

Kvantová budoucnost očima Martina Friáka

The quantum future through the eyes of Martin Friák

Martin Friák¹, Jana Žďárská²

¹ Ústav fyziky materiálů AV ČR, Žitkova 22, 616 00 Brno; friak@ipm.cz

² Fyzikální ústav AV ČR, Na Slovance 2, 182 00 Praha 8; zdarskaj@fzu.cz

Kvantové počítače představují jednu z největších technologických výzev současnosti a podle vědců mohou v příštích desetiletích zásadně proměnit podobu výzkumu i průmyslu. Díky schopnosti provádět mimořádně složité výpočty budou umět simulovat chování materiálů na úrovni jednotlivých atomů. Nástup kvantových počítačů však neznamená jen nové vědecké možnosti – přináší také otázky týkající se bezpečnosti, ochrany dat nebo možného zneužití technologie. O potenciálu kvantových výpočtů, jejich praktickém využití i možných rizicích jsme hovořili s Martinem Friákem z Ústavu fyziky materiálů AV ČR.

■ **Jana Žďárská:** Výzkum, vývoj a použití kvantových počítačů jsme se snažili přiblížit již v našem předchozím článku s názvem *Vývoj materiálů: od kovářiny*

ke kvantovým počítačům¹. Co se vám jako první vybaví při vyslovení sousloví kvantový počítač?

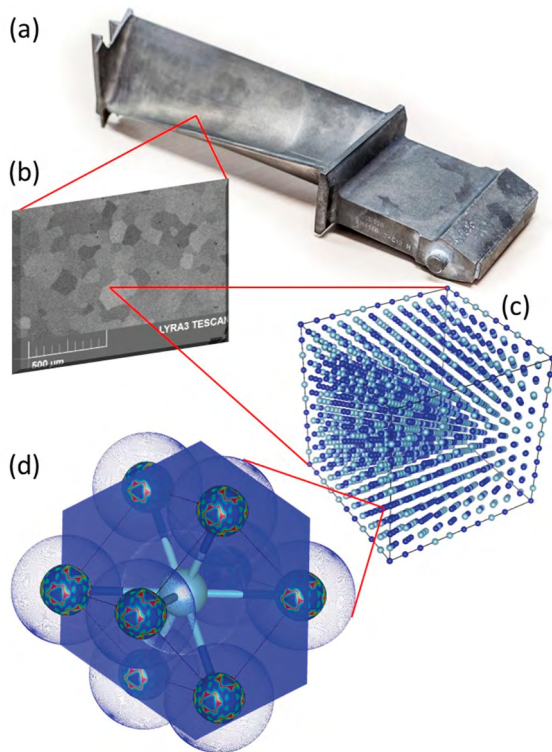
Martin Friák: Chlad a temnota, ve které se dějí „kouzla“ kvantové mechaniky, spoutaná uvnitř jednoho z nejmodernějších přístrojů, jaké umí lidstvo vyrobit.

■ **JŽ:** V současné době působíte jako vedoucí skupiny v Ústavu fyziky materiálů Akademie věd ČR². Jakému výzkumu se zde věnujete?

MF: Věnuji se tzv. teorií vedenému vývoji materiálů. Navazujeme na tradici dávných kovářů, prvních materiálových vědců, kteří se celá dlouhá staletí věnovali vylepšování materiálů, většinou tedy oceli. Je skoro neuvěřitelné, co všechno dokázali. My tyto spolehlivé materiály teď nejenže můžeme používat, ale např. některé ocelové komponenty automobilů dokonce chrání i náš život a zdraví v případě nehody. Mám obrovský respekt k tomu, co se podařilo těmto dávným kovářům s tím minimem znalostí, jež měli o složení hmoty, když třeba nevěděli o její atomární struktuře a podobně.

■ **JŽ:** Jak mohli být úspěšní, když tyto informace neměli k dispozici, a jak si s tím dokázali poradit bez těchto znalostí?

MF: Dávni kováři postupovali často metodou pokus–omyl a myslím si, při vši úctě k nim, že mnoho jejich pokusů skončilo jako omyl na smetišti. Ale i tak se získávají znalosti. Postupovat pomalu a dělat chyby nevadilo, protože měli celá staletí a tisíciletí. Ten čas



Obr. 1 Schematický obrázek „cesty do nitra hmoty“: (a) lopatka turbíny (za foto děkuji docentu Klusákovi), (b) mikrostruktura jednotlivých zrn, zachycená elektronovou mikroskopií, (c) atomární úroveň, kde probíhá teorií vedený vývoj materiálů pomocí kvantově-mechanických výpočtů elektronové struktury, zde promítnuté na sféry symbolizující atomy (d) v krystalu pevné látky. Foto: Jan Klusák, ÚFM AV ČR

1 J. Žďárská: Vývoj a výzkum materiálů. Čs. čas. fyz. 76, 136–139 (2026).

2 T. Kruml, J. Žďárská: Ústav fyziky materiálů AV ČR. Čs. čas. fyz. 75, 426–435 (2025).



Obr. 2 Nejlepším doplňkem k výpočtům na atomární úrovni je získat informace o složení a struktuře hmoty také pomocí elektronového mikroskopu, u něhož je M. Friák na fotografii zachycen. Vědci a vědkyně v Ústavu fyziky materiálů (ÚFM) AV ČR v Brně se elektronové mikroskopii velmi intenzivně věnují – díky podpoře vedení Akademie věd vzniklo v ÚFM speciální Centrum elektronové mikroskopie, kam čtenáře a čtenářky srdečně zveme na návštěvu. Foto: Jana Plavec, Akademie věd ČR

my teď bohužel nemáme. Naše civilizace se nachází v zásadním okamžiku dějin, na pomyslném rozcestí, kdy jsme se rozhodli přejít na udržitelné a ekologičtější verze našich technologií, abychom planetu předali našim dětem méně znečištěnou. A to znamená spoustu nových materiálů a postupů výroby. Je vlastně jen velmi málo toho, co nahradit nemusíme. A navíc na tuto transformaci nemáme staletí, máme jen desetiletí, možná jen jedno či dvě.

JŽ: Jak dnes počítačové simulace mění způsob vývoje nových materiálů a proč je podle vás současná doba pro materiálový výzkum tak zásadní?

MF: S rozvojem výpočetní techniky, teoretických metod a programovacích nástrojů se od zhruba začátku tisíciletí vyvinul nový přístup k vývoji materiálů, kdy počítačové simulace předcházejí a částečně nahrazují nákladné a časově náročné experimenty. Pokud máte software spolehlivě popisující chování materiálů, můžete mnoho jejich vlastností spočítat. Právě to je podstata mé práce. Místo tradičního experimentálního zkoušení desítek a stovek různých chemických složení tyto možnosti simulujeme v počítači. Mým dětem jsem vysvětloval, že si skládáme v počítači hmotu atom po atomu jako kostky Lega. Na místa v krystalové mřížce kovů umísťujeme atomy různých prvků z periodické tabulky a po výpočtech analyzujeme, jaký vliv taková změna složení měla. A pak vybereme jen to nejslibnější chemické složení a pouze toto je experimentálně připraveno a otestováno.

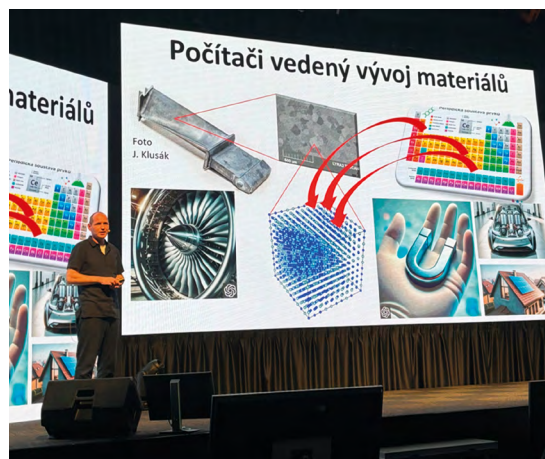
JŽ: Jakou roli dnes hrají počítačové simulace a superpočítače při vývoji nových materiálů?

MF: Díky počítačům je tedy celý proces nejen rychlejší, ale i finančně méně náročný. Případní zájemci o tuto problematiku si mohou přečíst náš článek *Lze*

nahradit prvky vzácných zemin?, který o slitinách hořčíku vyšel v únoru 2026 v časopise *Vesmír* (svazek 105, str. 86). Na druhou stranu je třeba zmínit, že kvalitní výsledky výpočtů získáme pouze v tom případě, pokud popisujeme hmotu na atomární úrovni správně. Naši nejlepší teorie pro popis atomů je kvantová fyzika, což však znamená, že výpočty jsou náročné a normální kancelářský počítač na ně nestačí – je třeba superpočítačů. Naštěstí máme v České republice výbornou superpočítačovou infrastrukturu, např. distribuovanou síť METACENTRUM, superpočítač CERIT v Brně nebo superpočítačové centrum IT4Innovation v Ostravě.

JŽ: Co vás ve vaší vědecké práci nejvíce zajímá a těší?

MF: Těší mě značná akademická svoboda při výzkumu a možnost kreativně vyvíjet zatím neexistující materiály, které přinesou lidem něco dobrého. Širším



Obr. 3 Myšlenku počítači vedeného vývoje materiálů propagoval M. Friák i na Veletrhu vědy 2025.



Obr. 4 Pro náročné vědecko-technické výpočty se využívají ty nejvýkonnější superpočítače, jako např. v superpočítačovém centru IT4Innovations na Vysoké škole báňské – Technické univerzitě Ostrava.

cílem je přispět k výše zmíněnému přechodu našich technologií na jejich ekologičtější a udržitelnější varianty a předat planetu našim dětem (i já mám dvě doma) čistší. V osobní rovině je velmi obohacující pedagogická práce s mladými lidmi při výuce na univerzitách v Brně a díky podpoře Akademie věd i možnost dalšího osobního rozvoje. Nedávno byla totiž moje práce Akademií věd oceněna tzv. Akademickou prémie, která mi umožňuje seznámit se do hloubky s novými odbornými metodami a ty pak využít v mé vědecké práci. Tato podpora trvá šest let a v mém případě se jedná o zavádění nástrojů umělé inteligence a nastupující technologie kvantových počítačů do vývoje materiálů. Je vynikající mít v Akademii věd tak skvělé podmínky pro to, detailně a ve velkém se učit něco zásadně nového ve střední části mé profesní kariéry.

■ **JŽ:** Měl jste v dětství nějaký svůj sen – čím byste se chtěl stát? Někaké vysněné povolání? A týkalo se vědy?

MF: K fyzice mě přivedly vědecko-fantastické knihy a filmy. Už v názvu tohoto žánru věda je. A časem jsem pochopil, že cesta k realizaci alespoň některých z popisovaných fikcí vede právě přes nové materiály. Ale ani moje cesta k fyzice nebyla úplně přímočará. Vlastně jsem nejdříve pokračoval v rodinné tradici mého otce a děda a mou střední školou byla strojná průmyslovka. Technologie výroby materiálů. Teprve pak jsem šel studovat odbornou fyziku. A protože byla na průmyslovce výuka matematiky a fyziky méně intenzivní než třeba na gymnáziích, byl první rok na Přírodovědecké fakultě Masarykovy univerzity dost krušný. Ale vydržel jsem. Skoro polovina mých spolužáků to však na konci prvního ročníku vzdala. O mnoho let později se pak ukázalo, že jsem získal

vlastně výbornou kombinaci znalostí výrobních technologií a hlubšího fyzikálního vhledu.

■ **JŽ:** Mohl byste popsat, jak jste se dostal k práci v Ústavu fyziky materiálů Akademie věd?

MF: Už na konci magisterského studia na Masarykově univerzitě jsem si našel práci jako tzv. pomvěd, tedy pomocná vědecká síla v Ústavu fyziky materiálů (ÚFM) Akademie věd. Propojení mezi ÚFM AV ČR a Katedrou fyziky kondenzovaných látek na Přírodovědecké fakultě Masarykovy univerzity má dlouholetou tradici, a navíc jsou obě instituce vzdáleny jen 10 minut pěšky a z několika možných tras lze vybrat procházku přes pěkný park – Björnsovu sad –, kterou většinou volím já.

■ **JŽ:** Co pro vás bylo při skloubení vysokoškolského studia a práce nejtěžší a co vám naopak pomáhalo?

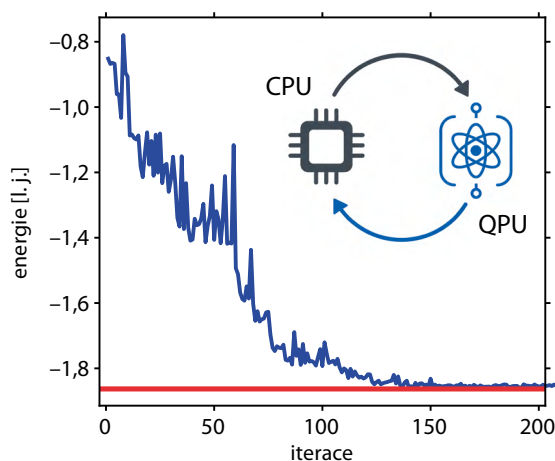
MF: Kombinace vysokoškolského studia na Masarykově univerzitě a souběžné práce v Akademii věd, kde mě vedl pan profesor Mojmir Šob, mě výborně připravila na mou budoucí samostatnou vědeckou kariéru v zahraničí, kam jsem odjel hned po doktorátu. Původní plán byl odjet na rok „na zkušenou“ a pak se vrátit, ale nakonec jsem působil v ústavech Společnosti Maxe Plancka v Německu téměř jedenáct let. Nejdříve dva a půl roku jako postdoktorand v Berlíně v Ústavu Fritze Habera a pak jako vedoucí skupiny v Ústavu pro výzkum ocelí v Düsseldorfu. Druhý jmenovaný v průmyslovém Porúří v té době úzce spolupracoval s místním ocelářským průmyslem a propojoval právě inženýrské vědy s fyzikou, a to nejen v experimentu, ale i v teorii. Tam se moje znalosti výborně hodily. Právě tam jsem se poprvé dostal k teorii vedenému vývoji materiálů, který jsem si pak jako novou metodu „přivezl“ s sebou do Brna do Ústavu fyziky materiálů, kde v něm pokračuji. Návratem na ÚFM AV ČR v Brně za finanční podpory Akademie věd formou Stipendia Jana Evangelisty Purkyně pro „navrátilce“ do české vědy se také jeden pomyslný kruh mého života uzavřel.

■ **JŽ:** Jaký význam měla ve vaší kariéře zkušenost ze zahraničního pobytu a jak ovlivnila váš další profesní rozvoj?

MF: Obecně pobyt v zahraničí všem velmi silně doporučuji. Je to neocenitelná zkušenost. Jsem moc rád, že se pro vysoké školství u nás i ústavy Akademie věd stává pro studenty a mladé postdokty v posledních



Obr. 5 M. Friák při přebírání Akademické prémie v listopadu 2023 v Praze.



Obr. 6 Výpočet na kvantovém počítači většinou neprobíhá jen na kvantovém procesoru (QPU), ale v cyklech na hybridní kombinaci QPU a klasického procesoru CPU. Při získávání zkušeností s kvantovými počítači jsme např. analyzovali, jak se energie molekuly vodíku počítaná pomocí takové hybridní kombinace QPU-CPU blíží ke správnému řešení (vodorovná červená čára). Za graf děkují doktorce Ivaně Mihálikové.

letech standardem. Z hlediska těch, co takto vyjedou, je povzbudivé vidět, že tu vynikající vědu v Německu, ale i jinde na Západě, dělají z velké části cizinci, včetně nás z České republiky. České akademické prostředí dává možnost se na takový pobyt výborně připravit, ale samozřejmě je to i o tom, jak k tomu člověk přistoupí. Jak říká latinské přísloví *per aspera ad astra*, cesta ke hvězdám prostě vede přes překážky a uspět může jen ten, kdo pracuje, když se jiní baví. Podmínky k růstu jsou, jen je třeba jich využít.

■ **JŽ:** Pokud byste měl porovnat způsob vědecké práce v zahraničí a u nás – v čem vidíte hlavní rezervy české vědy v mezinárodním srovnání?

MF: Nevyužitý potenciál naší vědy vidím v nedostatečném otevření se světu. Tedy abychom my hostili nadané vědce a vědkyně ze zahraničí. Německo bylo ještě na začátku tisíciletí dost uzavřené. Na první konferenci Německé fyzikální společnosti v roce 2003 jsem psal abstrakt mého příspěvku v angličtině jako jeden z mála. Angličtina byla tehdy spíše tolerovaná výjimka mezi stovkami německých příspěvků. Pak se v Německu rozhodli, že se otevrou přílivu „talentovaných mozků“ ze zahraničí. Do roku 2010 se příspěvky v němčině na konferencích téměř přestaly objevovat. Ve vědeckých skupinách na ústavech Maxe Plancka, kde jsem působil, byla více než polovina vědců a vědkyň ze zahraničí a komunikace probíhala jen v angličtině. V tom bychom si mohli vzít z Německa příklad. I naši vědci by více nadaných vědců a vědkyň ze zahraničí prospělo. V praktické rovině (administrativa, pracovní právo, sociální a zdravotní pojištění a podobně, tedy věci, kterým já osobně moc nerozumím, to upozorňuji) je však pořád spousta překážek, na něž narážíme.

■ **JŽ:** Vraťme se nyní k nastupující technologii kvantových počítačů. Mohl byste laickým způsobem vysvětlit, jak funguje kvantový počítač a čím se liší od počítače klasického?

MF: Jedná se o zcela novou technologii zpracování informací, která na rozdíl od současných, klasických

počítačů, jako je váš notebook nebo chytrý telefon, využívá kvantových jevů. Jak čtenáři a čtenářky vědí, v klasických počítačích je základní zpracovávanou jednotkou informace bit, který nabývá hodnoty 0, nebo 1, a to ve významu vylučovacím. V kvantových počítačích je základní jednotkou kvantový bit, zkráceně qubit (čteno „kjúbit“). Qubity mohou být díky kvantovému jevu zvanému superpozice ve stavu 0 i 1 zároveň. Provedení nějaké matematické operace na qubitu v superpozici nám dá výsledek pro obě hodnoty 0 i 1 zároveň, což klasický bit neumožňuje. To výpočty v kvantových počítačích urychluje. Navíc je možné qubity kvantově provazovat do jednoho celku, kdy se změny na jednom qubitu projeví i na ostatních. I tento kvantový jev lze využít pro urychlení výpočtů v porovnání s klasickými počítači. A toto zrychlení je navíc exponenciálně rostoucí s počtem qubitů, což je pro náš mozek jen obtížně představitelné. Potenciál kvantových počítačů je obrovský. Detailnější vysvětlení by si už vyžadovalo matematiku, která je tím pravým jazykem kvantové fyziky, kdežto slova běžného jazyka zde mohou být zkreslující.

■ **JŽ:** Jaký vývoj a praktický dopad kvantových počítačů očekáváte v nejbližších letech?

MF: I když se technologie kvantových počítačů teprve rozvíjí a není ještě dotažena k dokonalosti, během příštích několika let se předpokládá, že kvantové počítače zvládnou spočítat některé praktické úlohy, které by klasické počítače nezvládly ani za tisíce let. Pro zájemce mohu doporučit na YouTube záznam mé přednášky z listopadu 2024 *Martin Friák: Kvantové počítače: naděje i hrozba*³, která popularizační a nenáročnou formou tuto novou výpočetní technologii popisuje, a to v českém jazyce. Záznam už má 190 tisíc zhlédnutí, což beru jako důkaz toho, že se diváci a diváčky dozvídají to, co potřebují.

■ **JŽ:** Jak se původní nápad na kvantové počítače vyvinul až k jejich dnešní dostupnosti pro vědce?

MF: Je pravda, že myšlenka kvantových počítačů pochází už z 80. let minulého století od držitele Nobelovy ceny Richarda Feynmana, ale první uživatelé k nim měli přístup až o téměř 40 let později, teprve na konci minulého desetiletí. Tehdy bylo kvantových počítačů jen několik na světě. Firma IBM k nim

3 Viz: <https://www.youtube.com/watch?v=AU1y9bLxsiQ>.



Obr. 7 Snímek kvantového počítače VLQ, umístěného v superpočítačovém centru IT4I v Ostravě.

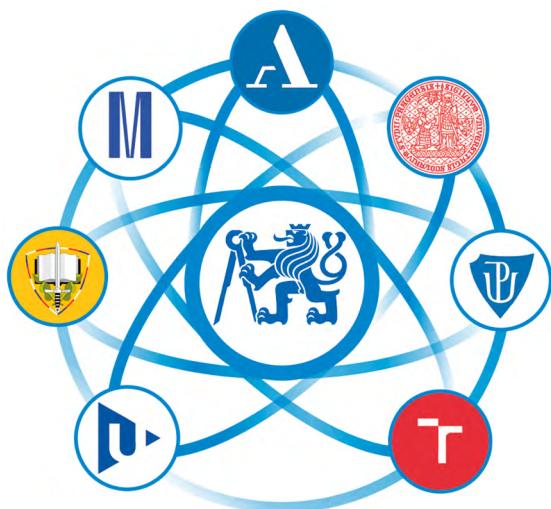
» Místo tradičního experimentálního zkoušení desítek a stovek různých chemických složení tyto možnosti simulujeme v počítači. «



Obr. 8 Setkání zástupců Kvantového inovačního centra na rektorátu VUT v Brně v březnu 2026.

však umožňovala přístup – sice omezený, ale zdarma, přes internet na dálku do USA. Tím naučila uživatele s jejich kvantovými počítači pracovat. Tehdy jsme s nimi začali v naší skupině i my, konkrétně to byla moje studentka, nyní paní doktorka Ivana Miháliková z Masarykovy univerzity v Brně, a později i další studenti a studentky, a to i z Vysokého učení technického v Brně. Zhruba od odeznění covidu-19 se však bezplatný přístup ke kvantovým počítačům firmy IBM velmi omezil, částečně i kvůli nákladům na jejich provoz, a situace byla několik let velmi špatná.

■ JŽ: Proč je provoz kvantových počítačů tak nákladný a jak tyto technické a organizační nároky ovlivňují jejich dostupnost pro vědce?



Obr. 9 Logo Kvantového inovačního centra, sdružujícího osm akademických institucí, které mohou využívat přístup na kvantové počítače firmy IBM. Jedná se o České vysoké učení technické v Praze, Univerzitu Karlovu v Praze, Západočeskou univerzitu v Plzni, Masarykovu univerzitu v Brně, Vysoké učení technické v Brně, Univerzitu obrany v Brně, Univerzitu Palackého v Olomouci a Akademii věd České republiky.

MF: Cena této technologie je zatím opravdu vysoká. Kvantové počítače často využívají kvantového jevu zvaného supravodivost, ke kterému dochází jen za velmi nízkých teplot, kolem $-273\text{ }^{\circ}\text{C}$. Kvantový procesor se tedy musí chladit, a to hodně. Nitro kvantového počítače je vlastně jedno z nejstudenějších míst ve vesmíru, jen několik tisícín stupně nad absolutní nulou. Díky našim pokročilým technologiím to je sice zvládnutelné, ale je to náročné a drahé. Cena kvantových počítačů byla v minulé dekádě v řádu stovek milionů dolarů a i teď je ve stovkách milionů korun. Chladicí zařízení a řídicí elektronika jsou náročné na údržbu a potřebujete několik techniků, kteří ve dne v noci udržují chod kvantového počítače. Dřívější omezení volného přístupu komukoliv, kdo se zaregistroval e-mailovou adresou, tedy nebylo zas až tak překvapivé. Naše výzkumné aktivity, kdy vyvíjíme software a algoritmy pro kvantové počítače ve spolupráci s vědci z MIT, CALTECH a Národní laboratoře v Los Alamos v USA, to však dost zasáhlo. Teprve minulý rok se stal pro Českou republiku přelomovým.

■ JŽ: Mohl byste nám přiblížit, proč považujete rok 2025 z hlediska kvantových počítačů za přelomový?

MF: Nejdříve vzniklo v červnu 2025 konsorcium osmi akademických institucí, nazvané Kvantové inovační centrum, které se skládá ze sedmi univerzit (ČVUT, UK, MU, VUT, ZČU, UPOL a UNOB) a Akademie věd ČR, jež je koordinováno z ČVUT. V rámci tohoto centra získali vědci a vědkyně, studenti a studentky z výše uvedených institucí přístup k nejnovějším kvantovým počítačům firmy IBM. Jak je tato technologie drahá, tak jsou sice pro celé konsorcium k dispozici jen nižší tisíce minut měsíčně, ale i to je pro nás fantastická pomoc. Vedle akademické vědy a výzkumu pomáhá toto centrum také rozvíjet obranyschopnost naší země, což je hlavně v současné situaci velmi důležité. V září 2025 byl pak v Ostravě na VŠB v superpočítačovém centru IT4Innovation spuštěn

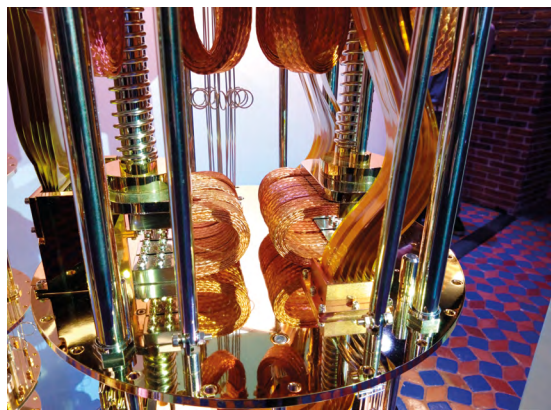
první kvantový počítač fyzicky umístěný v ČR. Uživatelé a uživatelky IT4I z celé naší republiky na něm od června 2026 mohou zdarma počítat.

JŽ: Jaký dopad mohou mít kvantové počítače na vědecký výzkum a jaké konkrétní výsledky od nich v budoucnu očekáváte?

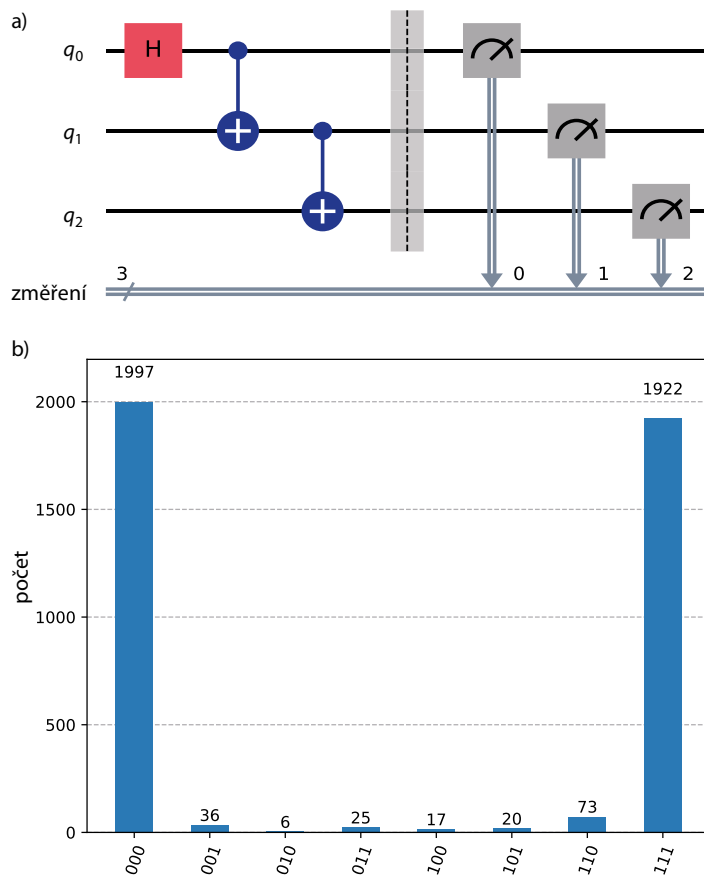
MF: O kvantových počítačích se předpokládá, že přinesou revoluci srovnatelnou s nástupem sociálních sítí, internetu, nebo dokonce výpočetní techniky jako takové v 70. letech minulého století. A podívejte se okolo, jak naši civilizaci klasická výpočetní technika změnila. Existují úlohy, a je to i můj případ ve fyzice pevných látek, které se ve vědě celé desítky let odkládaly stranou, protože se prostě nedaly spočítat. A teď najednou je budeme moci na kvantových počítačích řešit. Jiným, ale vhodným přirovnáním důležitosti kvantových počítačů je jejich srovnání s umělou inteligencí. Víím, že ta je momentálně na výsluní slávy, ale to, čím je AI dnes, budou už za několik let kvantové počítače. Kvantové počítače jsou tzv. průlomovou technologií. Kdo ji ovládne, získá dlouhodobou strategickou technologickou výhodu. A proto velké firmy, jako je IBM, Google, Microsoft a další, ale i velcí národní hráči o ni velmi intenzivně soupeří. Pro přirovnání: pokud se do AI investují momentálně stovky miliard dolarů ročně, do technologie kvantových počítačů jsou to stejné sumy, jen rozložené do několika málo příštích let. Ty částky jsou však srovnatelné. A na vývoz technologií kvantových počítačů do zahraničí se už začínají uplatňovat stejná omezení jako na čipy a grafické karty pro umělou inteligenci.

JŽ: Očekáváte, že kvantové počítače přinesou zásadní průlomové objevy, které byly dosud mimo dosah klasických výpočetních metod?

MF: Ano. Jak jsem zmínil výše, existují celé třídy úloh, o kterých matematici a informatici dokázali, že jejich řešení by si na klasických počítačích vyžadovalo neuvěřitelně mnoho času a výpočetních zdrojů. Takže se tyto úlohy neřešily. Prostě to nešlo. Já osobně jsem posledních 25 let pracoval s vědomím, že v mé práci existuje pomyslný „strop“, nad nějž se prostě nedostanu. V mém oboru pevných látek mohu zmínit vývoj některých supravodivých materiálů, které by nám velmi pomohly v elektrotechnice, dokonce i dále rozvinout technologii kvantových počítačů samotných.



Obr. 10 Kvantové počítače využívající kvantového jevu supravodivosti je třeba chladit na velmi nízké teploty pomocí chladicí soustavy hadiček s chladicí kapalinou a samozřejmě také řídit pomocí řídicí elektroniky.

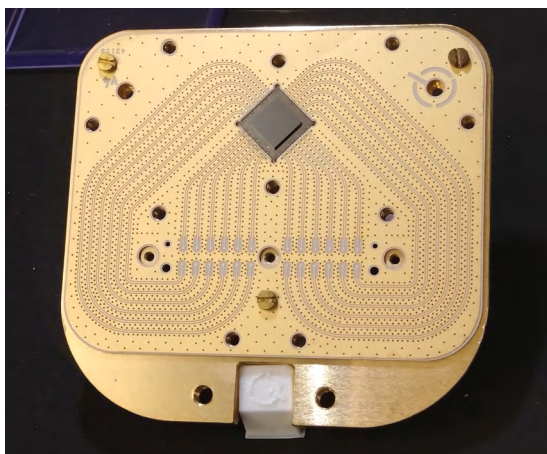


Obr. 11 Příklad obvodu kvantového počítače (a) se 3 qubity označenými jako q_0 , q_1 a q_2 , Hadamardovým hradlem (červený čtverec) působícím na qubit q_0 , které jej uvede do superpozice, a dvěma dvouqubitovými hradly CNOT, která qubity provazují (ukázány modrou barvou). Na konci výpočtu dojde ke změření a naměřené hodnoty jsou už normální bity. Každý qubit může být po změření ve stavu nula, nebo jedna, takže možné výsledky měření jsou zde různé trojice kombinací nul a jedniček, z nichž některé jsou naměřeny častěji než jiné, viz počet na obrázku (b).

Jiným příkladem jsou oxidy běžných přechodných prvků, které jsou všude okolo nás, používají se např. v elektrotechnickém a chemickém průmyslu, jejich nanočástice pomáhají při léčbě nemocí a podobně. Takových příkladů je mnoho. V praktické rovině bychom potřebovali vyvinout lepší a lehčí baterie do elektromobilů. Je vynikající, že nás elektromobil už doveze i 500 km daleko, ale jeho baterie váží cca 500 kg, kdežto nádrž benzínu, potřebná na ujetí stejné vzdálenosti, váží jen cca 50 kilogramů. A těch 500 kilogramů váhy baterie si vezeme celou cestu s sebou.

JŽ: Kde podle vás leží limity dnešních superpočítačů a jakou roli v jejich překonávání mohou v budoucnu sehrát kvantové počítače?

MF: Víím, že většina lidí je s klasickou výpočetní technikou, notebooky a chytrými telefony vlastně spokojená, ale pokud se zeptáte vědců a vědkyň, kteří posouvají hranice poznání, tak vám řeknou, že i ty nejvýkonnější klasické superpočítače jsou pro některé úlohy vlastně zoufale nedostatečné. Osobně se dokonce domnívám, že jen díky kvantovým počítačům se jednou dostane lidstvo v dlouhodobém horizontu i ke hvězdám. V praktičtějším a krátkodobém horizontu si myslím, že pokud máme znečištění naší planety zastavit a naše ekologické cíle naplnit, jsou kvantové počítače vlastně naší jedinou nadějí na dostatečně rychlý vývoj ekologičtějších materiálů.



Obr. 12 Nejchladnější částí je pak kvantový čip o velikosti několika milimetrů.

■ JŽ: Jak by mohly kvantové počítače v budoucnu konkrétně ovlivnit každodenní život běžných lidí?

MF: Vedle příkladů, jež jsem zmínil výše, se o kvantových počítačích také předpokládá, že pomohou s úlohami v logistice, např. u „problému obchodního cestujícího“. Je to úloha o tom, že máme na mnoho adres doručit nějaké zboží a zeptáte se, která cesta bude nejkratší, nejrychlejší nebo s nejnižší spotřebou pohonných hmot, což jsou v logistice zásadní otázky. Zkoušet všechny kombinace různých cest mezi adresami jde klasickým počítačům pomalu, protože počet možných cest exponenciálně roste s rostoucím počtem adres. Kvantové počítače by si s takovýmito úlohami s mnoha kombinacemi měly poradit mnohem snáz. V příštích 10 až 15 letech ovšem přinesou kvantové počítače například i nové materiály, které zmiňuji výše, tedy v rámci mého oboru a snad i s naším přispěním. Ale je třeba upozornit, že cesta od vývoje materiálu k jeho výrobě a uvedení do praxe, tedy od základního výzkumu k aplikovanému, je docela dlouhá. I Akademie věd, která se tradičně soustředí na základní vý-

zkum, si je tohoto vědoma, a tak v posledních několika letech spustila několik programů na podporu propojení základního výzkumu s aplikacemi a inovacemi pro praxi.

■ JŽ: Představují kvantové počítače nějaká bezpečnostní rizika pro nás či naše současné technologie?

MF: Asi je třeba zmínit, že vyšší výpočetní výkon kvantových počítačů může být i hrozbou. Na některých matematických úlohách, které klasické počítače mohou počítat jen velmi pomalu, jsou vlastně založeny některé šifrovací protokoly pro naši komunikaci. Obtížnost úlohy a problémy ji řešit na klasických počítačích naši komunikaci vlastně chrání. Už před několika desítkami let se však objevily některé kvantové algoritmy, o kterých se předpokládá, že už kolem roku 2030 umožní budoucím kvantovým počítačům naše současné šifrování prolomit. Vzhledem k tomu, do jaké míry je náš svět momentálně internetem a komunikací prostoupen, je to vážná hrozba. A nejde jen o různé bezpečnostní složky nebo armádu, ale i o elektronickou komunikaci každého z nás, např. z našeho chytrého telefonu či počítače s naší bankou. Proto se už před lety dali dohromady vědci a vědkyně z oblasti matematiky a informatiky s experty a expertkami z IBM a dalších firem a vytvořili jiné, výpočetně ještě náročnější, tzv. postkvantové šifrovací protokoly. Ty by měly odolat i budoucím kvantovým počítačům. Tyto šifrovací protokoly jsou už od léta 2025 k dispozici od amerického Národního úřadu pro standardy a technologie (NIST).

■ JŽ: Takže i na tuto hrozbu se už našlo řešení. A jaký další vývoj v této oblasti očekáváte v nejbližších letech?

MF: Nyní už je pouze třeba tyto postkvantové protokoly zavést do praxe, což bude několik let trvat. Ale proces už začal. Pokud to banka udělá šikovně, ani to my jako její zákazníci nepoznáme a budeme chráněni. To by byl ideální scénář. Pokud k němu nedojde, bude



Obr. 13 Kvantové počítače propagoval M. Friák i na Veletrhu vědy v letech 2024 a 2025 a znovu i letos v červnu (v sobotu 6. 6. 2026). Za fotografii děkuji doktoru P. Zimovi z Ústavu termomechaniky AV ČR.

určitě dobré, aby měl za několik let každý doma hoto-
vost na dva týdny až měsíc běžných provozních ná-
kladů. To je ovšem dobré opatření už i teď, nejen kvůli
internetovým hrozbám. To však odbíhám. Pokud se
vrátím k tématu zavádění postkvantové kryptografie,
je třeba upozornit, že s touto novou technologií jdou
i náklady na její instalaci a potřeba odborníků na její
zavedení. Budoucí trh práce bude potřebovat spoustu
odborníků a expertek na kvantové počítání a kryp-
tografii. Někteří ze čtenářů a čtenářek budou možná
jedněmi z nich.

■ JŽ: V rozhovoru pro rozhlas⁴ jste zmiňoval, že se
na kvantový počítač, který funguje v Ostravě, budou
moci připojovat studenti. Co by jim jeho využívání
mohlo přinést?

MF: Vzhledem k ceně kvantových počítačů a ná-
ročnosti jejich technologie jsou momentálně kvan-
tové počítače fyzicky umístěny ve specializovaných
centrech a uživatelé se na ně připojují přes internet.
Momentálně je to tak, že uživatelé a uživatelky použijí
nějaký programovací jazyk, např. v Pythonu balíček
Qiskit vyvinutý firmou IBM nebo jiné balíčky od ji-
ných firem, a naprogramují si architekturu kvantového
obvodu. Jedná se o obdobu logických hradel, propoju-
jících klasické bity v dnešní elektrotechnice. Architek-
tura kvantového obvodu odráží řešenou úlohu. Takže
uživatelé a uživatelky se vlastně stávají kvantovými
architektky a architektkami, což je určitě obohacující.
Ohledně toho, co jim kvantové počítání může přinést
v praktické rovině, bych rád zmínil, že studenti a stu-
dentky získají zkušenost s touto novou technologií,
mohou zkusit řešit svoje úlohy a vzdělávat se pro bu-
doucí trh práce, na kterém budou lidé se zkušenostmi
s kvantovým počítáním velmi ceněni.

■ JŽ: Uvažuje se o tom, že by se na kvantový počítač/
počítače mohli připojovat i běžní uživatelé?

MF: Bez pochyb. Předně firma IBM nabízí i teď
vlastně téměř každému 10 minut výpočetního času
na jejích kvantových počítačích měsíčně zdarma. To
může udělat každý. Třeba hned dnes. Stačí jít na portál
IBM Quantum Platform a při znalosti angličtiny a chu-
ti se učit a alespoň s nějakými znalostmi programování
si tam může skoro každý spustit první malý výpočet
na kvantovém počítači. My jsme tuto možnost za naší
asistence nabízeli návštěvníkům akce Qiskit Fall Fest
2025 v listopadu 2025 u nás na ÚFM. Přišlo jich ně-
kolik desítek. A odcházeli velmi spokojení a s certifi-
kátém, že si spustili svůj první výpočet na kvantovém
počítači. Podobně jsme možnost spustit si výpočet
na kvantovém počítači nabízeli návštěvníkům na br-
něnské hvězdárně 14. 4. 2026 v rámci tzv. Meziná-
rodního dne kvantové fyziky. A tyto akce plánujeme
opakovat, v září se také chystáme na Festival vědy,
bude Noc vědy, Týden Akademie, akcí bude spousta,
stačí nás sledovat. S mým studentem bakalářem Voj-
těchem Vašinou z VUT jsme napsali v češtině velmi
detailní návod, jak to krok za krokem udělat, ve formě



Obr. 14 Na kvantovou budoucnost naší země byla za-
měřena i panelová diskuse (zleva) M. Friáka s docen-
tem Miroslavem Holečkem (Západočeská univerzita
v Plzni – NTC), docentem Janem Boudou (CyberSecurity
Hub, Brno) a profesorem Igorem Jexem (ČVUT v Praze),
pořádaná v únoru 2026 na Hvězdárně a planetáriu
v Brně (za foto děkuji Mgr. J. Formanovi).

článek, který vyšel v letošním čísle (roku 2026) ča-
sopisu Matematika–Fyzika–Informatika⁵. Zájemcům
a zájemkyním jej mohou doporučit. Dále je kvantový
počítač v ostravském superpočítačovém centru IT4I
pro všechny jeho uživatele a uživatelky, což jsou věd-
ci a vědkyně, studenti a studentky ze všech univerzit
a ústavů Akademie věd u nás. A do určité míry se
k výpočetním kapacitám IT4I mohou dostat i zájemci
z českého průmyslu.

■ JŽ: Jaké vzdělávací aktivity a programy v oblas-
ti kvantového počítání dnes v Česku existují a jak se
do nich mohou zájemci zapojit?

MF: Na IT4I jsou uživatelům a uživatelkám nabí-
zeny už několik let vzdělávací workshopy, většinou
online, kde se mohou s kvantovým počítáním se-
známit. Stejně tak Kvantové inovační centrum, které

Abstract

Quantum computers represent one of the greatest
technological challenges of our time and, according to
scientists, they can fundamentally change the shape of
research and industry in the coming decades. Thanks to
their ability to perform extremely complex calculations,
they will be able to simulate the behaviour of materials
at the level of individual atoms. However, the advent of
quantum computers does not only mean new scientific
possibilities, it also brings

questions regarding security, data protection or possible
misuse. We spoke with Martin Friák from the Institute of
Physics of Materials of the Czech Academy of Sciences
about the potential of quantum computing, its practical
use and possible risks.

4 Viz: <https://program.rozhlas.cz/zaznamy/#/plus/38/2025-12-09>.

5 V. Vašina, M. Friák: Praktické aspekty kvantového počítání. *Matematika–Fyzika–Informatika* 35(1), 63–78 (2026). Dostupné na: <https://mfi.upol.cz/index.php/mfi/article/view/1077>.



Obr. 15 Model jednoho z nejmodernějších počítačů firmy IBM, který se nazývá System two a skládá se ze tří jednotek s tím, že v každé je 133 qubitů.

sduzuje užší okruh osmi akademických institucí, je vedle vědecko-technických výpočtů z velké části koncipováno jako vzdělávací entita, v rámci které se pořádají online workshopy v angličtině v oblasti kvantového počítání. Firma IBM, jež je s Kvantovým inovačním centrem úzce propojena, organizuje např. několikaměsíční prestižní online kurzy *Road to practitioner*, zaměřené na počítání na kvantových počítačích firmy IBM, a některé z těchto kurzů jsou určeny jen a pouze uživatelům a uživatelkám českého Kvantového inovačního centra. Z hlediska vysokoškolského vzdělávání u nás je ČVUT už několik let průkopníkem výukových programů a oborů zaměřených na kvantové technologie, v minulém roce se přidala VŠB v Ostravě, v přípravě jsou programy na Západočeské univerzitě a zřejmě i jinde. Momentálně je asi ten nejlepší čas se do kvantového počítání pustit.

■ **JŽ:** Jak se dnes mohou studenti u nás dostat ke kvantové fyzice a kvantovému počítání a jaké jsou možnosti studia a popularizace kvantové fyziky?

MF: UNESCO vyhlásilo minulý rok Mezinárodním rokem kvantové vědy a technologií, protože v roce 2025 uplynulo 100 let od publikování několika článků, které postavily kvantovou fyziku na pevný základ. Ale je třeba připustit, že kvantové počítání je náročná disciplína na pomezí kvantové fyziky, informatiky a matematiky. Zájemci na vysokých školách mohou vhodné kurzy hledat podle těchto klíčových slov. Já sám teď vedu v jarním semestru 2026 předmet o kvantových počítačích pro studenty a studentky Masarykovy univerzity. Díky skvělým meziuniver-

zitním dohodám tam mají přístup i zájemci z VUT. A ti se opravdu přihlásili, což mi udělalo velkou radost. Nejde jen o to, že bude do kvantového počítání víc nadšenců, jako jsem já, ale jsem rád, že přispějí ke vzdělávání studentů a studentek v nových moderních technologiích, jež jim pomohou najít uplatnění na budoucím trhu práce. Probíhají také akce popularizující kvantové počítání, jako je např. podzimní *Qiskit Fall Fest*, který je obdobou dne otevřených dveří v případě kvantových počítačů a na ÚFM v Brně proběhl 13. listopadu 2025.

■ **JŽ:** Mohl byste nám přiblížit, v čem se liší práce s kvantovým počítačem od práce s klasickou výpočetní technikou?

MF: Pro vědce a vědkyně, kteří spouštějí náročné vědecko-technické výpočty ze své kanceláře přes internet, např. v ostravském superpočítačovém centru IT4I, se toho v praktické rovině tolik nezmění, ať už spustí úlohu na superpočítači klasickém, nebo kvantovém. V detailech softwarové implementace úlohy jsou kvantové algoritmy ovšem zcela jiné než ty klasické. Dobré je také upozornit, že kvantovým počítačům nejde a nepůjde lépe každá úloha. Spoustu úloh řeší výborně už teď počítače klasické. Navíc některé výpočetní aspekty jsou u kvantových počítačů velký problém, např. paměť. Z tohoto důvodu patří budoucnost hybridním systémům, propojujícím klasické a kvantové počítače. V ideálním případě využijí tyto hybridy silnou stránku jedné technologie na kompenzování slabé stránky druhé technologie. Je to podobné jako u procesorů a grafických jader v dnešní klasické výpočetní technice. Pokud si tedy někdy, třeba za 15 let, koupíme domů nové PC, je možné, že bude mít v sobě vedle sebe klasický procesor CPU, grafickou jednotku GPU a kvantový procesor QPU. Každý pro jiný typ úloh a výpočtů. To však jen pokud se u kvantových procesorů vyřeší problém chlazení do nízkých teplot. Současné umístování kvantových počítačů fyzicky do superpočítačových center hned vedle klasických superpočítačů je vedeno vlastně přesně myšlenkou hybridních systémů. A navíc se dnes s tím vším propojuje umělá inteligence.

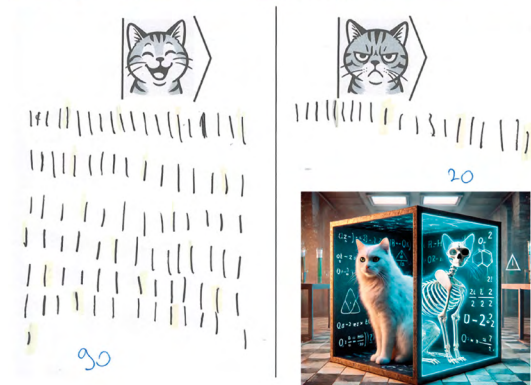
■ **JŽ:** Jakou roli může hrát umělá inteligence při budoucím vývoji a využívání kvantových počítačů?

MF: Co se týče umělé inteligence, u ní bych možná zmínil, že na veřejnost se dostávají zprávy o obrovských energetických nárocích AI datových center. Kvantové počítače by se zde mohly stát ekologičtějším a ekonomičtějším řešením, protože se ukazuje, že mohou nabídnout mnohem vyšší výpočetní výkon z mnohem menšího „objemu“. Tím myslím, že celý kvantový počítač i s chlazením a řídicí elektronikou zabere asi tolik jako obývací pokoj v bytě. A spotřebuje asi tolik, jako několik rodinných domů v zimě, tedy nižší desítky kilowatt. Pokud tedy dnešní velká superpočítačová centra spotřebovávají běžně desítky megawatt, kvantové počítače už brzy nabídnou stejný výpočetní výkon při spotřebě tisíckrát menší. Úplně přímočaré to sice nebude, ale cesta k ekologičtějším a energeticky méně náročným výpočtům to je. I když je otázka vhodných kvantových algoritmů stále otevřená, kvantové strojové učení a neuronové sítě s kvanto-

vými vrstvami, které mají lepší výsledky než klasické neuronové sítě, jsou už poměrně dobře etablovaným oborem, jenž se velmi dynamicky rozvíjí. Určitě bych chtěl na tomto místě čtenáře a čtenářky vybičnout, aby se na revoluční změně, kterou kvantové počítače už brzy přinesou, začali podílet.

■ JŽ: Na začátku jsme mluvili o tom, co pro vás znamená pojem kvantový počítač. Mohl byste na závěr shrnout, jak podle vás mohou kvantové počítače v budoucnu ovlivnit svět a zřejmě i lidstvo? Mohlo by to být i tak, jak se říká, že „nic už nebude tak jako dřív“?

MF: Věřím tomu, že nic už nebude jako dřív. Snad to nebude znít jako vyhýbání se odpovědi, ale uvedl bych přírovnání. Představte si, že bychom vedli tento rozhovor v polovině 70. let minulého století a mluvili bychom o klasických počítačích, do kterých se tehdy vkládaly děrné štítky. Byly to obrovské, nepřilíš rychlé stroje a otázka by zněla, zda tato komplikovaná monstra mohou nějak změnit v příštích 50 letech svět. Odpověď známe, protože ji teď prožíváme. Od tehdejších představ z vědecko-fantastických filmů, že hrdinové budou používat videotelefony, je dnešní online videokomunikace zcela běžná, celý svět se stal pomyslnou telefonní budkou, díky internetu máme na dosah takové množství vědění, že si ho ani nedokážeme představit, do banky už skoro nechodíme a klasický fyzický svět, jak byl běžný v 70. letech, se nazývá „off-



Obr. 16 Při popularizaci kvantových počítačů v rámci Noci vědců v září 2025 využili M. Friák a jeho student Bc. Vojtěch Vašina (VUT) také počítačový simulátor tzv. Schrödingerovy kočky, která je po otevření virtuální truhly nalezena uvnitř buď živá, nebo mrtvá. Vzhledem k tomu, že byly mezi návštěvníky i děti školkou povinné, které variantu s nalezením mrtvé (i když jen virtuální) kočky snášely často poměrně špatně, byla původně stejná pravděpodobnost nalezení obou výsledků silně upravena ve prospěch nalezení kočky živé, viz zaznamenanou statistiku, což množství dětských úsměvů značně zvýšilo. V. Vašina je na snímku zcela vpravo.

Mgr. Martin Friák, Ph.D., se narodil v Brně v roce 1974, je absolventem Přírodovědecké fakulty Masarykovy univerzity (konkrétně odborné fyziky se specializací na pevné látky), a to jak v případě magisterského studia (Mgr. 1998), tak doktorského studia (Ph.D. 2002). V letech 1998–2002 působil také jako pomocná vědecká síla v Ústavu fyziky materiálů AV ČR v Brně pod vedením profesora Mojžíry Šoba. Po studiích působil v letech 2002–2005 jako postdoktorand v teoretickém oddělení profesora Matthiase Schefflera v Ústavu Fritze Habera Společnosti Maxe Plancka v Berlíně. Od května 2005 do září 2013 vedl svou vlastní skupinu v rámci oddělení nazvaného *Počítači podpořené vývoj materiálů* profesora Jörga Neugebauera v Ústavu Maxe Plancka pro výzkum ocelí v Düsseldorfu (nyní je tento ústav přejmenován na Ústav Maxe Plancka pro udržitelné materiály). V říjnu 2013 se vrátil do Ústavu fyziky materiálů (ÚFM) AV ČR v Brně za podpory Akademie věd ve formě Stipendia Jana Evangelisty Purkyně (2013–2018). Od ledna 2015 působí v ÚFM AV ČR jako vedoucí Skupiny elektrických a magnetických vlastností. Učí na Masarykově univerzitě a Vysokém učení technickém v Brně. Od roku 2021 je předsedou Rady uživatelů superpočítačového centra IT4Innovations v Ostravě, od listopadu 2022 je členem Správní rady (*Board of Trustees*) britské nadační organizace *Psi-k Network*, která si klade za cíl mezinárodní podporu výpočtů elektronové struktury materiálů, od roku 2025 je koordinátorem kvantového počítání v Akademii věd v rámci Kvantového inovačního centra a momentálně je i členem Rady instituce ÚFM AV ČR.

Ve své práci se věnuje teorií vedenému vývoji materiálů, často magnetických, kdy se výzkum většinou opírá o kvantověmechanické výpočty. V roce 2023 ocenila Akademie věd jeho práci Akademickou premií (*Praemium Academiae*), v jejímž rámci se v letech 2024–2029 věnuje zavádění nástrojů umělé inteligence a výpočtů na kvantových počítačích do svého výzkumu. Na vývoji kvantových algoritmů spolupracuje s vědci a vědkyněmi z MIT, CALTECH a Národní laboratoře v Los Alamos v USA a Univerzity v Cambridgi ve Velké Británii. Kvantové počítače také velmi aktivně popularizuje (Veletrh vědy 2024 a 2025, AFO 2025 a další). Ve volném čase rád běhá v lesích v okolí vesnice na okraji Moravského krasu, kde žije s manželkou Martinou a dvěma dětmi (Tobiaselem Alexem a Emmou Sophií).



Foto: Jana Plavec, Akademie věd ČR

-line“, tedy něco, co je definováno až druhotně jako protiklad k online světu, který se jeví jako prvotní. A teď si zkusme představit, že stejnou změnu přinesou v příštích desetiletích kvantové počítače. Je možné, že nezasáhnou všechny oblasti našeho života tak moc, jak normální výpočetní technika zasahuje teď nás, ale i tak to bude podobná změna. A nebude trvat padesát let, ale spíš tak dvacet. A my se na té změně můžeme podílet.

■ JŽ: Děkuji vám za rozhovor.

Poděkování

Tento článek vznikl díky podpoře poskytované Akademií věd České republiky, konkrétně prostřednictvím ceny *Praemium Academiae* a iniciativě Strategie AV21 AI: *Umělá inteligence pro vědu a společnost*, dále projektu LUC25028 Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy ČR a dále také podpoře společnosti IBM prostřednictvím infrastruktury IBM Quantum Platform a Kvantového inovačního centra (QIC-Czech).