

Předmluva

Problém fundamentální struktury hmoty byl v dějinách lidské civilizace předmětem zájmu filosofů i přírodovědců odedávna. Zřejmě jako první se k tomuto tématu vyjádřili v 5. a 4. století před naším letopočtem řečtí filosofové Demokritos a Leukippos, kteří byli zakladateli atomismu, tj. hypotézy, že vesmír je složený z nedělitelných, neměnných a věčných částíček, pohybujících se v prázdném prostoru. Jednalo se ovšem pouze o abstraktní filosofickou koncepci; pokud jde o empirické přírodovědecké poznání, po dobu dalších více než dvou tisíc let k žádnému výraznějšímu pokroku nedošlo. Zlom nastal až na začátku 19. století, po odhalení některých základních kvantitativních zákonů chemických reakcí a fyziky plynů, jež bylo možno přirozeně interpretovat pomocí představy o atomové a molekulové struktuře hmoty. Nejvíce se o to zasloužili John Dalton (1766–1844), Amedeo Avogadro (1776–1856) a Joseph Louis Gay-Lussac (1778–1850), ale jistě přispěli i někteří další. Dovolím si spekulovat, že kdyby se v oné době uděloval nějaký ekvivalent nynější Nobelovy ceny, zmínění tři průkopníci by jistě byli vhodnými kandidáty. Je ovšem také pravda, že hypotetické atomy a molekuly měly během 19. století i své významné a vlivné odpůrce. Za všechny jmenujme Wilhelma Ostwalda (1853–1932), který byl zakladatelem oboru dnes nazývaného fyzikální chemie (získal Nobelovu cenu za chemii v roce 1909) a Ernsta Macha (1838–1916), jinak znamenitého fyzika, jehož jméno je také výrazně spojeno s Prahou. Jejich odpor vůči atomům a molekulám byl jistě do značné míry pochopitelný–prostě proto, že tehdy samozřejmě neexistoval žádný přímý experimentální důkaz existence takových objektů. Na konci 19. století a v prvních dvou dekádách 20. století však v dané oblasti došlo k pokroku, který lze

bez nadsázky označit za převratný. Za klíčové události lze považovat především šťastně náhodný objev radioaktivity, dále identifikaci elektronu jakožto nositele elementárního elektrického náboje a odhalení překvapivé struktury atomu v podobě nepatrného jádra a mnohem většího elektronového obalu. Zásadní součástí probíhající fyzikální revoluce byla kvantová teorie, která se definitivně objevila na scéně ve dvacátých letech a stala se fundamentální novou metodou pro popis jevů v mikrosvětě. V období mezi dvěma světovými válkami se tak atomová a jaderná fyzika staly prestižními obory základního výzkumu, navíc s velkým dopadem v technologii, zbrojním průmyslu a tím pádem i politice. Na konci druhé světové války experti v dané oblasti už celkem dobře chápali strukturu běžné hmoty danou atomovými elektrony a nukleony (protony a neutrony), které tvoří atomová jádra. Kromě toho bylo ale také třeba vyrovnat se s poněkud znepokojivým faktem existence exotické částice – mionu, jejíž role ve stavbě hmoty byla naprosto nejasná. Ovšem pohled na naši nynější tabulku elementárních částic by v oné době asi znamenal šok pro každého jaderného fyzika: kdo by si byl tehdy pomyslel, že fyzikální realitou je šest kvarků a šest leptonů, dále intermediální bosony a gluony a na dovršení všeho solitérní Higgsův boson!

Cesta k současnému standardnímu modelu částicové fyziky byla mimořádně pozoruhodná jako kombinace brilantních teoretických hypotéz a náročných týmových experimentů, které postupně potvrdily podstatnou část teorie. I zde ovšem probíhaly názorové konflikty podobné těm, které provázely atomovou a molekulární teorii v 19. století. Jedním takovým kontroverzním problémem moderní částicové fyziky byl nepochybně kvarkový model struktury nukleonů (a dalších tzv. hadronů), ale nedůvěru u mnohých jistě vyvolávaly i další ve své době hypotetické částice. Navíc, někteří respektovaní teoretici v průběhu 60. let zpochybňovali i samotnou kvantovou teorii pole jako možnou adekvátní metodu popisu interakcí elementárních částic. V takových případech jde vždy o přirozený rozpor mezi

badateli okouzlenými hlubokými teoretickými idejemi a skeptiky, kteří vyžadují především empirická fakta a přímé experimentální důkazy. Geneze standardního modelu je však nesmírně zajímavá právě tím, jak se původně spekulativní teoretické schéma s řadou netriviálních předpovědí postupně stalo respektovanou fyzikální realitou a získaný popis mikrosvěta lze tak nyní právem považovat za jednu z nejúspěšnějších fyzikálních teorií 20. století. Ačkoli si dnes ještě nemůžeme být úplně jisti detailní povahou tajuplného Higgsova bosonu detekovaného v CERN v roce 2012, lze přece jen *bona fide* mít za to, že ona pozoruhodná více než padesátiletá etapa vývoje částicové fyziky byla tímto objevem symbolicky završena. Je ovšem třeba také připustit, že zásadní objevy částicové fyziky učiněné v období po druhé světové válce až do současnosti zatím nemají bezprostřední praktické aplikace; v rámci základního výzkumu je však hloubka získaného poznání skutečně závratná.

Smyslem této útlé knížky je popsat a objasnit historii standardního modelu s mnoha jejími zákruty a překvapivými momenty. Snahou autora bylo zachytit všechny podstatné detaily, i když je jasné, že pojednání v daném rozsahu nemůže být ani zdaleka vyčerpávající. Svým charakterem se také nejedná o typický popularizační text; jeho cílem je spíše oslovit skutečně vážné zájemce o moderní částicovou fyziku. Mohl by se tedy hodit středoškolským učitelům, profesionálním fyzikům z jiných oborů nebo studentům fyziky a matematiky na vysokých školách. Myslím ale, že by konečně mohl být užitečný i pro úzce specializované částicové fyziky, jako osvěžení polozapomenutých znalostí a doplnění širšího přehledu o daném oboru.

Předkládaná práce představuje rozšíření a aktualizaci časopiseckého článku, publikovaného v roce 2003; potřeba aktualizace původního textu samozřejmě vznikla především v důsledku objevu Higgsova bosonu, ale i kvůli dalšímu celkovému upevnění pozice standardního modelu v částicové fyzice během uplynulých patnácti let. Při přípravě tohoto nového vydání i původní verze z roku 2003 mi pomohla řada

kolegů z několika různých institucí, a to jak technicky, tak cennými věcnými připomínkami a inspirativním povzbuzením. Rád bych jim všem poděkoval a dovoluji si proto uvést zde jejich jména v abecedním pořadí: Jiří Dolejší, Jan Fischer, Jiří Formánek, Jiří Grygar, Tomáš Husek, Jiří Chýla, Aleš Lacina, Rupert Leitner, Michal Malinský, Luboš Motl, Ján Pišút, Richard Polifka, Tomáš Sýkora a Aleš Trojánek.

Můj zvláštní dík patří Jiřímu Hoškovi, který mě v roce 1974 uvedl do studia teorie elektroslabých interakcí.

Obrázky 9, 10, 11 a 13 bylo možno použít díky laskavému svolení archivu CERN.

Praha, březen 2019

Jiří Hořejší