

# Teorie kvantového vědomí aneb o tom, jak vědci (ne)potvrdili duši

Publikováno v [Člověk, Filozofie](#) Od: [David Lacko](#) Dne: Duben 18, 2016

Přemýšleli jste někdy nad tím, co je to vlastně vědomí? Co nás dělá námi? Nebo jste někde četli, že vědci potvrdili duši a existenci posmrtného života a zajímá vás, co je na tom pravdy?

Těchto otázek se přímo i nepřímo dotýká teorie kvantového vědomí, kterou se pokusím popsat. Abychom ji ale alespoň trochu pochopili, musíme začít někde jinde. U kvantové fyziky.

## Tajuplný svět kvantové fyziky

Na konci 19. století se dostala klasická fyzika popisující chování objektů každodenního života do potíží. Newtonovy rovnice přestávaly fungovat, když se aplikovaly na malé částice či na vesmírné vzdálenosti. Začátkem 20. století proto vznikly dvě fyzikální teorie, které se snažily tyto potíže vyřešit – *obecná teorie relativity* popisující makrosvět a *kvantová teorie* popisující mikrosvět. Obecná teorie relativity je de facto teorií jednoho muže – Alberta Einsteina. U zrodu kvantové fyziky naopak stojí velké množství fyziků. Mezi ty nejvýznamnější patří Max Planck, Wolfgang Pauli, Albert Einstein, Niels Bohr, Werner Heisenberg a Erwin Schrödinger. Dnes fyzici usilují o *Teorii všeho (Theory of Everything, TOE)*, tedy o teorii, která dokáže zkombinovat obecnou relativitu a kvantovou fyziku. Což se jim prozatím příliš nedaří.

V následující kapitole se pokusím stručně nastínit základní postuláty kvantové fyziky a objasnit pojmy, se kterými operuje teorie kvantového vědomí. Není v možnostech této práce [1] zahrnout do této kapitoly matematické důkazy, složité elaboráty jednotlivých kvantových jevů či popisy konkrétních experimentů – kvůli přehlednosti se navíc dopouštím velkých zjednodušení. Čtenářům zdatným v matematice a fyzice proto doporučuji publikace Jiřího Formánka (2004) a Lubomíra Skály (2005). Vášnivým pejskařům a čtenářům, kterým se ještě stále dělá nevolno jen při pouhém přečtení termínu fyzika, doporučuji velmi srozumitelnou publikaci *Jak naučit svého psa fyziku* (Orzel, 2011). V následující kapitole jsem kromě výše zmíněných publikací vycházel také ze středoškolských (Štoll, 2010) a vysokoškolských (Kulhánek, 2001; 2015) učebních materiálů.

Vraťme se na chvíli na začátek. Proč jsem nazval kvantovou fyziku tajuplnou?

Protože se vymyká lidskému chápání. Na úrovni mikrokosmu, tedy na úrovni elementárních částic mnohdy menších než jednotlivé atomy, se totiž částice chovají jinak než v našem běžném životě. Zatímco u obecné teorie relativity je v našich možnostech představit si, že neexistuje gravitační síla, a že je gravitace způsobována zakřivením

časoprostoru, kvantové jevy jsou nedeterministické, neurčité, pravděpodobnostní a nelokální. Navíc jsou ještě nekomutativní a dá se říci, že zatímco v klasické fyzice platí  $AB = BA$ , v kvantové fyzice platí  $AB \neq BA$ . Tyto jevy nemají v našem běžném životě analogii. Tato nepochopitelnost také způsobuje mnohé mystifikace, o kterých píše v kapitole *Jak je to s tou duší?*

Tedy však ke kvantové fyzice samotné. První důležitým pojmem je *kvantum*, což je Planckův pojem pro nejmenší možnou hodnotu kterékoli fyzikální veličiny.

V mikrosvětě dále pozorujeme tzv. *korpuskulárně-vlnový dualismus*, podle kterého mají částice v mikrosvětě jak částicové, tak vlnové vlastnosti. Např. světlo se může chovat jako částice (foton) i jako vlna.

U kvantových jevů se objevuje *interference*. Interference popisuje situaci, kdy se střetnou dvě kvantované částice s vlnovými vlastnostmi. Když se střetnou dvě maxima vlnění s podobnou frekvencí, vlnění se znásobí, když se střetne maxima s minimem, vlnění se vyruší.

Aby těch podivností nebylo málo, v mikrosvětě se projeví také *relace neurčitosti*, někdy označovaná jako *Heisenbergův princip neurčitosti*. Její podstata spočívá v tom, že nemůžeme současně naměřit komplementární vlastnosti částic. Nejznámější relací je *relace hybnost-poloha* – pokud zpřesňujeme měření polohy, znepřesňuje (de facto znemožňuje) se měření hybnosti, a naopak.

Mezi další relace neurčitosti patří *relace čas-energie*, podle které nemůžeme nikdy znát zároveň čas, kdy byla částice měřena a její energii. Problém relací neurčitosti souvisí s *problémem měření*, který bývá interpretován tak, že samotným měřením měníme realitu. Situace je ale ještě podivnější.

Bylo zjištěno, že částice se před měřením nachází ve stavu tzv. *superpozice*.

Superpozice je stav částice, ve kterém se najednou nachází ve všech možných stavech a pozicích. Problém měření tedy není způsoben tím, že bychom nedokonale měřili, ale je to de facto problém reality. Tato zvláštní skutečnost byla prokázána pomocí slavného *dvojšterbinového experimentu*.

V kvantové fyzice logicky není popsán stav částic hybností a polohou (jak je tomu v klasické fyzice), ale tzv. *vlnovou funkcí*. Každý objekt ve vesmíru oplývá vlastní vlnovou funkcí. Pomocí druhé mocniny z vlnové funkce dokážeme vypočítat pravděpodobnost, že se částice nachází v konkrétním stavu. Zde vidíme další rozdíl mezi klasickou a kvantovou fyzikou. Klasická fyzika je deterministická, kvantová fyzika je pravděpodobnostní (jak dnes většina vědců přijímá). Podstata reality mikrokosmu je tedy ze značné náhodná.

Co se ale stane s částicí v superpozici, když ji změříme?

Jednoduše řečeno, donutíme ji vybrat si pouze jeden stav či pozici. Co to pro nás znamená? To je vesměs filosofický problém interpretace, který dnes většina fyziků neřeší. My se však na interpretaci kvantové fyziky krátce podíváme.

Nejznámější interpretací je *Kodaňská interpretace*, kterou vytvořil N. Bohr. Je to radikální interpretace, která striktně rozlišuje mikrokosmos a makrokosmos. Měřením, dle ní, utváříme realitu, která je do té doby neurčitá. Tím, že částice změříme (a způsobíme střet mikrokosmu a makrokosmu), způsobíme *kolaps vlnové funkce*. Během kolapsu se nezachovává původní informace a nejsme schopni ji nikterak zjistit. Později vědci zjistili, že existuje i tzv. *dekoherence* a realita tedy není úplně taková, jak si představoval Bohr, neboť kolaps vlnové funkce nezpůsobuje pouze vědomý pozorovatel se svým měřením, ale také obyčejná interakce s okolím. Dekoherence vede k tomu, že se částice začne chovat jako v klasické fyzice.

Existují ale i jiné interpretace této změny vlnové funkce. Jednou z nejznámějších je *mnoha-světová interpretace* Hughha Everetta, podle které při měření nenastává kolaps vlnové funkce, ale vytvoří se paralelní reality, ve kterých existují všechny možné stavy a pozice částic. Tyto částice už spolu nemohou nikterak interagovat. Interpretací kvantové fyziky existuje nespočet a některé z nich jsou ještě šílenější než ta Everettova. Kvantová fyzika je nicméně šílená sama o sobě. Svědčí o tom poslední čtyři pojmy, které si pokusíme objasnit – virtuální částice, kvantové tunelování, kvantové provázání a kvantová teleportace.

*Virtuální částice* je částice, která se objeví a zmizí příliš rychle, takže nemůže být změřena. Vyskytují se v párech *částice-antičástice*, a proto okamžitě *anihilují*. Výjimkou je *Hawkingovo záření*, kdy je jedna z částic vtažena do černé díry a druhá částice se tak stává částicí reálnou. Virtuální částice vznikají v podstatě neustále a to díky *nulovým kmitům* – částice díky vlnovým vlastnostem nejsou nikdy v klidu a vždy vydávají alespoň minimální kmity.

*Kvantové tunelování* popisuje pojem, kdy částice proletí překážkou bez sebemenší ztráty energie. Toto je způsobeno čistě tím, že kvantová fyzika je pravděpodobností – existuje totiž malá šance, že se tak stane a při dostatečně velkém počtu pokusů se tak také děje.

*Kvantové provázání* popisuje situaci, kdy změřením jedné částice ovlivníme částici druhou, nehledě na to, jak je od nás daleko. Způsobuje to nelokálnost kvantové fyziky. Představte si dva elektrony, které jsou blízko sebe a jsou tudíž provázané. Teď je od sebe oddělíte. Změříte jeden elektron (tím, že ho změříte, zjistíte jeho *spin*) a tím změníte i spin druhého elektronu (spin je opačný). Tato změna je okamžitá (a je tudíž rychlejší než světlo). Naneštěstí pomocí provázání nemůžeme přenášet žádné informace, neboť nedokážeme určit hodnotu spinu předtím, než ho změříme.

*Kvantová teleportace* není teleportace v takovém smyslu, v jakém jí vídáme ve sci-fi filmech. Kvantová teleportace pomocí kvantového provázání částici duplikuje (resp. její stav). Původní částice tedy zůstává zachována na původním místě.

Vypadá to tedy, že realita, když si na ni pořádně posvítíme, je poněkud bizarní a vzpírá se zdravému rozumu. Jestliže právě kroutíte hlavou a neumíte pochopit, jak je toto všechno vlastně možné, nezoufejte. Jeden z nejvýznamnějších fyziků minulého století Richard Feynmann (2001, str. 141) řekl, že „*kvantové fyzice nerozumí nikdo.*“

## Ještě záhadnější vědomí

Pokud se vám předchozí kapitola zdála záhadná, mám pro vás špatnou zprávu – vědomí je ještě záhadnější. Zatímco o mikrosvětě toho víme již relativně hodně, o vědomí nevíme skoro nic. A přitom je vědomí ve filosofii stejně tak klíčový pojem, jako třeba smysl života.

Mnoho filosofů se snažilo problematiku vědomí vyřešit. Dnes se k tématu vědomí vyjadřují kromě filosofů také psychologové, biologové, neurovědci, kognitivní vědci, informatici a – jak uvidíme v dalších kapitolách – také matematici a fyzici. Tato interdisciplinární komunikace však nefunguje příliš dobře a způsobuje mnohá nedorozumění (Koukolík, 2013).

Co to tedy vědomí je?

Definovat vědomí je obrovský problém. Poprvé tento pojem užil John Locke jako „*percepci toho, co projde lidskou myslí*“ (The Editors of Encyclopædia Britannica, 2015).

Obecně můžeme říci, že vědomí je „*obsah myslí, který si člověk dokáže vybavit, (...) zahrnuje subjektivní jevy, od vnímání prostého podnětu až ke složitým poznávacím procesům, na nichž se podílejí psychodynamické činitele, jako je motivace, vliv předchozí zkušenosti a momentální stav*“ (Hartl & Hartlová, 2010, str. 656).

Zlí jazykové pak tvrdí, že „*vědomí je fascinující, ale prchavý jev, je nemožné určit, čím je, co dělá a proč vzniklo. Nebylo o něm napsáno nic, co by stálo za čtení*“ (Sutherland, 1995; cit. dle Kulišťák, 2001, str. 243).

V této práci se budu zabývat právě tímto mystickým „vyšším“ vědomím, které můžeme nazvat vědomím o vědomí (v angličtině se užívá pojmů *awareness*, *consciousness*, příp. *mind*, Koukolík, 2002). Někteří tento fenomén nazývají osobností, jástvím či dokonce duší. Nejlépe tento fenomén charakterizuje věta: „*Já jsem si vědom sám sebe*“. Vyšším vědomím tedy nemám na mysli vědomí ve smyslu pozornosti či bdělosti (srov. Koukolík, 2002), nicméně toto „nižší“ vědomí je nutné k vyššímu vědomí, neboť bez něj by vyšší vědomí neexistovalo (Koukolík, 2013).

Když jsem napsal, že o vědomí nevíme skoro nic, nepřeháněl jsem. Odborníci se neshodnou ani na samotné definici vědomí, netuší, jak a kde vzniká a ani jak funguje. Mnozí odborníci si dokonce myslí, že vědomí vůbec neexistuje (Kulišťák, 2011). Navíc dokážeme vědomí zkoumat především pomocí zkoumání poruch vědomí (jako je např. *neglect*, *prozopagnozie* či *cerebrální achromatopsie*, Koukolík, 2002), případně pomocí projevů vědomí (Vašina, nedatováno) a nikoliv přímo.

Většina odborníků se však shodne v jedné věci. Vědomí, ať je to cokoliv, je vázáno na naše tělo, konkrétně na *centrální nervovou soustavu (CNS)* a bez ní, tedy bez materiálního těla, nemůže existovat (Koukolík, 2002; 2013, Kulišťák, 2011; Vašina, 2010). Tento problém více rozeberu v kapitole *Problém tělo-mysl aneb fyzikální teorie vědomí*. Vědomí pravděpodobně vzniklo evolucí CNS (Kulišťák, 2011) a vytváří se přibližně ve třech a půl letech dítěte, přičemž se nadále vyvíjí (Koukolík, 2013).

Lidský mozek je úžasná věc s obrovským množstvím neuronů a synapsí a lze ho považovat za nejsložitější systém ve známém vesmíru (Koukolík, 2013). Není proto divu, že v dnešním vědeckém mainstreamu převládá představa, že základním *neurálním korelátům vědomí (NCC)* je mozek, konkrétně aktivita neuronů a jejich spojů.

Neurobiologové se domnívají, že na vědomí má vliv *ARAS (vzestupný retikulární aktivační systém)*, který je součástí *retikulární formace* (Kulišťák, 2011). Tento systém se nachází v rostrálním tegmentu, talamu a v mozkové kůře a je nezbytný pro bdělost, *aurosal* a uvědomování. Abnormality tohoto systému se objevují při poruchách vědomí.

Odborníci také předpokládají, že vědomí je generováno tzv. *implicitním (defaultním) systémem* (Koukolík, 2013). Implicitní systém je aktivní ve chvílích, kdy jsme pouze sami se sebou, nepřijímáme žádné výrazné podněty z okolí a nevěnujeme se žádným jiným činnostem. Je to neuronová aktivita, která se vyskytuje především ve vnitřní části prefrontální kůry, zejm. předních částí čelních laloků mozku a zadní část gyrus cinguli. Součástí systému jsou také korové oblasti, které mají vztah k paměti (především k autobiografické a dlouhodobé paměti). Kromě paměti je implicitní systém propojen také s představami o budoucnosti a morálními rozhodnutími. Tento systém není uzavřený, ale je fluidní a jeho aktivita se přesouvá skrze celý mozek. Při jiných aktivitách pak neuronová aktivita tohoto systému klesá a přesouvá se do konkrétních mozkových center (např. při řeči se přesouvá do řečových oblastí). Neuronová aktivita klesá také při spánku. Při celkové anestezii se implicitní systém rozdělí a přestává vzájemně komunikovat. Implicitní systém je také značně ovlivněn *plasticitou mozku* (Koukolík, 2013).

## **Teorie vědomí**

V předchozí kapitole jsem se pokusil definovat „vyšší“ vědomí a představil jsem neurální korelát vědomí (NCC) z hlediska neurobiologie. Kromě výše zmíněných obecných systémů existuje také několik teorií vědomí. Krátce se s nimi seznámíme.

Nejznámější z nich je kognitivní *teorie globálního pracovního prostoru*, která předkládá osm testovatelných hypotéz vědomí. Pro snadnější představivost jsou tyto hypotézy převedeny na metafory o divadle (Baars, 1998; názvy převzaty z Koukolík, 2002). Každá metafora má své vlastní falzifikovatelné hypotézy zakládající se na struktuře a funkci mozku. Pro jednoduchost pouze popíšu, jak na vědomí která metafora nahlíží:

- *Vědomí jako jeviště*: Existuje pouze jedno univerzální vědomí.
- *Vědomí jako větší počet jevišť*: Vědomí je rozděleno do subsystémů (zrakové, sluchové, čichové, apod.). Mezi jednotlivými subsystémy přepíná reflektor (pozornost).
- *Vědomí ve vztahu k vnitřní řeči, představivosti a pracovní paměti*: Vědomí není aktivizováno jenom vnějšími podněty, ale i těmi vnitřními, jako je třeba vnitřní řeč.
- *Vědomí ve vztahu k orientované pozornosti*: Obsahy vědomí vyhledává zaměřená pozornost.

- *Vědomí jako vztah diváků a posluchačů*: Vědomí je nutné pro přístup do epizodické paměti, k lexikonu přirozeného jazyka, k automatickým rutinním pohybům a do emoční paměti.
- *Vědomí jako vysílání volených obsahů: oslovení posluchačů a diváků*: Hypotéza popisuje, jak se vědomí šíří mozkiem. Popis je složitý, zájemcům doporučuji podívat se do článku B. Baarse (1998).
- *Nevědomé systémy, jejichž činnost utváří vědomé události, neboli vědomí jako vztah zákulisí a jeviště*: Vědomí ovlivňuje mnoho neuvědomovaných aspektů.
- *Vědomí jako vztah režiséra a výkonnostních systémů*: Zabývá se vztahem vědomí a hemisfér (konkrétně tzv. *split-brain*, poukazuje na zajímavé výzkumy Michaela Gazzaniga (viz Gazzaniga, 2009) s pacienty s rozděleným hemisféry pomocí *corpus callosum*).

S Bernardem Baarsem nesouhlasil Daniel Dennet (2004), který vytvořil *teorii více dimenzí mysli*. Podle této teorie zpracováváme více informací najednou paralelně a vědomí je tvořeno nikoliv jedním divadlem (byť s více jevišti), ale rovnou několika divadly. Dále se uvažuje také o tom, že vědomí je složeno z několika subsystémů, jako je zrakové či sluchové vědomí. Nejpropracovanější je v této oblasti *Circkův a Kochův model zrakového vědomí* (viz Koukolík, 2002). Mezi další zajímavé teorie můžeme zařadit také *hypotézu dynamického jádra*, kterou rozpracovali Edelman a Tononi (viz Koukolík, 2002).

K teoriím vědomí se řadí i poměrně nová *teorie mysli (theory of mind)*, která vychází z toho, že mysl nelze být přímo pozorovatelná, a může být tedy měřená pouze nepřímou. Tím se myslí schopnost lidí přisuzovat ostatním lidem mentální stavy a „číst“ jejich mysl. Jde o uvědomění si toho, že i druzí lidé mají vědomí (Mahya, Mosesa, Pfeifera, 2014). Z výše napsaného vyplývá, že doopravdy nemáme jasnou představu, co to všechno vědomí je, a jak bychom jej měli zkoumat. Rád bych zde zmínil slova Petra Kulišťáka (2011, str. 260), který napsal, že „*vědomí zůstane nejspíše ještě dlouhou dobu oblastí, v níž bude možné balancovat na hraně reálna a fantazie.*“ Nemohu s ním nesouhlasit. Pokud jste ještě více zmatení, než na začátku, nezačínajte. To nejpodivnější teprve přijde.

### **Problém tělo-mysl aneb fyzikální teorie vědomí**

Problémem vztahu těla a mysli se zabývala filosofie *dualismu a monismu*. Dualisté věřili, že mysl a tělo jsou dvě rozdílné substance, které jsou na sobě nezávislé. Monisté se naopak domnívali, že existuje pouze jedna substance, která nelze být rozdělena. Složitější rozbor filosofie mysli není v možnostech této práce, proto přejdeme rovnou dále.

Vztahem těla a mysli se zabývali také mnozí psychologové, zejména Carl G. Jung společně s fyzikem Wolfgangem Paulim (Stríženec, 2011). Mezi další významné odborníky zabývající se vědomím patří Bernard Baars, David Chalmers (autor tzv. *tvrdého problému vědomí*), Paul Churchlandovi, Daniel Dennet, Francis Crick, Benjamin Libet a John Searle (dle Koukolík, 2002).

S rozvojem kvantové fyziky, která popisuje realitu přesněji, než klasická fyzika, se rozšířily i snahy aplikovat kvantovou fyziku na objasnění některých biologických a

psychologických jevů. V biologii se třeba dneska již běžně pracuje s *hypotézou kvantového výlevu neurotransmitteru*, kterou vytvořil Fatt a Katz (Nicholls, Martin, Wallace & Fuchs, 2013). Tato hypotéza se však nesnaží vysvětlit vědomí.

Kvantovou fyziku k pochopení lidské psyché se snaží využít také nově vznikající obor *kvantová psychologie*. Tento obor však prozatím nelze označit za vědecký, někteří optimističtí autoři (např. Stríženec, 2011) jej označují za protovědu. U nás je tento směr reprezentován webem [kvantovapsychologie.cz](http://kvantovapsychologie.cz), o němž se však domnívám, že je krajně nedůvěryhodný.[2]

Jelikož je kvantová fyzika doménou především fyziků a matematiků, není divu, že se tito lidé snažili vysvětlit podstatu vědomí pomocí nových objevů kvantové fyziky. Od vzniku kvantové fyziky bylo vytvořeno velké množství teorií kvantového vědomí (srov. Atmanspacher, 2004; Vannini, 2007). Mezi první takové modely patří model Alfreda Lotky z roku 1924 (model *Planck's constant and the objective and subjective consciousness*; Vannini, 2007). V průběhu času tak vzniklo více než 20 modelů kvantového vědomí.[3] Za zmínku stojí určitě kvantová teorie vědomí nositele Nobelovy ceny Johna Ecclese, kterou vytvořil společně s fyzikem Friedrichem Beckem (1992). Podle nich se kvantový fenomén vědomí vyskytuje při biologickém jevu *exocytóze*, během které se vytváří kvantové tunelování.

U nás zastává teorii kvantového vědomí docent Psychologického Ústavu Masarykovy univerzity Lubomír Vašina (2010; nedatováno), který mluví o *c-kvantovém fenoménu*. Dle něj (nedatováno) musíme pro pochopení vědomí radikálně změnit přístup celého vědeckého výzkumu mozku. Tvrdí, že psychický fenomén je specifický (sebe si uvědomující) kvantový fenomén na makroskopické úrovni a pokud jej chceme pochopit, musíme začít o vědomí uvažovat nikoliv jako o produktu neuronů a jejich spojů, ale jako o projevu mikrosvěta v našem mozku. Argumentuje tím, že je zásadní rozdíl mezi psychickým fenoménem a neurobiologickým fenoménem (což většina neurobiologů nebere v potaz) a jevem *split-brain*, kdy u pacientů s rozdělenými hemisférami nevzniknou dvě vědomí, ale zůstává zachováno jedno vědomí.

### **Hypotéza Orch-OR aneb teorie kvantového vědomí**

Nejpropracovanější a nejznámější teorií, které je také věnována velká mediální pozornost, je bezesporu *hypotéza Orch-OR*. Vytvořily ji dvě světové kapacity svého oboru – matematik, fyzik, držitel *Wolfovy ceny* a *Medaile Alberta Einsteina*, učitel a dlouholetý spolupracovník Stephena Hawkinga, sir Roger Penrose a anesteziolog Stuart Hameroff, který společně s Davidem Chalmersem a Danielem Dennetem založil světoznámou konferenci *Toward a Science of Consciousness*. Můžeme tedy říci, že se nejedná o lidi, kteří by netušili, co to je *logika vědeckého badání* a jak funguje.

Penrose i Hameroff vytvářeli své teorie nezávisle na sobě. Penrose modifikoval kvantovou fyziku, kterou se mu, dle něj, podařilo skloubit s obecnou teorií relativity, a vytvořil tak kvantový fenomén, který by mohl být podkladem pro vědomí, a Hameroff zkoumal mikrotubuly, u kterých nabyl přesvědčení, že takový kvantový fenomén mohou nést (Hameroff, 2014).

Penrose (1999) se domnívá, že lidské vědomí není komputační (výpočetní), neboť lidé chápou *Gödelovy věty o neúplnosti* a tedy lidský mozek nefunguje jako klasický počítač (který věty o neúplnosti nechápe), nýbrž jako kvantový počítač. Kvantová fyzika by dle něj mohla pomocí nelokálnosti a kvantové koherence vysvětlit, jak spolupracují různé oblasti mozku.

Ve své teorii jde ale dále a rozšiřuje kvantovou fyziku o nový pojem – *objektivní kolaps vlnové funkce-OR*, který se projevuje stejně jako klasický kolaps vlnové funkce, ale není způsoben dekoherencí či měřením. Může k němu dojít i spontánně v izolovaném systému. Tento předpoklad je odvážný a není dostatečně rozvinutý (Atmanspacher, 2004). Navíc tvrdí, že gravitace hraje roli i v kvantové fyzice, a to tak, že každá částice vytváří vlastní ohyb časoprostoru. Kvant ohýbá časoprostor i tehdy, když je v superpozici (a vytváří tak několik gravitační potenciálních ohybů). Tento časoprostorový gravitační ohyb je dle něj nutné brát v potaz (což většina fyziků nedělá).

Hameroff (2014) se naproti tomu zaměřil na lidský mozek. Jako anesteziolog měl k problematice vědomí blízko a všiml si, že mikrotubuly (někdy též neurotubuly) by mohly být tím kvantovým počítačem, který by nesl kvantový fenomén – podobně jako třeba supravodič (Penrose, 1999). Mikrotubuly „jsou četné dlouhé, trubicovité útvary v nervových buňkách, probíhající nejen v perikaryu, ale i ve výběžcích, jak v dendritech, tak v neuritu. Mají průměr 20-25 nm, odpovídají mikrotubulům vyskytujícím se v buňkách jiných tkání. (...) Stěny mikrotubulů jsou tvořeny bílkovinou – tubulinem (tubulin alfa a beta), na průřezu tubulem je uvnitř elektrondensní obsah. Mikrotubuly se vyskytují ve skupinách, v nichž si však zachovávají typický vzájemný odstup, způsobený přítomností průhledného, k tubulu přidruženého pláště proteinů s vysokou molekulovou hmotností. Na mikrotubulech se pravidelně vyskytují i odbočky k sousedním mikrotubulům. Celému komplexu mikrotubulů se přisuzuje význam při pohybu látek v cytoplasmě, současně jsou to důležité dynamické stavební složky cytoskeletu“ (Čihák, 2001, str. 4-215).

Mikrotubuly jsou de facto bílkovinné polymery skládající se z dimerů tubulinu, které údajně oplývají potřebnými vlastnostmi pro kvantový fenomén, jako je dipól, elektrický moment atd. (Penrose, 1999), a které spolu vzájemně komunikují pomocí *MAPs – microtubules associated proteins* (Hameroff & Penrose, 2014a). V jednom neuronu je podle Hameroffa přibližně 100 mikrotubulů, což je dostačující počet k tomu, aby nesly kvantový fenomén – čím více tubulinů, tím větší a stabilnější je kvantový jev (Penrose & Hameroff, 1996). Argumentují tím, že řada výzkumů poukazuje na souvislost cytoskeletu s kognitivními funkcemi, a že byla prokázána souvislost mezi mikrotubulárními dysfunkcemi a Alzheimerovou chorobou (Vašina, nedatováno; Hameroff & Penrose, 2014a).

V roce 1992 (Hameroff, 2014) začali oba vědci vzájemně spolupracovat a rozvinuli svou teorii kvantového vědomí. Výsledky svých výzkumů pravidelně zveřejňují na svém webu [quantumconsciousness.org](http://quantumconsciousness.org) (pro přehled doporučuji Hameroff & Penrose, 1996; 2014a).

Společně (1996; 2014a) popisují *orchestrální objektivní kolaps vlnové funkce* – Orch-OR, který je v podstatě objektivním kolapsem vlnové funkce, jenž nastal v mikrotubulech a způsobil tak naše vědomí. Kvantový jev musí vydržet dostatečně dlouho (nesmí tedy nastat brzká dekoherence či kolaps vlnové funkce), aby se dokázal rozšířit do dalších částí mozku – šíření probíhá pomocí *gap junctions* (spojení dvou buněk pomocí membránových kanálků) a kvantového tunelování (Penrose, 1999; Hameroff & Penrose, 2014a). Tento kolaps pak vytváří vědomý prožitek, zážitek nyní, proud vědomí a plynutí času, neboli flow (Hameroff & Penrose, 1996). Jev také vysvětluje, proč je lidská mysl nekomputační (Penrose, 1999).

### **Jak je to s tou duší?**

Kvantová fyzika je díky své nepochopitelnosti a tajuplnosti často iracionálně zneužívána (Orzel, 2011). Kromě nastavení našich mozků, které nedokážou mnohé skutečnosti pochopit, za to může nejspíš také postmoderní relativismus západní společnosti (viz Jelínek, 1999). V podstatě všechny dezinterpretace jsou založeny na aplikování mikrokosmických jevů na makrokosmické objekty, kde se však kvantový jev neprojevuje. Mezi nejznámější zneužití kvantové fyziky patří přísliby *energie zadarmo*, které vycházejí z dezinterpretace principu volných částic, dále *kvantové uzdravování*, které dezinterpretuje problém měření a tvrdí, že když se změříme (speciálním a drahým přístrojem) jako zdraví, zdravými také budeme a *dezinterpretace kvantového provázání*, pomocí kterého šarlatáni zkouší léčit své pacienty na dálku, vysvětlují tím funkci homeopatik a někteří duchovní tak „dokazují“ jakési vzájemné provázání všech lidí a vesmíru (Orzel, 2011).

Možná jste četli článek, který začínal „*Vědci potvrdili existenci duše*“, příp. „*Vědci potvrdili posmrtný život*.“ Pomineme-li, že z podstaty *logiky vědeckého bádání* nelze žádnou skutečnost potvrdit, tak tenhle typ článku se téměř vždy odkazuje právě na Orch-OR hypotézu, která žádnou duši ani posmrtný život nikterak nepotvrdila. Rád bych napsal, že novinové titulky píšou jen další fanatici, kteří si teorii kvantového vědomí vysvětlují po svém. Bohužel tomu tak není. Penrose i Hameroff poskytují esoterikům a příznivcům New Age příliš velký prostor.

Ačkoliv je Penrose ateista a striktně odmítá jakékoliv spirituální výklady své teorie (Hameroff, 2016), ve svých publikacích uvažuje o tzv. *skrytých parametrech*, které se snaží překonat pravděpodobností výklad kvantové fyziky (Skála, 2005). Uvažování o skrytých parametrech je u fyziků běžné, dokonce i A. Einstein nedokázal přijmout neurčitost kvantové fyziky a tvrdil, že „*Bůh nehraje kostky*.“ S největší pravděpodobností se mýlil. Domnívám se, že je to způsobeno vlastnostmi naší psyché, které nás predikují k nepřijetí neurčitosti a náhody a nutí nás, abychom dávali věcem a jevům smysl, i když tento smysl mít nemusí.

Penrose (1999) tvrdí, že objektivní kolaps vlnové funkce vytváří *proto-vědomí*, které je přítomno všude ve vesmíru a je vzájemně propojené. Toto proto-vědomí přirovnává k *Třetímu světu* Karla Poppera a k Platónovu *Světu idejí*. Pozorným čtenářům se určitě vybaví podobnost s Jungovým *kolektivním nevědomím*. Skrytý parametr je dle něj vepsán v každé struktuře ve vesmíru. Tento parametr je pro nás nepochopitelný,

nicméně je to jakýsi algoritmus, který určuje předem, jaký stav částice v superpozici po kolapsu vlnové funkce zaujme. Tento parametr nazývá *Universem, Přírodou* (Penrose, 1999), ale i *matematickou pravdou, Krásou a etickou hodnotou* či *hudbou vesmíru* (Hameroff, 2016). Aby toho nebylo málo, tak Penrose (1999) se domnívá, že náš vesmír není první, ale že je jen jeden v řadě (nejspíš v etapě *velký třesk-velký krach*), a předpokládá zajímavou filosofickou myšlenku, že proto-vědomí je schopno velký třesk přežít a postupně se vyvíjet (Hameroff & Penrose, 2014a). Tento přístup v podstatě znovu (a dle mne zbytečně) oživuje filosofický problém *antropického principu* a nápadně odkazuje k filosofii *panpsychismu*.

Ezoterikům a příznivcům New Age jde na ruku ještě více Hameroff (2014; 2016), který věří v sekulární spiritualismus. Podle něj je možné, že jsou všichni lidé vzájemně propojeni díky kvantové provázanosti, neboť při raných fázích vesmíru byly všechny částice velmi blízko sebe a jsou tudíž propojené (což, jak už víme, takto nefunguje). Dále věří, že proto-vědomí je neustále v kontaktu s naším vědomím, a že vědomí de facto utváří fyzikální zákony vesmíru. V neposlední řadě také věří v posmrtný život – mluví o tzv. *kvantové* (sic!) *duši*. Věřící, že po smrti se kvantové informace z mikrotubulů neztrácí, ale zůstávají ve struktuře vesmíru jako proto-vědomí, na které se potenciálně můžeme nějak napojit. Mnozí odborníci (např. Koukolík, 2013; Kulišťák, 2011) jsou však přesvědčeni, že posmrtný život je hloupost, a že zážitky blízké smrti lze velmi kvalitně vysvětlit pomocí neurobiologických a chemických procesů v mozku při umírání. A já nemám důvod s nimi nesouhlasit.

Je potřeba upozornit, že autoři (2014a) staví lomítko mezi své vlastní filosofické interpretace a hypotézy, které jejich teorie předkládá. Přesto však obě zveřejňují ve svých článcích společně, a já se proto domnívám, že za výše zmíněné novinové titulky, které jsou hloupé a nevychází ani ze samotné teorie, mohou autoři do značné míry sami.

## **Kritika teorie**

Hypotéza Orch-OR je kritizována odborníky ze všech vědeckých oblastí v podstatě už od svého vzniku (Hameroff & Penrose, 2014a). Stále je považována za velmi kontroverzní a většina odborníků ji dnes nepřijímá. Mezi nejznámější kritiky této teorie patří Stephen Hawking (1999), který nevěří, že by v mozku mohl existovat systém, který by dokázal udržet kvantový jev, protože takový systém musí být velmi dobře izolovaný, což zase zabrání rozšíření do celého mozku, a Lawrence Krauss, který na Orch-OR hypotézu jednoduše řekl, že „je z fyzikálního hlediska celá špatně.“[4]

Rád bych zdůraznil, že oba autoři se nespokojují s tím, že je jejich teorie přijímána v ezoterických kruzích, ale snaží se svou hypotézu vědecky potvrdit. Proto Hameroff (1998) sestavil 20 testovatelných hypotéz teorie kvantového vědomí. Většina těchto hypotéz však byla následně vyvrácena (viz Gorgiev, 2007; Reimers, McKemmish, McKenzie, Mark & Hush, 2009). Jelikož bylo sepsáno opravdu hodně kritik, pokusím se vybrat ty nejzajímavější.

Častým terčem kritiky je samotný Penroseho matematický předpoklad pro nekompotačnost lidské mysli pomocí vět o neúplnosti (LaForte, Hayes & Kenneth, 1998), navíc se mnozí domnívají (např. Gush & Churchland, 1995), že počítače v budoucnosti budou moci takovéto příklady řešit pomocí učení, a přesto je budeme stále považovat za komputační. Kvantový fenomén tak v podstatě není pro vysvětlení lidské psychiky nezbytný. Jiní (např. Hawking, 1999) zase argumentují skutečností, že Penrose (1999) nerozlišuje mezi lidským a zvířecím vědomím, a tudíž, ad absurdum, můžeme považovat vědomí žířaly za nekompotační, nicméně není pochyb o tom, že by jej počítač zvládl simulovat.

Další kritika je mířena na předpoklad, že mikrotubuly mohou nést kvantový fenomén. Mnozí autoři tvrdí (např. Gush & Churchland, 1995), že mikrotubuly nemají vliv na vědomí, a že nejsou schopny nést kvantový fenomén (např. Tuszynski, Brown, Hawrylak, 1998). Kritizován je také předpoklad o tubulinech, které nejspíš nemohou vytvářet kvantový jev (McKemmish, Reimers, McKenzie, Mark & Hush, 2009). Navíc, kdyby ho byly schopny produkovat, je jich v mozku příliš málo, neboť Hameroff nejspíše nepochopil studii, ze které čerpal, když uvedl, že v každém neuronu je min. 100 mikrotubulů (Georgiev, 2009). Šíření kvantového jevu pomocí gaps junction by nejspíš také nebylo možné v takové míře, v jaké Hameroff a Penrose předpokládají (Georgiev, 2007).

Mozek je také nejspíš „příliš horký, vlhký a hlučný“ proto, aby se v něm kvantový jev objevil, a i kdyby mikrotubuly doopravdy zvládly tento jev nést, při takto vysokých teplotách by nastala téměř okamžitá dekoherence a kvantový fenomén by tak nemohl mít sebemenší vliv na vědomí (Tegmark, 2000).

Další kritika poukazuje na případy poruchy vnímání času, kdy jsou ostatní vědomé procesy pacientů zachovány – tato zjištění jsou také v rozporu s hypotézou Orch-OR, neboť podle ní jsou to právě kvantové jevy, který vytváří vnímání času (dle Gush & Churchland, 1995).

Kritizován je také – a zcela oprávněně – i základní předpoklad práce. Proč by to vlastně měla být zrovna fyzika, která se bude snažit objasnit vědomí, a nikoliv třeba neurobiologie (Cartwright, 1999)?

## **Podpora teorie**

Již jsem řekl, že se autoři snaží svou hypotézu vědecky dokázat. Skoro na každou námitku, kritiku a vyvrácení jejich teorie reagují (např. Hameroff & Penrose, 2014b; 2014c), modifikují své hypotézy, zdokonalují své argumenty a snaží se vyvracet kritiky. Penrose dokonce navrhl experiment (tzv. FELIX experiment – *Free-orbit experiment with laser interferometry X-rays*), který dokáže ověřit jeho vlastní teorii objektivního kolapsu vlnové funkce (viz Marshall, Simon, Penrose & Bouwmeester, 2003).

Ve svém nejnovějším článku (Hameroff & Penrose, 2014a) tvrdí, že žádná z jejich testovatelných hypotéz ještě nebyla přesvědčivě vyvrácena, a že jich pár bylo naopak potvrzeno. Pojdme se podívat na těch pár zjištění, které autoři považují za potvrzení své teorie.

Za určitých podmínek se kvantové jevy vyskytují i při vyšších teplotách (Ouyang & Awschalom, 2003), svědčí o tom zjištění, že se kvantový jev vyskytuje nespíše při fotosyntéze (Engel, et al., 2003), v *birn-brain navigation* některých stěhovavých ptáků (Gauger, Rieper, Morton, Benjamin & Vedral, 2011), v iontových kanálcích (Bernroider & Roy, 2005), v čichových receptorech (Turin, 1996) i v DNA (Rieper, Anders & Vedral, 2011). Některé studie také naznačují, že se kvantový jev opravdu může v mikrotubulech v lidském mozku vyskytovat (Sahu, Ghosh, Hirata, Fujita & Bandyopadhyay, 2013; Sahu et al., 2013).

Je proto možné, že kvantové jevy se v našem mozku skutečně dějí. Prozatím však neexistuje důkaz, že by nějak souvisely s naším vědomím.

## Závěr

Nejsem natolik kompetentní, abych mohl posoudit, jestli mikrotubuly opravdu mohou nést kvantový fenomén, nebo jestli je objektivní kolaps vlnové funkce důležitým krokem k teorii všeho. Nemohu však souhlasit s filosofií Hameroffa o posmrtném životě a duši (i kdyby se energie či informace z mikrotubulů opravdu rozprskly do okolí, nelze je přeci považovat za naši duši, která – existuje-li, musí být komplexnější) a na rozdíl od Penroseho si dokážu představit pravděpodobnostní vesmír a nepotřebuji skryté parametry. Ačkoliv by polemika s jejich filosofickými názory mohla být zajímavá, v tomto článku pro ni není prostor, neboť jejich filosofie v podstatě není součástí testovatelných hypotéz.

To, co však kritizovat jde, jsou samotné hypotézy. Autoři (a Penrose (1999) to i přiznává) příliš nerozumí pojmu vědomí a na místo toho, aby problematiku vědomí nějak vyřešili, tak ji podivně komplikují. Místo filosofických úvah by možná měli věnovat čas spíše vysvětlení toho, co by se změnilo v našem chápání vědomí, kdyby jej doopravdy generoval kvantový fenomén. Takhle, jak je teorie sepsaná, je nejenom chaotická, ale celkem zpochybnitelný je i její vědecký přínos. Smysl by mělo zkoumat kvantové jevy v našich tělech, hloupost je jim ihned násilně přidělovat funkci vědomí – zvláště v situaci, kdy jsme si vědomí ještě ani nedefinovali.

Asi nejlépe můj názor na teorii kvantového vědomí popsal S. Hawking (1999, str. 138), který se domnívá, že Hameroff a Penrose argumentují v podstatě jenom tím, že „*vědomí je záhada a kvantová gravitace je jiná záhada, takže spolu musí nějak souviset.*“

## Poznámky pod čarou

[1] Musím čtenáře upozornit, že problém kvalitního, přehledného a stručného vysvětlení kvantové fyziky není způsoben pouze možnostmi práce, ale i mými znalostmi, neboť kvantová fyzika je mému oboru až příliš vzdálena, a většinu matematických postupů jsem nedokázal pochopit. Navíc jsem se ke kvantové fyzice dostal hlouběji poprvé teprve při psaní této práce. Doufám však, že jsem se i přesto nedopustil žádné závažné chyby.

[2] Kromě toho, že na mne publikované články nepůsobí vědecky, je pod projektem podepsán psycholog Jiří Šimonka, což je člověk, který usilovně propaguje tzv. *Barvy života*, které jsou založené na již dávno vyvrácené metodě *Lüscherova barvového testu*. Barvy života jsou neověřená a nevědecká metoda, kterou se nebojím nazvat šarlatánkou. Kritizovali ji také přední čeští odborníci ze světa psychologie, jako např. prof. Tomáš Urbánek (jeho zpráva sepsaná pod *Uníí psychologických asociací ČR* je dostupná zde: <http://www.upacr.cz/index.php?lng=cs&kap=colass>).

[3] Patří tam pro zajímavost (cit. dle Vannini, 2007):

- Niels Bohr (*consciousness creates reality through the collapse of the wave function*)
- Luigi Fantappiè (*advanced waves and syntropy*)
- David Bohm (*implicate and explicate order*)
- Herbert Fröhlich (*Bose-Einstein condensates*)
- Evan Walker (*synaptic tunneling effect*)
- Umezawa a Ricciardi (*Quantum Field Theory – QFT; Quantum Brain Dynamics - QBD*)
- John Carew Eccles (*psychons*)
- Nick Herbert (*pervasive consciousness*)
- James Culbertson (*psycho-space*)
- Ian Marshal (*Quantum Self Theory*)
- Michael Lockwood (*Many Minds Interpretation*)
- Chris King (*Supercausality and consciousness*)
- Matti Pitkänen (*TGD, Topological Geometro Dynamics*)
- Karl Pribram (*Holonomic model of mind*)
- Henry Stapp (*Quantum State Reduction and Conscious Acts*)
- Kunio Yasue (*Quantum Brain Dynamics*)
- Giuseppe Vitiello (*dissipative model of consciousness*)
- Alex Kaivarainen (*hierarchical model of consciousness*)
- Massimo Bondi (*synaptic junctions and consciousness*)
- Hopping Hu (*spin mediated consciousness*).

[4] Tato slova L. Krauss pronesl v roce 2006 na konferenci *Beyond Belief*. Jeho námitka je dostupná zde: <https://www.youtube.com/watch?v=kmdJtSwH9O4>.

## Zdroje

Atmanspacher, H. (2004). Quantum theory and consciousness: an overview with selected examples. *Discrete Dynamics in Nature and Society*, 1, 51-73.

- Baars, B. (1998). Metaphors of consciousness and attention in the brain. *Trends in Neuroscience*, 21(2), 58-62.
- Beck, F., & Eccles, J. (1992). Quantum aspects of brain activity and the role of consciousness. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 89(23), 11357–11361.
- Bernroider, G., & Roy, S. (2005). Quantum entanglement of K ions, multiple channel states and the role of noise in the brain. *Fluctuations and noise in biological, biophysical and biomedical systems III, SPIE Proceeding*, 5841, 205–214.
- Cartwright, N. (1999). Proč fyzika?. In R. Penore (ed.), *Makrosvět, mikrosvět a lidská mysl* (pp. 131-136). Praha: Mladá Fronta. ISBN: 80-204-0780-4.
- Čihák, R. (2001). *Anatomie 3*. Praha: Grada. ISBN: 80-247-1132-X.
- Denet, D. (2004). *Druhy myslí: K pochopení vědomí*. Praha: Academia. ISBN: 80-200-1177-3.
- Engel, G., Calhoun, T., Read, E., Ahn, T., Mančal, T., Cheng, Y., Blankenship, R., & Fleming, G. (2003). Evidence for wavelike energy transfer through quantum coherence in photosynthetic systems. *Nature*, 446, 782-786.
- Feynmann, R. (2001). *O povaze fyzikálních zákonů: Sedmkrát o rytmech přírodních jevů*. Praha: Aurora. ISBN: 80-85974-86-X.
- Formánek, J. (2004). *Úvod do kvantové teorie I., II*. Praha: Academia. ISBN: 80-200-1176-5.
- Gauger, E., Rieper, E., Morton, J., Benjamin, S., & Vedral, V. (2011). Sustained Quantum Coherence and Entanglement in the Avian Compass. *Physical Review Letters*, 106, 040503.
- Gazzaniga, M. (2009). Two brains: My life in science. In P. Rabbitt (Ed). *Inside Psychology* (pp. 101-116). Oxford: Oxford University Press.
- Gorgiev, D. (2007). Falsifications of Hameroff-Penrose Orch OR Model of Consciousness and Novel Avenues for Development of Quantum Mind Theory. *NeuroQuantology*, 5(1), 145-174.
- Gorgiev, D. (2009). Remarks on the number of tubulin dimers per neuron and implications for Hameroff-Penrose Orch OR. *NeuroQuantology*, 7(4), 677-679.
- Gush, R., & Churchland, P. (1995). Gaps in Penrose's toilings. *Journal of Consciousness Studies*, 2(1), 10–29.
- Hameroff, S. (1998). Quantum Computation In Brain Microtubules? The Penrose–Hameroff “Orch OR” model of consciousness. *Philosophical Transactions of the Royal Society A*, 356(1743), 1869–1896.
- Hameroff, S. (2014). Consciousness, Microtubules, & ‘Orch OR’: A ‘Space-time Odyssey’. *Journal of Consciousness Studies*, 21(3–4), 53-126.
- Hameroff, S. (2016). Being the skunk at an atheist convention. *Quantum Consciousness*. Dostupné z WWW: <<http://www.quantumconsciousness.org/content/being-skunk-atheist-convention>>.
- Hameroff, S., & Penrose, R. (1996). Conscious Events as Orchestrated Space-Time Selections. *Journal of Consciousness Studies*, 3(1), 36-53.

- Hameroff, S., & Penrose, R. (2014a). Consciousness in the universe: A review of the 'Orch OR' theory. *Physics of Life Reviews*, 11(1), 39-78.
- Hameroff, S., & Penrose, R. (2014b). Reply to seven commentaries on "Consciousness in the universe: Review of the 'Orch OR' theory". *Physics of Life Reviews*, 11(1), 94–100.
- Hameroff, S., & Penrose, R. (2014c). Reply to criticism of the 'Orch OR qubit' – 'Orchestrated objective reduction' is scientifically justified. *Physics of Life Reviews*, 11(1), 104–112.
- Hartl, P., & Hartlová, H. (2010). *Velký psychologický slovník*. Praha: Portál. ISBN 978-80-7367-686-5.
- Hawking, S. (1999). Námitky bezostyšného redukcionisty. In R. Penrose (ed.), *Makrosvět, mikrosvět a lidská mysl* (pp. 137-139). Praha: Mladá Fronta. ISBN: 80-204-0780-4.
- Jelínek, O. (1999). Iracionální zneužívání kvantové mechaniky (2. část). *Zpravodaj Sisufos*, 3(99). Dostupný z WWW: <[http://www.sisufos.cz/sisufos/zpravodaj/sis14\\_01.htm](http://www.sisufos.cz/sisufos/zpravodaj/sis14_01.htm)>.
- Koukolík, F. (2002). *Lidský mozek: Funkční systémy: normy a poruchy*. Praha: Portál. ISBN: 80-7178-632-2.
- Koukolík, F. (2013). *Já. O mozku, vědomí a sebeuvědomování*. Praha: Karolinum. ISBN: 978-80-246-2249-1.
- Kulhánek, P. (2001). *Kvantová teorie*. Studijní text pro doktorské studium. Praha: FEL ČVUT. Dostupné z WWW: <<http://www.aldebaran.cz/studium/kvantovka.pdf>>.
- Kulhánek, P. (2015). *TF2: Kvantová teorie*. Nahrávky z přednášek, lekce 1-13. Praha: FEL ČVUT. Dostupné z WWW: <<https://www.youtube.com/playlist?list=PLBjIROWPicvWvL1yhucO4cQaL0jApTxir>>.
- Kulišťák, P. (2011). *Neuropsychologie*. Praha: Portál. ISBN: 978-80-7367-891-3.
- LaForte, G., Hayes, P., & Kenneth, F. (1998). Why Gödel's Theorem Cannot Refute Computationalism. *Artificial Intelligence*, 104, 265–286.
- Mahya, C., Mosesa, L., Pfeifera, H. (2014). How and where: Theory-of-mind in the brain. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 9, 68-81.
- Marshall, W., Simon, C., Penrose, R., & Bouwmeester, D. (2003). Towards quantum superpositions of a mirror. *Physical Review Letters*, 91(13), 130401.
- McKemmish, L., Reimers, J., McKenzie, R., Mark, A., & Hush, N. (2009). Penrose-Hameroff orchestrated objective-reduction proposal for human consciousness is not biologically feasible. *Physical Review E*, 80, 021912.
- Nicholls, J., Martin, R., Wallace, B., & Fuchs, P. (2013). *Od neuronu k mozku*. Praha: Academia. ISBN: 978-80-200-2155-7.
- Orzel, Ch. (2011). *Jak naučit svého psa fyziku*. Praha: Dokořán, Argo. ISBN: 978-80-7363-360-8.
- Ouyang, M., & Awschalom, D. (2003) Coherent spin transfer between molecularly bridged quantum dots. *Science*, 301, 1074–1078.
- Penrose, R. (1999). *Makrosvět, mikrosvět a lidská mysl*. Praha: Mladá Fronta. ISBN: 80-204-0780-4.

- Reimers, J., McKemmish, L., McKenzie, R., Mark, A., & Hush, N. (2009). Weak, strong, and coherent regimes of Fröhlich condensation and their applications to terahertz medicine and quantum consciousness. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *106*(11), 4219–4224.
- Rieper, E., Anders, J., & Vedral, V. (2011). Quantum entanglement between the electron clouds of nucleic acids in DNA. *ArXiv*, *1006.4053*.
- Sahu, S., Ghosh, S., Ghosh, B., Aswani, K., Hirata, K., Fujita, D., & Bandyopadhyay, A. (2013). Atomic water channel controlling remarkable properties of a single brain microtubule: Correlating single protein to its supramolecular assembly. *Biosensors and Bioelectronics*, *47*, 141–148.
- Sahu, S., Ghosh, S., Hirata, K., Fujita, D., & Bandyopadhyay, A. (2013). Multi-level memory-switching properties of a single brain microtubule. *Applied Physics Letters*, *102*(12), 123701.
- Skála, L. (2005). *Úvod do kvantové mechaniky*. Praha: Academia. ISBN: 80-200-1316-4.
- Stríženec, M. (2011). Kvantová psychologie?. *E-psychologie*, *5*(1). ISSN: 1802-8853.
- Štoll, I. (2010). *Fyzika pro gymnázia: Fyzika mikrosvěta*. Praha: Prometheus. ISBN: 978-80-7196-386-8.
- Tegmark, M. (2000). The Importance of Quantum Decoherence in Brain Processes. *Physical Review E*, *61*, 4194-4206.
- The Editors of Encyclopædia Britannica (2015). Consciousness. Encyclopædia Britannica. Dostupné z WWW: <<http://www.britannica.com/topic/consciousness>>.
- Turin, L. (1996). A spectroscopic mechanism for primary olfactory reception. *Chemical Senses*, *21*(6P), 773-791.
- Tuszynski, J., Brown, J., & Hawrylak, P. (1998). Marcer Dielectric polarization, electrical conduction, information processing and quantum computation in microtubules. Are they plausible? *Philosophical Transactions of the Royal Society A*, *356*, 1897–1926.
- Vannini, A. (2007). Quantum Models of Consciousness. *Syntropy*, *1*, 130-146. ISSN: 1825-7968.
- Vašina, L. (2010). *Komparativní psychologie*. Praha: Grada. ISBN: 978-80-247-2847-6.
- Vašina, L. (nedatováno). *Mozek a lidská psychika jako specifický sebe si uvědomující kvantový fenomén na makroskopické úrovni*. Text k výzkumu. Brno: Masarykova univerzita. Dostupné z WWW: <<http://www.phil.muni.cz/wups/home/Documents/Mozek%20a%20lidska%20psychika-final.doc>>.