým energetickým rozlišením s Benediktem Haasem, Zdravkem Kochovským a Christophem Kochem na Humboldtově univerzitě v Berlíně, kde v současné době působím.

Isaac Newton napsal: „Dospěl-li jsem tak daleko, tedy jen díky tomu, že jsem stál na ramenou obrů.“ V současném propojeném světě je jeho moudrost o to platnější. Mezi obry, na jejichž ramenou jsem stál já, patří Archie Howie a Mick Brown, vizionářští vedoucí cambridgeské výzkumné skupiny, kde jsem získal doktorát a kam jsem se vrátil, abych sestrojil náš první korektor aberace; Otto Scherzer, který rozpracoval většinu toho, co je v korekci aberace důležité, dříve než zbytek oboru pochopil, jak jasnoživá jeho práce je; Hans Boersch, který prozkoumal potenciál spektroskopie s vysokým energetickým rozlišením pomocí elektronů; James Hiller, který ukázal, že zdravý rozum v kombinaci s představivostí a odvahou může vést k velkému pokroku v našem oboru; a Albert Crewe, který potvrdil, že řešení základních otázek skutečně vede k zásadně novým pokrokům.

Studenti a mladí lidé na počátku kariéry samozřejmě vědí, že postavit se na ramena velikánů je skvělý způsob, jak vykročit vpřed. Přesto bych je rád povzbudil, aby se více vydávali do světa, při objevování vlastních obrů byli vynalézaví a po návratu domů realizovali vlastní vizi. Mnoho mladých lidí takto činí a já bych rád zmínil jednu badatelku: Andreu Konečnou, která je považována za mladou myslitelku skutečně vynikajících schopností. Po mnoha letech v zahraničí nastoupila loni do CEITEC a nyní spolupracujeme na důležitém, i když těžko uchopitelném projektu. Ona i všichni ostatní mladí lidé by se neměli nechat odradit náhodnými překážkami. Když se nemůžete do místnosti dostat přes hlídané dveře, zkuste vlézt oknem, jak se učila moje maminka, když jako mladá studovala v Praze žurnalistiku. Mladí lidé by neměli slevovat ze svých vznešených cílů a krčit se v koutku svého oboru, kde jsou větry konkurence slabší. Měli by si udržet odvalu a snahu prosadit se na světové scéně po boku dalších talentovaných vědců odkudkoli ze světa.

Pokud se jim to při práci na Masarykově univerzitě podaří, budou mít zaručené velké úspěchy a mezinárodní věhlas univerzity dál poroste. Přeji univerzitě, aby se jí na této cestě i nadále dařilo, a ještě jednou jí děkuji za mimořádnou poctu, které se mi dostalo.

SLAVNOSTNÍ SLIB

Vážený pane, dříve než Vám udělím hodnost, kterou jsme se rozhodli ocenit Vaše mimořádné vědecké zásluhy a vynikající schopnosti, je třeba zachovat starobylý zvyk, který od těch, jimž má být udělena akademická hodnost, vyžaduje, aby složili slavnostní slib.

Vážený pane, protože jste se zasloužil o rozkvět této univerzity a dal jste ostatním příklad hodný napodobení, žádám Vás pouze o to, abyste slíbil:

Především, že této univerzitě, která nese důstojné jméno Masarykovo, trvale zachováte věrnost a přátelství a že ji podle svých sil budete podporovat.

Dále pak, že budete neustále dbát o rozvoj lidského poznání, aby se šířila pravda a aby její světlo zářilo jasněji.

A konečně, že takový, jakým jste se ukázal být, budete stále. Zavazujete se k tomu a slibujete to na své dobré svědomí?

ZAVAZUJI SE A SLIBUJI .

Poté, co jsem s vděčností přijal tento Váš slib, já, řádně ustanovený promotor, z moci svého úřadu Vás,

ONDŘEJI KŘIVÁNKU ,
JMENUJI ČESTNÝM DOKTOREM
ELEKTRONOVÉ MIKROSKOPIE .

Vaše jmenování veřejně vyhlašuji a uděluji Vám všechna práva a výsady, jež jsou s touto hodností spjaty. Na důkaz toho Vám do rukou předávám tento diplom s pečeti Masarykovy univerzity a dekoruji Vás zlatou pamětní medailí této univerzity.



Ondřej Křivánek

DOCTOR HONORIS CAUSA IN THE
FIELD OF ELECTRON MICROSCOPY

Masaryk University
21 April 2022

ONDŘEJ KŘIVÁNEK

Born 1 August 1950 in Prague.

RESEARCH FOCUS

Solid-state physics; electron microscopy; electron optics

EDUCATION

1971–1975 University of Cambridge, Cambridge, UK (Ph.D.)

1968–1971 University of Leeds, Leeds, UK (B.Sc.)

PROFESSIONAL APPOINTMENTS

From 2009 Affiliate Professor, Arizona State
University, Tempe, Arizona, USA

From 1997 President, Nion Co., Kirkland, Washington, USA

1997–1998 Research Professor, University of Washington,
Seattle, Washington, USA

1995–1997 Visiting Researcher, University of Cambridge,
Cambridge, UK 1985–1995 Director of Research,
Gatan R&D, Pleasanton, California, USA

1980–1985 Assistant Professor, Arizona State
University, Tempe, Arizona, USA

1977–1980 Post-doc researcher, University of California,
Berkeley, California, USA

1996–1997 Post-doc researcher, Bell Laboratories,
Murray Hill, New Jersey, USA

RESEARCH STAYS

2020, 2022 (6 months) Humboldt University, Berlin, Germany

1990 (3 months) Université Paris-Sud, Orsay, France

1983 (3 months) Tokyo University of Technology, Tokyo, Japan

1981 (6 months) Université Paris-Sud, Orsay, France

1976 (3 months) Kyoto University, Kyoto, Japan

SELECTED AWARDS

2021 CSMS Award for Merit in Microscopy

2020 Kavli Prize for Nanoscience, The Norwegian Academy
of Science and Letters, The Norwegian Ministry of Education
and Research and The Kavli Foundation, Oslo, Norway

2014 Cosslett Medal of the International Federation
of Microscopy Societies

2014	Duncumb Award of the Microbeam Analysis Society
2014	Honorary Fellowship of the Royal Microscopical Society
2013	Fellowship of the American Physical Society, USA
2010	Fellow of the Royal Society (FRS), UK
2008	Distinguished Scientist Award of the Microscopy Society of America
2000	Duddell Medal and prize of the British Institute of Physics
1999	Seto prize of the Japanese Microscopy Society

SELECTED REQUESTED LECTURES

2021	Plenary lecture, Annual congress of Microscopy Society of America (virtual meeting)
2017	Commemorative lecture, 75th year anniversary of Microscopy Society of America, St. Louis, Missouri, USA
2017	Commemorative lecture, 50th year anniversary of Microanalysis Society of America, St. Louis, Missouri, USA
2014	Award lecture, International Microscopy Congress, Prague

plus more than 100 other requested lectures

SELECTED SCIENTIFIC ACTIVITIES

From 1990	founder and main organizer of Electron Energy Loss Spectroscopy (EELS) conference series
From 1981	editor of conference proceedings (9x)
2019-2021	Member of the Advisory Board, Institute of Instrumentation Technology, Brno

SELECTED PUBLICATIONS

- X. X. Yan, C. Y. Liu, C. A. Gadre, L. Gu, T. Aoki, T. C. Lovejoy, N. Dellby, O. L. Krivanek, D. G. Schlom, R. Q. Wu, X. Q. Pan, Single-defect phonons imaged by electron microscopy, *Nature*, 2021
- G. Radtke, D. Taverna, N. Menguy, S. Pandolfi, A. Courac, Y. Le Godec, O. L. Krivanek, T. C. Lovejoy, Polarization Selectivity in Vibrational Electron-Energy-Loss Spectroscopy, *Phys. Rev. Lett.*, 2019
- J. A. Hachtel, J. Huang, I. Popovs, S. Jansone-Popova, J. K. Keum, J. Jakowski, T. C. Lovejoy, N. Dellby, O. L. Krivanek, J. C. Idrobo, Identification of site-specific isotopic labels by vibrational spectroscopy in the electron microscope, *Science*, 2019
- O. L. Krivanek, N. Dellby, J. A. Hachtel, J. C. Idrobo, M. T. Hotz, B. Plotkin-Swing, N. J. Bacon, A. L. Bleloch, G. J. Corbin, M. V. Hoffman, C. E. Meyer, T. C. Lovejoy, Progress in ultrahigh energy resolution EELS, *Ultramicroscopy*, 2019

- F. S. Hage, R. J. Nicholls, J. R. Yates, D. G. McCulloch, T. C. Lovejoy, N. Dellby, O. L. Krivanek, K. Refson and Q. M. Ramasse, Nanoscale momentum-resolved vibrational spectroscopy, *Science Advances*, 2018
- C. Dwyer, T. Aoki, P. Rez, S. L. Y. Chang, T. C. Lovejoy, O. L. Krivanek, Electron-Beam Mapping of Vibrational Modes with Nanometer Spatial Resolution, *Phys. Rev. Lett.*, 2016
- P. Rez, T. Aoki, K. March, D. Gur, O. L. Krivanek, N. Dellby, T. C. Lovejoy, S. G. Wolf, H. Cohen, Damage-free vibrational spectroscopy of biological materials in the electron microscope, *Nat. Commun.*, 2016
- L. M. Brown, P. E. Batson, N. Dellby, O. L. Krivanek, Brief history of the Cambridge STEM aberration correction project and its progeny, *Ultramicroscopy*, 2015
- O. L. Krivanek, T. C. Lovejoy, N. Dellby, T. Aoki, R. W. Carpenter, P. Rez, E. Soignard, J. Zhu, P. E. Batson, M. J. Lagos, R. F. Egerton, P. A. Crozier, Vibrational spectroscopy in the electron microscope, *Nature*, 2014
- T. C. Lovejoy, Q. M. Ramasse, M. Falke, A. Kaepfel, R. Terborg, R. Zan, N. Dellby, O. L. Krivanek, Single atom identification by energy dispersive x-ray spectroscopy, *Appl. Phys. Lett.*, 2012
- N. Dellby, N. J. Bacon, P. Hrnčirik, M. F. Murfitt, G. S. Skone, Z. S. Szilagy, O. L. Krivanek, Dedicated STEM for 200 to 40 keV operation, *Eur. Phys. J. Appl. Phys.*, 2011
- O. L. Krivanek, M. F. Chisholm, N. Dellby, M. F. Murfitt, Atomic-resolution STEM at low primary energies (book chapter), in: *Scanning Transmission Electron Microscopy: Imaging and Analysis* (S. J. Pennycook and P. D. Nellist, eds, Springer, New York, 2011)
- O. L. Krivanek, M. F. Chisholm, V. Nicolosi, T. J. Pennycook, G. J. Corbin, N. Dellby, M. F. Murfitt, C. S. Own, Z. S. Szilagy, M. P. Oxley, S. T. Pantelides, S. J. Pennycook, Atom-by-atom structural and chemical analysis by annular dark field electron microscopy, *Nature*, 2010
- O. L. Krivanek, J. P. Ursin, N. J. Bacon, G. J. Corbin, N. Dellby, P. Hrnčirik, M. F. Murfitt, C. S. Own, Z. S. Szilagy, High-energy resolution monochromator for aberration-corrected scanning transmission electron microscopy/electron energy-loss spectroscopy, *Philos. Trans. R. Soc. A*, 2009
- O. L. Krivanek, N. Dellby, M. F. Murfitt, Aberration correction in electron microscopy (book chapter) in: *Handbook of Charged Particle Optics* (2nd edition), (Orloff J., ed. Boca Raton: CRC Press, 2009)
- D. A. Muller, L. Fitting Kourkoutis, M. F. Murfitt, J. H. Song, H. Y. Hwang, J. Silcox, N. Dellby, O. L. Krivanek, Atomic-scale chemical imaging of composition and bonding by aberration-corrected microscopy, *Science*, 2008
- P. D. Nellist, M. F. Chisholm, N. Dellby, O. L. Krivanek, M. F. Murfitt, Z. S. Szilagy, A. R. Lupini, A. Borisevich, W. H. Sides, S. J. Pennycook, Direct sub-Ångstrom imaging of a crystal lattice, *Science*, 2004
- M. Varela, S. D. Findlay, A. R. Lupini, H. M. Christen, A. Y. Borisevich, N. Dellby, O. L. Krivanek, P. D. Nellist, M. P. Oxley, L. J. Allen, S. J. Pennycook, Spectroscopic imaging of single atoms within a bulk solid, *Phys. Rev. Lett.*, 2004

- P. E. Batson, N. Dellby, O. L. Krivanek, Sub-Ångstrom resolution using aberration corrected electron optics, *Nature*, 2002
- O. L. Krivanek, N. Dellby, A. J. Spence, R. A. Camps and L. M. Brown, Aberration correction in the STEM, *IoP Conference Series No 153*, 1997
- O. L. Krivanek, P. E. Mooney, Applications of slow scan CCD cameras in transmission electron microscopy, *Ultramicroscopy*, 1993
- O. L. Krivanek, A. J. Gubbens, N. Dellby and C. E. Meyer, Design and first applications of a post-column imaging filter, *Microscopy Microanalysis Microstructures*, 1992
- O. L. Krivanek, C. C. Ahn and R. B. Keeney, Parallel-detection electron spectrometer using quadrupole lenses, *Ultramicroscopy* 1987.
- S. M. Goodnick, D. K. Ferry, C. W. Wilmsen, Z. Liliental, D. Fathy and O. L. Krivanek, Surface roughness at the Si(100)-SiO₂ interface, *Phys. Rev. B* 32, 1985
- C. C. Ahn, O. L. Krivanek, *EELS Atlas – A Reference Guide of Electron Energy Loss Spectra Covering All Stable Elements*, ASU HREM Facility & Gatan Inc, Warrendale, PA, 1983
- O. L. Krivanek, Applications of electron energy loss spectroscopy in materials science, *Proceedings of the Electron Microscopy Society of America*, 1980
- O. L. Krivanek, Design of a compact, medium resolution electron energy loss spectrometer, *Proceedings of the Electron Microscopy Society of America*, 1979
- O. L. Krivanek, High resolution imaging of grain boundaries and interfaces, *Proceedings of Nobel Symposium 47, Chemica Scripta*, 1978
- O. L. Krivanek, S. Isoda, K. Kobayashi, Lattice imaging of grain boundary in crystalline germanium, *Philos. Mag.*, 1977
- O. L. Krivanek, P. H. Gaskell, A. Howie, Seeing order in ‘amorphous’ materials, *Nature*, 1976

Dear Ladies and Gentlemen,

Please allow me to introduce Professor Ondrej Krivanek to you. Ondrej is a world-renowned physicist, instrument designer and technique developer, who has made many pioneering advances in electron microscopy and its instrumentation. Electron microscopy allows us to see things invisible to the naked eye: atomic arrangements in solids and biological objects such as viruses. It is often called “the eyes of science”. The instruments and techniques developed by Ondrej and his collaborators have made the eyes sharper, and able to see entirely new things.

Ondrej was born in Prague in 1950 and grew up there, but moved abroad when 18. His father came from Brno, and the family of his cousin Tomas Krivanek lives in Brno to this day. Ondrej's passion and talent for math and physics became apparent in his high school years, and he was a part of the team representing Czechoslovakia at the 2nd International Physics Olympiad held in Budapest in June 1968, where they placed second. That summer he was accepted by the Charles University in Prague to study physics. He then travelled to London for a working vacation, and he was there in August 1968, when the Soviets and their satellites invaded Czechoslovakia. He decided to stay in England, and started studying physics at the University of Leeds, supported by one of five scholarship the University awarded to Czechoslovak students. Three years later, he graduated at the top of his class, and was accepted by the Cavendish Lab at the University of Cambridge to study for a Ph.D. in solid state physics, with Professor Archie Howie as his supervisor. His research focused on characterizing the structure of amorphous materials using electron microscopes. The key results of his research were published in his first first-author paper in *Nature*, in 1976. They shed light on the nature of amorphous materials, and on what electron microscopy at that time could (and could not) tell us about their structure.

After his Ph.D., Ondrej spent 3 months at Kyoto University in Japan as a post-doc, in a laboratory which at that time had the world's highest resolution electron microscope. He improved the microscope's operation by developing an early computer-assisted tuning method, thereby starting on research that proved crucial later on, for aberrations correction. He then obtained images of defects in crystalline germanium that showed where all the atoms were, demonstrating the great promise of high-resolution electron microscopy. His subsequent post-docs at Bell Laboratories and University of California in Berkeley resulted in high-resolution images of other materials, and of interfaces in semiconductor devices.

While working at Berkeley, Ondrej developed an interest in a promising new technique called electron energy loss spectroscopy, or EELS. There were no commercially available energy loss spectrometers at that time, and wanting to work in the field required designing and building one's own instrument. He was attracted by this challenge and secured funding for developing a spec-

trometer, and to buy a new microscope for the project. 10 months later, he was showing results from his spectrometer at scientific conferences, and his career as an instrument designer and technique developer took off.

Ondrej's spectrometer attracted the attention of Dr. Peter Swann, the co-founder and president of Gatan, a former Professor, talented designer, and an accomplished businessman. Ondrej, who was then an assistant professor of Physics at Arizona State University, became a consultant for Gatan, and together with Peter Swann and others, developed a higher performance, user-friendly serial spectrometer. The new spectrometer proved a major commercial success, and in 1985 Ondrej joined Gatan full-time, as the Director of Gatan R&D in California, USA. He and his R&D team went on to develop a number of other very successful instruments, and Gatan grew 10 times in size during the time he worked there. The experience taught him that developing new instruments in a commercial setting can be a great way to fund instrumentation research. But he also realized that there were limits: industry is not the right place for "impossible" projects that take science into completely new, uncharted territories.

The project Ondrej wanted to work on next – developing an aberration corrector for a scanning transmission electron microscope (STEM), to endow it with better spatial resolution and more powerful analytical capabilities - was seen by his peers as an "impossible" project. Ondrej disagreed - he thought that developing a successful corrector would not be much harder than some of the projects he had already done. However, getting funding for the project was a problem: it was too speculative for Gatan, and regular funding agencies refused to touch it. Ondrej managed to solve the problem by persuading Professor Mick Brown of Cambridge University, his alma mater, that they should jointly apply for corrector funding to the British Royal Society. The referee who reviewed the proposal wrote: "Aberration correction has the reputation of being an impossible project. But if any research team is going to succeed, this one has a very good chance." Most funding agencies would have turned down a proposal with this kind of review, but the far-sighted Royal Society supported it. Ondrej and his family relocated from California to Cambridge for the project in 1995, and in the summer of 1997, the proof-of-principle aberration corrector he and his team developed reached the milestone of improving the resolution of the 20-year old microscope it was built into.

Ondrej and his collaborator Niklas Dellby then moved back to the USA, where Ondrej became a Research Professor at the University of Washington in Seattle. For their next project, they decided to develop a mark II corrector, build it into a better STEM, and pay more attention to stability, which turned out to be a key issue for aberration correction. The funding approach they used was to start a new company and to develop the corrector as a commercial product, with the first customer, Dr. Phil Batson of IBM, willing to co-finance the development. This led to the founding of Nion company, and an aberration corrector that achieved direct resolution of less than 1 Å, a world record at the time, and major Nature and Science papers.

Nion then went on to develop a whole new electron microscope, the Nion UltraSTEM, which led to new levels of understanding of materials. As an example, soon after its introduction, the UltraSTEM produced beautifully clear atomic-resolution images of 2D materials such as graphene and molybdenum

disulphide. Another example of Nion's expertise is their push for better EELS energy resolution, with Nion instruments holding the world record in energy resolution achieved in an electron microscope, since nearly a decade ago. This advance has opened up a new field: vibrational spectroscopy with high spatial resolution, with several Nature and Science papers reporting results such as "hearing the sound of one atom", by recording the vibrations of a single silicon atom embedded in graphene.

Ondrej is a co-founder of Nion and has been its President for over 20 years. He is also an Affiliate Professor at Arizona State University, and he has a life-long passion for organizing workshops on topics of current research interest. His many pioneering advances have been recognized by a number of awards, including the prestigious Kavli Prize in Nanoscience, which he received in 2020, the Cosslett Medal from the International Federation of Microscopy Societies, the Duddell Medal and Prize of the British Institute of Physics, and the Seto Award from the Japanese Microscopy Society. He is a fellow of the Royal Society, the Institute of Physics, the Microscopy Society of America, the Microanalysis Society, and of the American Physical Society, and an honorary fellow of the Royal Microscopical Society.

It is our great honour that Professor Ondrej Krivanek joins the ranks of honorary science degree Doctor Honoris Causa awardees of Masaryk University, as a world-renowned scientific visionary whose achievements are the source of inspiration to all of Masaryk University, as well as to one of the world's key centres of electron microscopy – Brno.

S P E E C H

Ondrej Krivanek

Dear chancellor, ladies and gentlemen, colleagues and friends,

It is a great honour for me to receive the honorary doctorate from Masaryk University. Joining the ranks of its recipients resonates with my roots: my father was from Brno, and when I was growing up in Prague, my family used to come here regularly, to visit my grandparents. The honour was totally unexpected and thus even more special, and I thank the University from the bottom of my heart.

The detailed trajectory of my scientific life was reviewed in the kind laudation by the CEITEC Director Jiří Nantl, and I need to add just one piece of information: my personal life has been deeply enriched by my wife Eda Lacar and my daughters Michelle and Astrid. I am truly grateful to them for supporting me and putting up with the demands that my life in science has brought.

What conclusions and maybe advice for others can my experience point to? Three things stand out for me: we accomplished many breakthroughs on small budgets (for instance, our Cambridge corrector grant was just 80 000 British pounds), showing that modest funding does not have to limit people's creativity. Next, I was very lucky at the key junctions in my life that the right opportunities presented themselves, with a bit of a push at times, and I was even luckier that I found so many incredibly gifted and helpful colleagues and friends to work with.

My work at UC Berkeley was made much more productive through my collaborations with Peter Rez, with whom I still work closely more than four decades later. My research at Arizona State University was made really interesting by my collaborations with Channing Ahn, Mark Disko, Steve Goodnick, John Spence and Johan Taftø. My progress at Gatan was made much more efficient by the unwavering support of Peter Swann, and the various projects I took on advanced rapidly thanks to the incredible talents of Niklas Dellby and Chris Meyer, who joined them, and who are working with me still. Our first aberration corrector project was made possible by the full support of Mick Brown, the whole Cambridge Microstructure Physics group, and the UK's Royal Society, and it became successful because Niklas Dellby, coming back to electron microscopy after an MIT Ph.D. in theoretical physics, and John Spence's son Andrew joined it.

The long-term prospects of a company like Nion that Niklas Dellby and I co-founded are entirely in the hands of the people who work there. Nion's achievements are due to the efforts of many people, with Niklas Dellby, George Corbin, Neil Bacon, Petr Hrnčířik and Tracy Lovejoy making particularly important contributions. Having support outside the company in the form of researchers rooting for you is very important too, and in our case we were very lucky to get the backing, at key junctions, of Phil Batson, Mick Brown, Steve Pennycook, Christian Colliex, Ray Carpenter, Quentin Ramasse and Juan Carlos Idrobo – to mention just a few names from a long list that keeps growing and may soon include colleagues in Brno. And I am truly grateful for our

long-term collaboration with DeLong Instruments in Brno, where many parts that go into Nion microscopes are made, and the many years of my friendship with DeLong's co-founder Vladimir Kolarik, one of the key pillars of electron microscopy in Brno. My recent work on biological analysis using ultra-high energy resolution spectroscopy with Benedikt Haas, Zdravko Kochovski and Christoph Koch at Humboldt University in Berlin, where I am currently stationed, is the "cherry on the cake" of my scientific career, and I am enjoying it immensely.

Isaac Newton wrote "If I have seen further, it is by standing on the shoulders of giants." His wisdom applies even more in our modern, interconnected world. The giants whose shoulders I stood on include Archie Howie and Mick Brown, the visionary leaders of the Cambridge research group in which I got my, Ph.D., and where I returned to build our proof-of-principle aberration corrector; Otto Scherzer, who worked out much of what is important in aberration correction before the rest of the field caught on to how clear-sighted his work was; Hans Boersch, who explored the potential of high energy resolution spectroscopy carried out with electrons; James Hiller, who showed that common sense combined with imagination and daring can lead to great progress in our field; and Albert Crewe, who demonstrated that addressing the fundamental issues does lead to fundamentally new advances.

Students and young people at the beginning of their careers of course know that standing on the shoulders of giants is a great way to progress, but I'd still like to encourage them to get out in the world more, be inventive in finding giants, and then come home and pursue their vision. There are many examples of young people doing this right now, and I'd like to mention one researcher: Andrea Konečná, who is thought by many outside Czechia to be a young theorist of truly outstanding capabilities, who joined CEITEC last year, after spending many years abroad, and with whom we're collaborating on an important though not easily tractable project. She and all the other young people should not be put off by incidental obstacles: if they can't get into a room through the guarded door, they should explore climbing in through a window, as my mom was taught when she studied journalism in Prague as a young woman. And they should not lower their lofty aims and try to work in a small corner of the field, where the winds of competition are weaker. They should hold on to their courage and try to make a mark on the world stage, alongside other talented scientists from anywhere in the world.

If they do this while working at Masaryk University, major successes and a further rise in the University's international fame will be guaranteed. I wish the University continued success along this path, and I thank it once more for the extraordinary honour it has bestowed on me.

SOLEMN OATH

Distinguished sir, before I confer upon you this title in appreciation of your extraordinary scientific merits and exceptional competences, we must observe the ancient custom which requires those about to be presented with this academic title to take a solemn oath.

Distinguished sir, because you have contributed to the development of our university and provided others with an example worthy of following, I hereby ask you to swear:

First of all, that you shall forever maintain your allegiance to this university, which bears the illustrious name of Masaryk, forever keep your friendship and continue to support it with all your strength.

Moreover, that you shall continue to cultivate the development of human knowledge so that its light shines ever brighter. And finally, that you shall remain in the future as you are now, unchanging.

Do you swear and promise to do so to the best of your knowledge and belief?

I SWEAR AND I PROMISE .

Now that I have gratefully received your solemn oath, I, the duly constituted promoter, by the authority bestowed upon me, proclaim you,

ONDREJ KRIVANEK ,
HONORARY DOCTOR
IN THE FIELD OF ELECTRON MICROSCOPY .

I hereby publicly declare your appointment and grant you the rights and privileges associated with this title. As proof, I present you with this diploma, bearing the seal of Masaryk University, and confer upon you the Gold Medal of this university.

Vydal: Masarykova univerzita, Rektorát, Odbor výzkumu

Grafická úprava: Milan Katovský

Překlad: Marcela Sekanina Vavřinová

Tisk: Ing. Vladislav Pokorný – LITERA BRNO

1. vydání, 2022

Náklad: 150 ks

