

DOI: <https://doi.org/10.54937/2026.9788056112410.65-73>

## PRED FYZIKOU A ZA FYZIKOU

### BEFORE PHYSICS AND BEYOND PHYSICS

MARIÁN JANÍK

*Filozofická fakulta, Katolícka univerzita v Ružomberku  
Hrabovská cesta 1, 034 01 Ružomberok, Slovensko  
Email: marian.janik613@edu.ku.sk  
ORCID iD: 0009-0003-9037-8831*

#### ABSTRAKT

Článok sa pokúša predstaviť kvantovú fyziku začiatočníkom tak, že ju zasadzuje do širšieho rámca dejín poznania a tomistickej filozofie. Najprv sa venuje postupnému poznávaniu človeka a ľudstva, významu tradície a obmedzenosti ľudského intelektu, ako ich chápe sv. Tomáš Akvinský. Na tomto pozadí objasňuje, čo je to veda, ako sa delí teoretické poznanie a prečo je fyzika „vedou o materiálnych a pohyblivých veciach“. Stručne načrtáva hylomorfické chápanie prírody (látka, forma) a tri historické etapy fyziky viazané na vývoj pozorovacích prístrojov. Jadro textu tvorí prehľad kľúčových experimentov a ideí, ktoré viedli ku kvantovej fyzike: kvantovanie energie (Planck, Bohr), fotoelektrický jav (Einstein), vlnovo-časticový dualizmus (de Broglie, dvojštrbinový experiment), pravdepodobnostný výklad vlnovej funkcie (Born) a Schrödingerova rovnica. Záver článku vracia diskusiu k etike a metafyzike sv. Tomáša: k poradiu vied, k tvrdeniu, že dobro človeka spočíva v poznaní pravdy, a k pojmu „poznania láskou“, ilustrovanému záverečnými udalosťami Tomášovho života.

**Kľúčové slová:** kvantová fyzika, sv. Tomáš Akvinský, tomistická filozofia, hylomorfizmus, dejiny vedy

#### ABSTRACT

The article aims to introduce quantum physics to beginners by embedding it in the broader context of the history of knowledge and Thomistic philosophy. It first discusses the gradual nature of individual and collective knowing, the role of tradition, and the limits of the human intellect as articulated by Thomas Aquinas. On this basis, it clarifies what science is, how theoretical knowledge is classified, and why physics is a science of “material and changing things”. It then briefly presents the hylomorphic account of nature (matter, form) and three historical stages of physics linked to the development of observational instruments. The core of the text is a survey of key experiments and ideas that led to quantum theory: energy quantization (Planck, Bohr), the photoelectric effect (Einstein), wave-particle duality (de Broglie, the double-slit experiment), the probabilistic interpretation of the wave function (Born), and the Schrödinger equation. The conclusion returns to Aquinas’s ethics and metaphysics: the ordered progression of the sciences, the claim that the human good consists in knowing the truth, and the notion of “knowledge through love”, illustrated by events from Aquinas’s final years.

**Keywords:** quantum physics, Aquinas, Thomistic philosophy, hylomorphism, history of science

Kvantová fyzika by sa dala predstaviť rôznymi spôsobmi. Zvolený spôsob je vhodný pre začiatočníkov, lebo ako hovorí Apoštol: „ako nedospelým, mlieko som vám dával piť namiesto pevného pokrmu.“ [1]

Tento spôsob kladie dôraz jednak na jej postupný historický vývoj, jednak na niektoré jej filozofické pre-sahy. Ku kvantovej fyzike sa dostaneme postupne cez úvahu o postupnom poznávaní, o vede a o fyzike.

Historický spôsob je vhodný, lebo nasleduje spôsob, akým poznávalo ľudstvo. K tejto tradícii poznania ľudstva sa dá postaviť dvojako [2]. Prvý spôsob, odmietnutie, si vybral René Descartes. Vo svojej Rozprave o metóde píše: „nemôžem urobiť nič lepšie, ako zahodiť všetky názory, ktoré som doteraz počul“ [3]. Nič nie je vzdialenejšie metóde sv. Tomáša Akvinského, „ktorý, pretože si najviac ctí starovekých učiteľov, akoby nejakým spôsobom zdedil intelekt všetkých [4]. Aj keď podľa neho „štúdium filozofie nemá za cieľ vedieť, čo si ľudia mysleli, ale čo je pravda vecí“ [5], postupnému poznaniu ľudstva dáva váhu. Napríklad, vo svojej knihe pre začiatočníkov [6], často predtým, ako predstaví svoj vlastný postoj, preberie to, ako postupovalo poznanie ľudstva. Píše, že „starovekí filozofi postupne, akoby krok za krokom, postupovali k poznaniu pravdy“ [7].

Názory iných, živých či mŕtvych, sa oplatí počúvať a pochopiť, dokonca aj keď sa mýlia [8]. Sv. Tomáš tvrdí, že „si máme ctiť aj tých, ktorých názory vyvraciam, lebo aj tí usilovne hľadali pravdu a tak nám v hľadaní pomohli“ [9]. Preto „miloval pravdu nezištne a hľadal ju všade, kde sa len mohla objaviť“ [10]. Kvintenciou toho, ako sv. Tomáš hľadal pravdu všade, je jeho revolučná práca s dielami pohan-ského Aristotela.

Historický spôsob je vhodný aj preto, lebo spôsob, akým poznávalo ľudstvo, nasleduje spôsob, akým poznáva každý človek. Krok po kroku, cez omyly, od zmyslových vecí ku tým najvyšším pravdám. O poznaní človeka si môžeme spraviť prvý obraz s pomocou ťaháku, ktorý napísal asi 26-ročný sv. Tomáš svojmu spolužiakovi [11]. Často o človeku uvažujeme ako o najvyššom v hierarchii prírody, o rozumnom zvierati. Pre sv. Tomáša je však človek aj najnižší. Totiž najnižší v inom rade, v hierarchii intelektov. Po Božskom intelektu, ktorý je čistý subsistujúci akt, ktorý nepoznáva stvorené, ale tvorí poznané; a po anjelskom intelektu, ktorý je zmesou aktu a potencie a je stvorený s „vrodeným“ poznaním, je človek, ktorého „intelekt je v potencii vzhľadom k poznateľným veciam a najprv je ako prázdna tabuľa, na ktorej nie je napísané nič“ [12]. Tak ako jeho telo rastie postupne, tak aj intelekt rastie postupne. Poznanie človeka, tak ako poznanie ľudstva, má svoju históriu.

Okrem toho, že sa rodí nepopísaný, poslednú priečku medzi intelektami má aj kvôli slabosti svojej poznávacej schopnosti. Ľudský intelekt nemá priamy prístup k univerzálnym formám vecí, ktoré sú v Božskej mysli, tak, ako ho majú anjeli. Ku svojej činnosti potrebuje objekt primeraný svojej slabosti. Najprv potrebuje jednotlivé inteligibilné formy, napríklad jablkovitost', ktoré sú esencie zmyslom vnímateľných vecí okolo nás, jablko. Ale keďže tieto esencie nie sú priamo vnímateľné zmyslami, z vnímaných vecí ich intelekt musí abstrahovať skrze zmyslové obrazy. Všetko naše poznanie sa začína zmyslovým vnemom. Zo skúsenosti s jedným, dvoma, desiatimi jablkami si vytvoríme koncept „jablkovitosti“. Postupne, nepriamo, lebo „jablkovitost'“ ako takú nevidíme. No ani po tejto abstrakcii nebude „jablkovitost'“ v mysli ako taká, ale vždy si budeme pomáhať našou predstavivosťou konkrétneho jablka. Preto ľudské telo, skrze ktoré vnímame, nie je žiadna príťaž alebo prídavok, ale s intelektom je zjednotené prirodzene.

Poznanie takto vyčítané zo zmyslovej skúsenosti je však nutne konečné a čiastočné. Abstraktný koncept vždy zdedí niečo z tohto procesu. A preto poznanie je pomalý a náročný proces, ktorý ústi do čiastočného, nedokonalého poznania. Sv. Tomáš hovorí, že „spôsob nášho poznania je taký slabý, že žiadny filozof nemôže dokonale preskúmať prirodzenosť čo i len jednej muchy“ [13]. A tak tento aj čiastkový a nedokonalý charakter ľudského poznania vysvetľuje potrebu pre zdieľanie, pre tradíciu.

Zotrvanie pri úvahe o poznaní nám pomôže pochopiť, čo je to veda a čo je to fyzika.

Pri pozorovaní vecí a tvorbe konceptov sa naše poznávanie nekončí. Z pojmového uchopenia vecí („jablko“) si tvoríme úsudky („Toto jablko je červené.“). Úsudky zas spájame uvažovaním a argumentovaním

do logických záverov („Červené jablká sú chutné. Toto jablko je červené. Teda bude chutné.“). Toto sú podľa sv. Tomáša tri činnosti ľudského intelektu: pochopenie pojmu, úsudok a uvažovanie. Pochopeniu pojmu zodpovedá slovo, úsudku zodpovedá propozícia alebo výrok alebo veta, a uvažovaniu zodpovedá sylogizmus alebo argument.

Uvažovaním sa tak môžeme dostať aj k poznaniu, ktoré presahuje bezprostrednú skúsenosť. Sv. Tomáš tvrdí, že človek poznáva pravdu „skladaním a rozdeľovaním“ [14]. Z pojmového uchopenia vecí si tvoríme úsudky, propozície. Pravdu potom poznávame tvorením úsudkov tak, že jeden koncept (predikát) priradíme alebo uprieme inému konceptu (subjektu). Existujú úsudky, ktoré sú tzv. zo seba zjavné, samozrejmé. To sú také, ktorých pravdivosť nahliadneme v momente, keď pochopíme jednotlivé pojmy. Sv. Tomáš píše, že „propozícia je samozrejmá, keď je predikát zahrnutý v definícii subjektu, ako napríklad „človek je zviera“, lebo zviera je obsiahnuté v definícii človeka“ [15], takže hneď ako nahliadneme, čo je človek, vidíme, že je zviera. Alebo napríklad „trojuholník má tri strany“.

Iné výroky nie sú samozrejmé, ale aj tak sú vždy pravdivé, napríklad: „súčet uhlov trojuholníka je 180 stupňov“. Pravdivosť tohto výroku sa však dá demonštrovať sériou sylogizmov zo samozrejmych výrokov tak, že tento nový výrok je istý, nutný a vždy pravdivý. Potom môžeme povedať, že tento výrok vieme, máme vedenie, vedu. Filozof hovorí, že „vedu máme vtedy, keď máme za to, že poznáme príčinu, pre ktorú nejaká vec je, keď vieme, že je príčinou tejto veci a že to nemôže byť inak“ [16].

Vedu však klasickí majstri nechápali len ako aktuálne poznanie, ale aj ako habituálne poznanie. Myslím tým intelektuálnu cnosť. Dnes by sme skôr povedali „robím vedu“ a mysleli by sme tým jednak, a možno hlavne, proces vykonávania komplikovaných experimentov, zbierania nových dát a jednak následné hľadanie veľmi špecifických súvislostí, zväčša pomocou jazyka matematických modelov. Vzorový príklad je fyzik. Kedysi by sme skôr povedali, že „mám vedu“, a mysleli by sme tým dobrý návyk mysle, stabilnú a trvalú dispozíciu, pohotovo, ľahko a s potešením, získavať nutné a isté poznanie argumentovaním zo samozrejmych princípov. Vedecký ideál teda nebol matematicky popísať pozorovateľné a zreprodukovateľné prírodné javy, ale vysvetliť javy vo vzťahu k ich príčinám.

Kedysi tiež nepoznali chémiu, biológiu a iné vedy ako také, ale všetky takéto vedy by spadali pod hlavičku prírodnej vedy, fyziky. O rozdelení vied svätý Tomáš rozmýšľal takto [17]:

*Veda sa delí podľa cieľa. Teoretická má za cieľ pravdu, ktorú kontempluje, zatiaľ čo praktická má za cieľ pravdu, vzhľadom na konanie. Teoretické vedy sa ďalej delia podľa stupňa oddelenia od látky a zmeny. Niektoré veci totiž existujú iba v látke. Z nich niektoré závisia na látke vo svojom bytí aj v našom pochopení, napríklad nevieme si predstaviť človeka bez mäsa a kostí. Tieto veci študuje fyzika. Iné zas závisia na látke vo svojom bytí, ale nie v našom pochopení, napríklad úsečky a čísla. Tieto veci študuje matematika. A nakoniec sú veci, ktoré nezávisia na látke vôbec, ako Boh a anjeli, alebo niekedy sú v látke a inokedy nie, napríklad substancia, kvalita, bytie, potencia, akt, jedno a mnohé a podobne. Tieto veci študuje veda, ktorú voláme [prirodzená] teológia, božská veda, metafyzika alebo prvá filozofia.*

Fyzika je teda, podľa svätého Tomáša, teoretická veda o materiálnych a pohyblivých veciach. Keď klasik povie pohyb, myslí zmenu. Takže hlavná otázka a východisko takto chápanej fyziky znie „aká je pravá povaha materiálnych, meniacich sa vecí?“ Správna odpoveď na túto otázku je veľmi dôležitá, lebo „malá chyba na začiatku, je veľká chyba na konci“ [18]. Najprv uveďme odpoveď 26-ročného sv. Tomáša, teraz z iného ťaháku, ktorý postavil základy fyziky pomocou štyroch jednoduchých viet a siedmich pojmov. Tu je odpoveď sv. Tomáša [19]

*Všimni si, že niečo môže byť, aj keď nie je, kým niečo jednoducho je. To čo môže byť, je v možnosti, zatiaľ čo, to, čo je, je v uskutočnení. Na zmenu sú potrebné tri veci: byť v možnosti, čo je látka; nebytie v uskutočnení, čo je privácia, a to, čím vec je, čo je forma. Z toho je jasné, že sú tri princípy prírody: látka, forma a privácia.*

Povaha materiálnych, meniacich sa vecí je, že sa skladajú z látky a formy. Otázka fyziky sa v podstate nezmenila, „aká je pravá povaha materiálnych vecí?“ sa pýtajú fyzici dodnes. Akurát, že odpoveď a kontext, v ktorom sa otázka kladie dnes, sú celkom iné.

Aj keď fyziku nazývali teoretickou, filozofi sa nezaoberali len pojmovým uchopením prvých princípov. Ako bolo ukázané vyššie, intelekt potrebuje pre svoju činnosť zmyslovú potravu. Ved' filozofia vznikla ruka v ruku so snahou vysvetliť pozorovania Slnka, hviezd, živočíchov a pod.

Dá sa povedať, že fyzika mala historicky tri etapy, rozdelené vynájdením pozorovacích prístrojov. V prvej etape prírodovedci na pozorovanie prírody používali výlučne svoje zmysly. Keďže ľudské zmysly majú prirodzené obmedzenia, mnohé vtedajšie predstavy o fungovaní sveta boli nepresné alebo založené na neúplných pozorovaniach. Napríklad, že príroda sa skladá zo štyroch elementov alebo že Zem je stredom vesmíru. Druhá etapa sa začala vynájdením pozorovacích prístrojov, ktoré priamo zosilňujú zmysly, napríklad ďalekohľad. Tretia etapa sa začala vynájdením pozorovacích prístrojov, ktoré merajú také fyzikálne veličiny, ktoré sú zmyslom neprístupné, a následne ich preložila do zmyslom vnímateľných veličín. Ide napríklad o prístroje, ktoré merajú neviditeľné žiarenie, elektrické a magnetické polia a pod.

S veľkým zjednodušením, ale predsa treba povedať, že obe vynájdenia prístrojov priniesli šok v chápaní sveta. Totiž keď zmyslové vnemy krmia intelekt a zrazu sa svet ukáže iný, ako sa prv javil, starý svetonázor sa zatrasie. Takáto zmena perspektívy predstavovala pre ľudí tej doby výrazný intelektuálny zlom, keďže zásadne spochybnila ich dovedajšie presvedčenia o postavení Zeme vo vesmíre. Podobne, experimenty 19. storočia vdýchli nový život starovekej atomistickej, materialistickej teórii, že všetko je len pohyb malých častíc, ktoré sú nahým zmyslom neprístupné. A podobný šok priniesli aj experimenty 20. storočia. Z tohto dôvodu má zmysel venovať sa im: okrem toho, že to je fascinujúce, má to potenciál zatriasť s našim svetonázorom a pretiecť do metafyziky [20, 21, 22, 23].

Treba upozorniť, že všetko odteraz je zjednodušené, ešte viac ako to doteraz. Najväčšie nepresnosti sa objavia pri analógiách, „to je ako keď“. Analógie v kvantovej fyzike neexistujú, lebo je to matematická teória bez uspokojivej fenomenologickej interpretácie. Kvantové javy sa tak priečia našej bežnej skúsenosti, že sa nedá povedať „to je ako keď“.

Vedcom sa koncom 19. storočia zdalo, že fyzikálny popis sveta je takmer hotový a ostávalo už len doladiť zopár detailov. Zjednodušene povedané: vedeli, že hmota sa skladá z malých častíc – atómov [24] a že svetlo, a tým nemyslím len viditeľné, sú šíriace sa vlny [25]. Všetky fyzikálne javy boli uspokojivo vysvetlené buď Newtonovými pohybovými rovnicami [26], ak ide o pohyb hmoty, alebo Maxwellovými rovnicami [27], ak ide o šírenie svetla.

Obe, vlny aj častice, súvisia s nejakou formou pohybu. Častica je objekt, ktorý charakterizuje pohyb hmoty. Prislúcha jej hmotnosť, poloha a rýchlosť. Ak navyše poznáme aké sily pôsobia medzi časticami, vieme predpovedať presný vývoj tohto systému v čase. Toto je Newtonov pohybový zákon. Na konci 19. storočia boli všetky fyzikálne javy, pokiaľ ide o hmotu, uspokojivo vysvetlené tak, že boli rozložené na pohyb guľôčok. Či už ide o pohyb elementárnych častíc v mikrosvete – napríklad teplotu telesa sa dá vysvetliť ako nervózne vrtenie sa atómov. Alebo o pohyb neelementárnych častíc v makrosvete – môžeme napríklad uvažovať o pohyboch planét ako o guľôčkach, ktoré sa navzájom priťahujú. Na demonštráciu sily Newtonovho zákona uvážme, že z pohybu známych planét ľudia vedeli, že musí existovať Neptún, ešte predtým ho objavili ďalekohľadom (1846). Pomocou rovníc presne vedeli, kde ho majú hľadať.

Vlna, na druhej strane, je objekt, ktorý charakterizuje pohyb energie a ktorý nie je úplne lokalizovaný. Je charakterizovaná vlnovou dĺžkou, resp. frekvenciou, a amplitúdou. To je ako keď: o časticách môžeme uvažovať ako o hláskach. Sú relatívne lokalizované, povedzme bodové. A o vlnách môžeme uvažovať ako o melódii – rozľahlej, no napriek tomu vnímanej ako jednej.

Toľko analógia, ktorá však už ďalej nefunguje. Jeden z kľúčových rozdielov medzi časticou a vlnou je spôsob, akým interagujú. Keď častica stretne časticu, dôjde k zrážke a odrazu. Dve častice nemôžu zaberať ten istý priestor naraz, ako keď sa zrazia autá. Vlny sa, naopak, pri strete skladajú, tzv. interferujú. Predstavme si vlny na vodnej hladine, ktorú rozvírili dva kamene. Každá ide svojím vlastným smerom a keď sa stretnú, dochádza ku skladaniu, k interferencii. Na mieste, kde hrb stretne hrb, vznikne ešte väčší hrb; kde dolina stretne dolinu, vznikne ešte väčšia dolina; kde hrb stretne dolinu, navzájom sa vyrušia. Po strete si však obe pokračujú svojím vlastným životom. Z toho je intuícií jasné, že vlny a častice sú dve celkom odlišné veci.

Teraz predstavím sériu pozoruhodných experimentov, empirických faktov, ktoré pokorili fyzikálnu pýchu z konca 19. storočia. Základné myšlienky kvantovej fyziky vznikli pri snahách pochopiť experimentálne údaje, ktoré klasická fyzika nebola schopná vysvetliť ani len kvalitatívne.

Prvý pozoruhodný experiment: tzv. tepelné žiarenie telesa. Tepelné žiarenie je dnes bežne využívané napríklad v termovíznych kamerách, ktoré umožňujú zobrazovanie objektov v tme. Je to tak preto, lebo každé telo vyžaruje žiarenie. Fyzici chceli prísť na to, ako toto vyžarovanie funguje. Už mali predstavu o tom, že hmota sa skladá z atómov a tušili, že teplota je mierou kmitavého pohybu týchto atómov. Čím vyššia teplota, tým viac atómy kmitajú a tým viac vyžarujú, lebo nervózne sa vrtiaci atóm žiari. Ak je teleso rozpálené veľmi, vyžaruje viditeľné žiarenie, napríklad klasická žiarovka alebo rozžeravený kútáč. Telesá izbovej teploty však vyžarujú iba neviditeľné žiarenie, ktoré vidia iba termovízne kamery, nie ľudské oči. Toto žiarenie však nie je pre ľudské oko priamo pozorovateľné. Vnímaný jas objektov za bežných podmienok je preto spôsobený predovšetkým odrazom okolitého svetla, a nie ich vlastným tepelným vyžarovaním vo viditeľnej oblasti. Celé to teda musí byť inak.

Max Planck [28] dostal zvláštny nápad. Jeho nápad síce zosúladiť model s pozorovaním, ale nebral ho veľmi vážne. Paradoxne, Planck ho označil za akt zúfalstva, keďže ju považoval skôr za formálny trik než za fyzikálne realistický opis, a po zvyšok života sa usiloval o logickejšie vysvetlenie. Neúspešne. Predpokladal, že energia kmitajúcich atómov nebude ľubovoľná, ale nadobudne iba určité, diskkrétne, kvantované hodnoty. Energia sa tak môže odovzdávať nie spojito, ale iba po určitých minimálnych balíčkoch – kvantách. Tento predpoklad bol v ostrom rozpore s klasickou predstavou spojitosti fyzikálnych veličín, založenou na každodenných skúsenostiach, v ktorých sa energia mechanických systémov mení plynulo, napríklad pri zmene rýchlosti pohybujúceho sa telesa. Planckov model kvantovania energie oscilátorov však napriek týmto intuitívnym ťažkostiam viedol k správne mu opisu experimentálne pozorovaného priebehu spektra žiarenia. Energia kmitov atómov je kvantovaná.

Druhý pozoruhodný experiment: Pri fotoelektrickom efekte sú elektróny vyrazené z kovu, ktorý je osvetlený svetlom. Klasická teória predpovedala, že nezávisle na farbe svetla, čím silnejšie osvetlíme, tým viac elektrónov vyrazíme. Experimentálny fakt je iný. Ak zasvietime červeným svetlom, nevyrazíme žiadny elektrón, nezávisle na tom, ako silno svietime. Ak však zasvietime modrým svetlom, stačí málo a elektróny začnú vylietať. Planckovho nápadu sa však tvorivo chopil 26-ročný Einstein [29]. Uvedomil si, že ak uvažuje o prichádzajúcom svetle nie ako o vlnách, ale ako o prúde častíc, všetko sedí. Tento model opäť sedel s pozorovaním vylietavajúcich elektrónov veľmi presne. Mnoho experimentov dovtedy jasne dokazovalo vlnovú povahu svetla. Tento však naznačoval, že niekedy sa svetlo správa aj ako častica. Bežná skúsenosť a prvý princíp teoretického uvažovania – princíp nekontradikcie – hovoria buď-alebo. Svetlo sa však niekedy správa ako vlna, niekedy ako častica.

Tretí pozoruhodný experiment: Bolo známe, že atóm sa skladá z atómového jadra [30] a z okolo obiehajúceho elektrónu [31]. Ľudia si najprv túto sústavu predstavovali ako planétu obiehajúcu okolo Slnka. Dráha planéty je daná rovnováhou síl, ale teoreticky sa môže spojiť meniť. Ukázalo sa, že s elektrónmi v atóme je to inak. Elektróny obiehajúce okolo jadra sa nedajú len tak trošku postrčiť. Pokiaľ netrafíme tú správnu, diskkrétne, kvantovanú energiu, elektróny si nás ani nevšimnú. Klasická analógia s planétami

zlyhala. Bohr [32] ju zachránil zavedením kvantovania energie. Znova sa ukázalo, že model s kvantovaním energie zachránil situáciu a zhodol sa s pozorovaním. Energia elektrónu je tiež kvantovaná.

Ešte sa krátko vráťme k svetlu ako k vlnovému javu a k experimentu, ktorý demonštruje jeho vlnovú povahu. Uvažujme usporiadanie s dvoma paralelnými štrbinami, cez ktoré prechádza svetlo a dopadá na tienidlo. Ak sú štrbiny dostatočne široké, na tienidle sa objavia dva svetlé pásy zodpovedajúce geometrickému šíreniu svetla. Pri postupnom zužovaní štrbín sa však pozorovaný obraz mení. Tento prechod možno ilustrovať historickou analógiou: grécki vojaci pochodujúci na Tróju sa na otvorenom priestranstve pohybujú približne priamočiario, avšak po dosiahnutí hradiab s úzkou bránou sa ich pohyb mení a po prechode otvorom sa rozptyľuje do viacerých smerov. Analogicky sa aj svetlo po prechode úzkou štrbinou prestáva šíriť striktne priamočiario a vykazuje difrakčné správanie charakteristické pre vlnové javy. Dvojštrbina zlomí svetlo tak, že sa začne šíriť po kruhoch ako vodná hladina, kam padli dva kamene. Na tienidle sa potom zložia štýlom, ktorý už som opísal. Na mieste, kde hrb stretne hrb, vznikne ešte väčší hrb; kde dolina stretne dolinu, vznikne ešte väčšia dolina; kde hrb stretne dolinu, navzájom sa vyrušia. Na tienidle teda uvidíme interferenčný obrazec, ktorý je kvalitatívne iný ako len súčet situácií len s prvou a potom len s druhou štrbinou. No tento experiment sa neprieči rozumu, lebo keď chápeme svetlo ako vlnu, neprekvapí nás, že jedna vlna prejde oboma otvormi naraz a časť vlny, ktorá prešla jednou štrbinou, ovplyvní tú časť, ktorá prešla druhou štrbinou.

Štvrtý pozoruhodný experiment: Teraz uvažujme dvojštrbinový experiment s prúdom častíc. Keďže častice sú lokalizované, zdravý rozum aj bežná skúsenosť hovoria, že jedna častica prejde iba jednou štrbinou. Zakrytie jednej štrbiny neovplyvní časticu, ktorá prešla druhou štrbinou. Výsledok na tienidle by mal teda byť len súčtom situácií, keď najprv odkryjeme len prvú a potom len druhú štrbinu.

De Broglieho [33] napadlo, že ak sa svetlo správa raz ako častica a inokedy ako vlna, nemôže sa aj častica hmoty niekedy správať ako častica a inokedy ako vlna? Táto myšlienka bola experimentálne overovaná najmä prostredníctvom dvojštrbinového experimentu s elektrónmi. V tomto usporiadaní sú elektróny emitované zo zdroja smerom na bariéru s dvoma úzkymi štrbinami a následne dopadajú na detekčnú platňu. Ak sú elektróny vysielané postupne, teda jednotlivo, každý z nich je na detektore zaznamenaný ako lokalizovaný bod, čo zodpovedá ich časticovej povahe. Avšak po dostatočnom počte dopadov sa na detekčnej obrazovke vytvorí interferenčný obrazec typický pre vlnové javy – striedanie oblastí so zvýšenou a zníženou pravdepodobnosťou dopadu. Tento výsledok nemožno vysvetliť klasickým časticovým modelom a naznačuje, že kvantová častica sa medzi zdrojom a detektorom správa ako vlnové pole rozložené v priestore. Elektróny dopadajú po jednom, ale bodky nakoniec vytvoria striedajúce sa svetlé a tmavé pásy. Znamená to, že častica prešla naraz oboma štrbinami a interferovala sama so sebou?

Zhrnúc empirické fakty: energia kmitov atómov je kvantovaná; energia elektrónov je kvantovaná; svetlo sa správa ako vlna, niekedy ako častica; elektrón sa správa ako častica, niekedy ako vlna. Kvantovanie energie a vlnovo-časticový dualizmus sú experimentálne fakty. Kvantovanie energie sa vymyká našej každodennej skúsenosti a vlnovo-časticový dualizmus sa navyše zdanlivo vymyká aj zdravému rozumu. Ako si to vysvetliť? A súvisí jedno s druhým? Súvisí spolu vlnový charakter a kvantovanie energie?

Veru, netrvalo dlho a fyzici našli nádej zdôvodniť kvantovanie energie elektrónu jeho vlnovou povahou. Predovšetkým si treba uvedomiť, že ak existuje vzťah medzi energiou častice a frekvenciou vlny, ktorá patrí elektrónu, potom vysvetliť kvantovanie energie znamená nájsť dôvod pre to, že existujú iba diskkrétne možné hodnoty frekvencie tejto vlny. Existencia určitých diskrétnych frekvencií je však pre vlny typická. Stačí si spomenúť na to, že hudobné nástroje vydávajú tóny, ktorých výška, teda frekvencia, je pre daný nástroj charakteristická [34]. Ilustráciou je gitarová struna napnutá medzi dvoma bodmi. Na ňu sa zmestia iba také vlny, ktorých konce sú vždy statické. Frekvencia, a teda energia kmitov, je teda daná dĺžkou struny. Keď si elektrón nepredstavíme ako planétu obiehajúcu okolo Slnka, ale ako stojatú vlnu kmitajúcu okolo jadra, povolené budú iba také vlny, ktoré sa akurát zmestia okolo jadra – také,

ktoré sa uzavru do seba, ktoré si budú požírať svoj vlastný chvost. Kvantovanie energie tak vyplynie z vlnového charakteru častíc, ako dôsledok z príčiny. Vlnovosť častíc sa stala základom pre nový obraz fyzikálneho sveta.

Fyzikom ostávalo nájst vhodnú interpretáciu tohto zvláštneho, skúsenosti a rozumu priečiaceho sa empirického faktu tak, aby sedela s týmito pozoruhodnými experimentami. Čo je táto vlna prislúchajúca častici? Prvé, čo im napadlo, bolo, že to sa vlní samotná hmota. Elektrón by tak nebola bodová častica, ale trošku rozlezená gučka vlniek. To však odporuje experimentu, kde elektróny po jednom dopadajúce na fotografickú platňu vytvárali samostatné bodky a nie celý, hoci slabučký, interferenčný obraz.

Na správnu stopu ich priviedlo, že jednotlivé elektróny dopadali na rôzne miesta platne, v istom zmysle, úplne náhodne, avšak tak, že nakoniec vytvorili interferenčný obraz. Born [35] sa chopil náhodnosti dopadu jednotlivého elektrónu a navrhol, že to, čo sa vlní, nie je hmota, ale vlní sa nejaká miera pravdepodobnosti. Túto vlnu amplitúdy pravdepodobnosti prislúchajúcu častici nazval vlnovou funkciou. Tam, kde je vlnová funkcia (umocnená „na druhú“) veľká, dopadne elektrón s veľkou pravdepodobnosťou, tam, kde je malá, s malou. Alebo inak: keď vystrelenie elektrónu zopakujeme veľakrát, najviac z elektrónov dopadne na miesto, kde je vlnová funkcia veľká, najmenej, kde je malá. O lete a dopade jednotlivého elektrónu však nevieme povedať nič.

O vývoji vlnovej funkcie však vieme povedať všetko. Je to vďaka Schrödingerovi [36] ktorého rovnica predpovedá, ako sa vlnová funkcia vyvíja v čase a priestore, podobne ako Newtonova rovnica predpovedá pohyb planét. Akurát že výsledkom nie je poloha častice, ale iba pravdepodobnosť nájst časticu na danom mieste. Teda kým klasická fyzika je deterministická – presne opisuje celý pohyb častíc, kvantová fyzika nerieši priamo pohyb častíc hmoty, ale vývoj pravdepodobnosti. O pohybe jednotlivéj častice nevieme nič. O častici sa dozvieme, až keď narazí.

Táto Bornova interpretácia nenaráža na žiadne ťažkosti pri výklade interferenčných pokusov, obsiahne vznik interferenčného obrazu aj lokalizáciu elektrónu. Uvádza však do fyziky pravdepodobnostný element cudzí klasickej fyzike, a v tom spočíva aj koncepcná odlišnosť kvantovej a klasickej fyziky. Pre túto črtu bola Bornova interpretácia často predmetom ostrej kritiky, no zdá sa, že čas a prax potvrdili správnosť a plodnosť tejto – dnes všeobecne prijatej – interpretácie [34]. Na pôde spomenutých experimentov vznikla kvantová fyzika a vyrástla v novú, logicky konzistentnú a ucelenú teóriu, dokonale opisujúcu experimentálne fakty atómovej fyziky.

Kvantová fyzika je založená na sade tvrdení, ktoré nie je možné dokázať, ale uspokojujúco vysvetľujú všetky dostupné javy. Keď už vieme, ako bola kvantová teória induktívne vybudovaná a čím sa zaoberá, vráťme sa ešte na chvíľu k dvojštrbinovému experimentu s elektrónmi. Už vieme, že púšťajúc elektróny po jednom, vo výsledku dostaneme bodky, ktoré dohromady vytvoria interferenčný obraz. Znova sa treba spýtať: znamená to, že častica prešla naraz oboma štrbinami? Hľadáme experimentálnu odpoveď – k jednej zo štrbín postavme detektor, ktorý cvakne vždy, keď elektrón touto štrbinou preletí. Asi prvýkrát sa stane niečo, čo by každý očakával: elektróny štrbinou preletia po jednom, 50 % elektrónov preletí jednou štrbinou, 50 % druhou. Avšak, interferenčný obraz zmizol! S detektorom dostaneme len dva pásiky a celé interferenčný obrazec je preč. Prečo? To ostáva záhadou, ale jeden z postulátov kvantovej fyziky hovorí, že vždy keď elektrón vyrušíme, správa sa klasicky. Iba keď ho nevyrušíme, tak sa správa zvláštne. Kvantové stavy sú veľmi krehké a preto ich bežne nepozorujeme. Kvantová fyzika, sa nevyjadruje k otázke, či elektrón prešiel oboma štrbinami naraz. Jediné čo hovorí je, že vlnová funkcia, ktorá popisuje stav elektrónu, prešla oboma štrbinami. Vlnová funkcia tak, dokým systém nevyrušíme, popisuje zložený stav, tzv. superpozíciu stavov, kedy elektrón prešiel jednou a druhou štrbinou.

Popri reklame na dielo sv. Tomáša, porozmýšľali o postupnom poznávaní, o vede všeobecne, o jej metóde a rozdelení, o ciele a metóde fyziky a nakoniec o kľúčových experimentoch, ktoré stáli pri zrode kvantovej fyziky. Zdá sa vhodné, že sme to spravili zhruba takto, lebo sv. Tomáš píše [37]

*Správny postup učenia je taký, že chlapci sú najprv poučení vo veciach súvisiacich s logikou, pretože logika učí metódu celej filozofie. Po druhé, mali by byť poučení v matematike, ktorá nepotrebuje skúsenosť a nepresahuje predstavivosť; po tretie, v prírodných vedách, ktoré, hoci nepresahujú zmysly a predstavivosť, vyžadujú skúsenosť; po štvrté, v etike, ktorá vyžaduje skúsenosť a dušu zbavenú vášní; po piate, v metafyzike, ktorá presahuje predstavivosť a vyžaduje silnú myseľ.*

Aby sme odporúčaný postup učenia zachovali, ešte sa krátko zastavme pri etike. „Dobro človeka spočíva v poznaní pravdy“ [38]. Znamená to, že mám poznať kvantovú fyziku? Sv. Tomáš odpovedá nie, lebo lepšie ako mať dokonalé poznanie o nedokonalých veciach, je mať nedokonalé poznanie o dokonalých veciach [39]. Znamená to teda, že mám poznať Boha teológiou sv. Tomáša? Sv. Tomáš odpovedá nie, lebo „Milovať Boha je lepšie ako poznať Boha, ale poznať veci je lepšie ako ich milovať“ [40]. Dôvod, prečo tento výrok neodporuje výroku: „Dobro človeka spočíva v poznaní pravdy“ je, že tu nejde o pojmové poznanie pravdy. Sv. Tomáš píše, že [41]

*Správnosť úsudku [ , teda poznanie pravdy,] je dvojaká: prvá je na základe dokonalého použitia rozumu; druhá je na základe istej konaturálnosti [ , môžeme povedať súznenie srdca,] s vecami, o ktorých súdi. Takže napríklad vo veciach čistoty, človek súdi správne, keď pozná etiku, zatiaľ čo ten, kto má cnosť čistoty, súdi správne istou konaturálnosťou. Táto náklonnosť alebo konaturálnosťou pre Božské veci je výsledkom lásky, ktorá zjednocuje s Bohom.*

Teda okrem pojmového poznania pravdy, existuje isté „poznanie láskou“. Ako na to, nám sv. Tomáš ukázal svojím životným dielom. Asi najviac na sklonku jeho života, kedy zažil vec, po ktorej prestal písať. Človek, čo údajne strávil 17 hodín denne štúdiom, modlitbou, vyučovaním a písaním, písal 20 rokov a napísal zhruba 40 000 normostrán, prestal písať zo dňa na deň. Preto svoju Sumu teologickú nikdy nedokončil. Keď ho jeho spolubratia, vedomí si jeho geniality, urgovali písať ďalej, odvetil [42, s. 207]: „Oproti tomu, čo som videl, všetko, čo som napísal, je slama.“

Krátko predtým, keď sv. Tomáš spisoval otázky o utrpení a zmŕtvychvstaní Krista, prihodila sa mu ďalšia vec. Jeho spolubrat prisahal, že ho videl rozprávať sa s Kristom pred krížom. Z kríža sa ozvalo „Tomáš, dobre si o mne napísal. Čo chceš ako odmenu?“ S jemu vlastnou stručnosťou sv. Tomáš odvetil dokonalé zhrnutie celej jeho teológie: „Nič, len Teba, Pane [42, s. 204].“

## **ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ODKAZOV**

- [1] BIBLIA. 1 Kor 3,1–2 v sv. T. Akvinský, Summa Theologiae I pr.
- [2] BONINO, Serge-Thomas, O.P. (2010). To be a Thomist.
- [3] DESCARTES, René. (1637). Rozprave o metóde.
- [4] LEV XIII. (1879). Aeterni Patris 17.
- [5] AKVINSKÝ, Tomáš (sv.). In De caelo I, lect. 22, n. 228
- [6] AKVINSKÝ, Tomáš (sv.). Summa Theologiae I pr.
- [7] AKVINSKÝ, Tomáš (sv.). Summa Theologiae I, q. 44, a. 2 resp
- [8] AKVINSKÝ, Tomáš (sv.). In Metaph. II, lect. 1, n. 287
- [9] AKVINSKÝ, Tomáš (sv.). In Metaph. XII, lect. 9, n. 2566
- [10] JÁN PAVOL II. (sv.). (1998). Fides et Ratio 43.-44.
- [11] AKVINSKÝ, Tomáš (sv.). De ente et Essentia
- [12] AKVINSKÝ, Tomáš (sv.). Summa Theologiae I, q. 79, a. 2 resp.
- [13] AKVINSKÝ, Tomáš (sv.). Expositio in Symbolum Apostolorum pr.
- [14] AKVINSKÝ, Tomáš (sv.). Summa Theologiae I, q. 85, a. 5
- [15] AKVINSKÝ, Tomáš (sv.). Summa Theologiae I, q. 2, a. 1 resp.
- [16] ARISTOTELES. Anal. Post. 71b
- [17] AKVINSKÝ, Tomáš (sv.). Super Boetium de Trinitate q. 5, a. 1 resp.

- [18] ARISTOTELES. De Caelo, 271b8–13 v sv. T. Akvinský, De ente et Essentia pr.
- [19] AKVINSKÝ, Tomáš (sv.). De Principiis Naturae c. 1 a c. 3
- [20] WALLACE, William A. (1997). Thomism and the Quantum Enigma. – *The Thomist*, 61, 455-468.  
<https://doi.org/10.1353/tho.1997.0022>
- [21] PUTNAM, Hilary. (2012). Quantum Mechanics and Ontology. In *Philosophy in an Age of Science*. – Cambridge, MA: Harvard University Press.
- [22] KOONS, Robert C. (2018). Hylomorphic Escalation: An Aristotelian Interpretation of Quantum Thermodynamics and Chemistry. – *American Catholic Philosophical Quarterly*, 92, 159-178.  
<https://doi.org/10.5840/acpq2017124139>
- [23] SIMPSON, William M. R. (2021). From Quantum Physics to Classical Metaphysics. In W. M. Simpson, R. C. Koons, J. Orr (Eds.), *Neo-Aristotelian Metaphysics and the Theology of Nature* (pp. 21-65). – New York: Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781003125860-3>
- [24] DALTON, John. (1808). *A New System of Chemical Philosophy*.  
<https://doi.org/10.5479/sil.324338.39088000885681>
- [25] HUYGENS, Christiaan. (1690). *Traité de la Lumière*.
- [26] NEWTON, Isaac. (1687). *Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica*.  
<https://doi.org/10.5479/sil.52126.39088015628399>
- [27] MAXWELL, James Clerk. (1865). A Dynamical Theory of the Electromagnetic Field.  
<https://doi.org/10.5479/sil.423156.39088007130693>
- [28] PLANCK, Max. (1901). Ueber das Gesetz der Energieverteilung im Normalspectrum.  
<https://doi.org/10.1002/andp.19013090310>
- [29] EINSTEIN, Albert. (1905). *Über einen die Erzeugung und Verwandlung des Lichtes betreffenden heuristischen Gesichtspunkt*. <https://doi.org/10.1002/andp.19053220607>
- [30] RUTHERFORD, Ernest. (1911). The Scattering of alpha and beta Particles by Matter and the Structure of the Atom.
- [31] THOMSON, Joseph John. (1897). Cathode Rays.
- [32] BOHR, Niels. (1913). On the Constitution of Atoms and Molecules.  
<https://doi.org/10.1080/14786441308635031>
- [33] DE BROGLIE, Louis. (1924). A Tentative Theory of Light Quanta.  
<https://doi.org/10.1080/14786442408634378>
- [34] PIŠŮT, Ján, GOMOLČÁK, Ladislav, ČERNÝ, Vladimír. (2008). Úvod do kvantovej mechaniky.
- [35] BORN, Max. (1926). Zur Quantenmechanik der Stossvorgänge.  
<https://doi.org/10.1007/BF01397477>
- [36] SCHRÖDINGER, Erwin. (1926). Quantisierung als Eigenwertproblem.  
<https://doi.org/10.1002/andp.19263861802>
- [37] AKVINSKÝ, Tomáš (sv.). In *Ethic*. VI, lect. 7, n. 1211
- [38] AKVINSKÝ, Tomáš (sv.). *Summa Theologiae* II-II, q. 167, a. 1 ad. 1
- [39] AKVINSKÝ, Tomáš (sv.). *Summa Theologiae* I-II, q. 67, a. 3 ad 1
- [40] AKVINSKÝ, Tomáš (sv.). *Summa Theologiae* I, q. 82, a. 3 resp.
- [41] AKVINSKÝ, Tomáš (sv.). *Summa Theologiae* II-II, q. 45, a. 2 resp.
- [42] TORRELL, Jean-Pierre, O.P. (2017). *Svatý Tomáš Akvinský, osoba a dílo*. – Praha: Krystal OP.