

Hmota a vesmír – od obrazu statického světa k pojetí dynamického universa

Přijetí myšlenky, že vesmír má své dějiny, nebylo nijak snadným aktem, došlo k němu velmi pozdě a samozřejmě to souviselo se změnami představ o dalších charakteristikách vesmíru. Jednou z těchto základních charakteristik byly *rozměry*, které se v představách filosofů od antiky až po odhady současných astronomů zvětšily o několik řádů. Představy prvních filosofů se příliš nelišily od toho, jak velikost vesmíru zprostředkovávala posluchačům mytologická vyprávění. Vesmír byl stále tak malý, jako v dobách, kdy Ikarovi stačilo vystoupat několik desítek či snad stovek metrů nad zemský povrch, aby se natolik citelně přiblížil Slunci, že mu jeho žár rozpustil vosk na jeho křídlech, kdy stačila chvilka nepozornosti, aby Faethónův sluneční vůz narazil do hvězd a při odrazu jen tak mimochodem osmahnul do černa Etiopany. Sumerští kněží si nechali stavět své zikkuraty, z nichž pozorovali dění na obloze, nikoli proto, aby unikli z dosahu světél velkoměst či překonali jejich smogovou příkrývku, ale prostě proto, že věřili, že se tak zdatně přiblíží ke hvězdám, které je zajímaly.¹ Ostatně bylo rozhodně psychologicky únosnější žít v představě malého vesmíru víceméně lidských rozměrů a nakonec to bylo odůvodněno i historicky – podle většiny mýtu přece nejdříve bohové stvořili zemi a vodstva a vlastně až ze zbylého materiálu udělali nebesa jako kulisu pro místo věnované člověku.

S rozvojem geometrie, s rostoucím počtem stále přesnějších pozorování a především s nabývajícím odvahou dosažených poznatků použit k netradičním závěrům, se lidské rozměry vesmíru postupně zvětšují a dostávají se na úroveň rozměrů geografických. Pro Herakleita je Slunce ještě srovnatelné s velikostí štítu, Anaxagoras uvádí, že je možná mnohem větší než celý Peloponés. Nejedvážnější je v odhadech velikosti vesmíru Ptolemaios, podle kterého je Země pouhým bodem vzhledem k nebi. I tak ovšem pro celý vesmír stačí rozměry, které jsou srovnatelné se vzdáleností Země od Slunce. Odhady těchto rozměrů samozřejmě úzce souvisejí s převládajícím geocentrickým názorem. Za předpokladu nehybnosti Země se musí pohybovat ostatní nebeská tělesa a kdyby se nacházela v příliš velkých vzdálenostech, musela by se pohybovat nesmírně rychle, aby jejich přesuny odpovídaly pozorovaným stavům. O nekonečném vesmíru takto ovšem vůbec není rozumné uvažovat. Pro nehybnost Země a tím i malost vesmíru svědčí i řada argumentů; kromě Aristotelovy teorie přirozených míst a neměnném tvaru souhvězdí, bylo všem stoupencům geocentrismu naprosto jasné, že při pohybu Země okolo vlastní osy by musel stále foukat velmi silný východní vítr a stadiony olympijských her by musely vypadat jinak, protože takto by závodníci ve skoku dalekém končili daleko na západních tribunách. V této situaci je mnohem starší Aristarchův heliocentrický model vyžadující podstatně větší vesmír s rozměry již astronomickými a jeho předpoklad, že Slunce svou velikostí přesahuje rozměry zemského glóbu, naprosto absurdní a nepřijatelný.² Přijat je geocentrický model ptolemaiovských rozměrů, které nedosahují ani skutečné vzdálenosti Země od Slunce, Země je nehybná, vesmír statický.

Rozpad antického světa, fyzické zničení písemností, vypálení celých knihoven a nástup víry upřednostňované před rozumem, znamená zakonzervování na dlouhou dobu malého geocentrického vesmíru bez dějin. Astronomické rozměry vesmír získává zpět až se znovuobjevením antické vědy a růstem sebevědomí, které člověku dovoluje postavit se tváří v tvář nesmírné rozlehlosti vesmírné prázdnoty, i když ne všichni jsou toho samozřejmě schopni. Ti odvážnější končí se svým přesvědčením na hranici, opatrnější skrývají své názory za hypotetičnost geometrických uspořádání, klasická fyzika konstruuje argumenty proti nekonečnosti vesmíru. Olbersův (také fotometrický) paradox ukazuje, že v nekonečném vesmíru, ve kterém by samozřejmě bylo nekonečné množství hvězd, by náš pohled, ať bychom se ze svého stanoviště na Zemi podívali kterýmukoli směrem na noční oblohu, musel narazit na svítící hvězdu. Na obloze by nebylo temného místa, zářila by jako Slunce ve dne. A protože je ve skutečnosti v noci tma, musí být vesmír konečný s konečným počtem hvězd. Argument jasný a jednoduchý, ve statickém vesmíru bez dějin je neochvějný. Na jeho vyvrácení bylo potřeba počkat, až hvězdám zůstane jejich stálost jenom ve jméně, až bude vesmíru přiznána jeho historie. Stejně jako geocentrický vesmír musel být malý, statický vesmír musel být konečný.

Vesmír se v představách začíná zvětšovat postupně s příchodem nové techniky – roku 1778 sestrojil William Herschel teleskop, s jehož pomocí o tři roky později objevil ve sluneční soustavě nové těleso,

¹ Volně podle Timothy Ferris: *Histoire du cosmos de l'antiquité au big bang*. 1992, p. 16 (přeloženo z anglického originálu *Coming of Age in the Milky Way*, NY 1988.)

² Ovšem i tento nepřijatelně obrovský vesmír má poloměr rovný čtvrtině vzdálenosti k nám nejbližší hvězdě. Timothy Ferris: *Histoire du cosmos de l'antiquité au big bang*. 1992, p. 36.

kteře se ukázalo být planetou.³ Uran tak nejen rozmnožil planetární rodinu, ale ukázal na možnosti, které nabízí technika. Aby se však plně dalo přejít od odhadů vesmírných vzdáleností maximálně astronomických ke vzdálenostem galaktickým nebo dokonce kosmologickým, bylo třeba získat nový způsob měření a odhadu, v tomto případě přejít od geometrického určování vzdáleností k fyzikálnímu. S nástupem novověké vědy již není nejmenší pochybnosti o tom, že hvězdy jsou útvary stejného řádu jako naše Slunce a v době jejího největšího rozvoje vesmír získává galaktické rozměry. Studium spekter hvězd umožňuje sestavit tabulky poměrů jejich absolutní a zdánlivé svítivosti a jejich vzdáleností⁴, míle či kilometr se stávají velmi malou mírou pro měření vesmíru a pro vyjádření vzdáleností se nadále používají světelné roky, astronomické jednotky a parseky.⁵ Je třeba ještě rozptýlit mlhu nejasností kolem mlhovin⁶ – jsou součástí galaxie, nebo je galaxie celým vesmírem? To je spor, který se táhne až do dvacátých let 20. století a je rozhodnut díky objevu dalšího typu hvězd a pozorování spirální mlhoviny, které v roce 1923 uskutečnil E. Hubble, když s pomocí nové techniky určování vzdáleností zjistil, že tyto útvary se nacházejí daleko za hranicemi naší galaxie. Vesmír v představách astronomů získal kosmologická měřítka, ale mnohem důležitější bylo, že uvedené objevy, které z doposud známého vesmíru učinily nepatrnou součást obrovské struktury, měly za následek konec statického pojetí vesmíru. Ukázalo se totiž, že vzdálenosti galaxií nejsou konstantní, ale zvětšují se. Tímto objevem se začala historie rozpínajícího se vesmíru a myšlenka evoluce tak pronikla z biologie, kde se zabydlovala už několik desetiletí i do světa neživé přírody.⁷

Druhým charakteristickým rysem je *obsah* vesmíru. I představy o obsahu vesmíru jsou jistým způsobem spojeny s dynamickou interpretací světa. Snaha formulovat koncepce popisující základní elementy světa je přirozeně následována popisem principů, jak se tyto elementy mohou mísit a spojovat, aby vytvořily pozorovaný svět. Představy o obsahu vesmíru jsou tak doprovázeny koncepcemi jeho vzniku, ale představa jeho dalšího vývoje bývá zpravidla již samostatným intelektuálním výkonem. Ostatně je to jistě dáno i tím, že dějiny představ o obsahu vesmíru jsou mnohem stručnější, ve srovnání například s představami o jeho rozměrech. Jistě by se dalo najít velké množství různých návrhů na látkové složení vesmíru (nebo jeho oduševnění), ale všechny byly odsouzeny být po dlouhou dobu čistými spekulacemi, mezi kterými se nedalo nijak rozhodnout, protože vesmír byl nedosažitelný a chyběl jediný důkaz, a tak se na materiál usuzovalo jen nepřímou, nejčastěji z pozorovaných pohybů, méně pak z přímých fyzikálních důsledků. Aristoteles tak podle své teorie na základě pozorovaných kruhových drah připisuje supralunárnímu světu pátý živel éter, pokud jde kvalitu Slunce, v podstatě není mezi antickými učenci sporu o tom, že je ohněm.

Situace se začíná měnit s nástupem novověké vědy, kdy klasická mechanika vyžaduje, aby i nebeská tělesa byla chápána jako jakákoli jiná fyzikální látka. Descartes rozeznává ještě tři typy těles a tři elementy: Slunce a hvězdy jsou tvořeny ohněm, nebe vzduchem a Země a ostatní planety posledním z elementů, zemí. Sama myšlenka éteru nezůstává ovšem beze změny, dalo by se dokonce říci, že existuje několik historických teorií éteru. Objevovaly se postupně, jak bylo potřeba vysvětlovat nové fyzikální jevy v optice, magnetismu a teoriích elektřiny. Všeobecně by se dal éter charakterizovat jako velmi jemná substance, ovšem nikoli v metafyzickém smyslu, tedy spíše látka, ale zase odlišná od zbývajících hmoty, které přenášela účinky mezi na sebe působícími tělesy. Tak, jak bylo známo, že vzduch slouží jako médium pro přenos akustického vlnění, tak éter měl sloužit k přenosu světelných částic. Situace zde však byla o něco komplikovanější v tom, že ve vysvětlení optických jevů mezi sebou soupeřily korpuskulární a vlnová teorie světla, z nichž každá svým způsobem využívala myšlenku éteru. U Descarta byla látka vyplňující místo mezi nebeskými tělesy (a srovnatelná tak s tím čemu ostatní říkali éter) odpovědná za dráhy planet, které svým vířením uváděla do pohybu, fyzici Hook, Huyghens vypracovávají teorii, která vysvětluje světlo jako vibrace éterového prostředí, ve stejné době Newton navrhuje chápat světlo jako částice, které předávají své vibrace éteru (a podle jejich intenzity pak můžeme rozlišovat barvy ve světle). V 18. století se objevily další éterové teorie, které se snažily využít tohoto fluida k vysvětlení jevů na bázi elektřiny, magnetismu a tepla (Franklin, Ampère.) V 19. století se vrací hypotéza vlnového charakteru světla a opět se uvažuje o univerzálním éteru vyplňujícím vesmír,

³ Jean-Pierre Verdet: Une histoire de l'astronomie, Seuil 1990, p. 221.

⁴ Hertzsprung-Russellův diagram, 1905–1913.

⁵ 1 parsek = 3,26 světelného roku = 206 000 astronomických jednotek.

⁶ Nejde zde samozřejmě o mlhoviny nepravidelného tvaru hvězdného původu, které jsou pozůstatkem výbuchu supernov a jsou součástí naší galaxie, ale světelné útvary v několika geometrických tvarech – typicky spirály a disky.

⁷ Dnešní odhady velikosti vesmíru tak udávají číslo 10^{28} cm, přičemž pozorovatelný vesmír je o dva řády menší.

ale již se připravují experimenty, které mají učinit všem éterovým hypotézám a éteru jako takovému definitivní konec. Rostoucí počet pozorování, které si protirečily pokud jde o existenci éteru vedly k sestrojení řady experimentů⁸, které nakonec vyústily ve fyziku, ve které již éter neměl místo, a tato fyzika nakonec vedla, i když ne zcela přímočaře, k vykreslení obrazu dynamického vesmíru.

Studium chemického složení nebeských těles v omezené míře nabízely pouze meteority, ovšem to by bylo třeba je nejdříve uznat za kameny spadlé z nebe. K radikální změně dochází až s rozvojem chemie a objevem spektrální analýzy⁹, kdy je možné tvrdit, že zářící tělesa ve vesmíru obsahují stejné chemické prvky jaké lze objevit i v pozemských laboratořích. Chemické složení hvězd tak přestalo být tajemstvím a doménou spekulace a s rozvojem astronomie a jejích odvětví během 20. století (radioastronomie) se toto poznání rozšířilo i na další tělesa a mezihvězdnou látku nezářící ve viditelné části spektra. Studium kvalitativního složení hvězd přispívá k poznatku, který má za následek, že stále jsou stálicemi už jen podle jména, ale ve skutečnosti se jedná o objekty, které vznikají procházejí vlastním vývojem a zanikají. Jejich vývojové fáze, ovlivňující látkové složení jejich nejbližšího okolí syntézou a rozšířením chemických prvků, se dostávají do úzkých souvislostí s evolucí vesmíru a nakonec umožňují i vysvětlit vznik planetárních soustav a samotnou existenci člověka.¹⁰

Třetím charakteristickým prvkem podílejícím se na celkové představě o vesmíru je jeho *tvar* a prostorové vlastnosti. Stejně jako v případě úvah o obsahu vesmíru, i zde bychom mohli najít poměrně bohatou škálu mytologických výpovědí nebo přímo zobrazení tvaru vesmíru, které byly v dějinách evropského myšlení vystřídány na dlouhou dobu plochým vesmírem a prázdným prostorem (kromě několika výjimek pokud jde o prázdný prostor) zobrazeným v eukleidovské geometrii a teprve až s formulací obecné teorie relativity aplikující jiná geometrická zobrazení na fyzikální realitu se objevují nové tvary a prostorové vlastnosti vesmíru. Celkový tvar vesmíru (v návaznosti na představy o jeho velikosti) se také v historických koncepcích často odvíjel od uznávaného tvaru samotné Země. Dokud byla Země plochá, byl zbytek vesmíru takový, jaký se jevil, tj. (polo)kulovitou klenbou, která se se Zemí na horizontu stýkala a byla o ni nějakým způsobem (horstva, obří) podepřena. Pro Anaximandra je Země plochá (obydlená je jedna strana), nebe však již nedrží žádná opora, ale má od Země všude stejnou vzdálenost. Pravděpodobně smysl pro geometrickou eleganci vedl pythagorovce k modelu kulaté Země a kulatých nebeských sfér a pozorování stínu Země putujícího při zatmění po tváři našeho satelitu poměrně brzy vedlo k uznání faktické kulatosti naší planety a tím se také nebeská klenba stala plně kulovitou. Kulovité nebe brzy zabydly sféry vlastní jednotlivým nebeským tělesům nebo jejich skupinám, ale na vlastní geometrické podobě se již mnoho nezměnilo. Stranou necháváme více či méně iracionální a mystické vize o uspořádání a podobě vesmíru v jednotlivých náboženstvích, stejně jako celou oblast východní filosofie, přestože je v poslední době velmi moderní spojovat současnou fyziku a ideje indické a čínské filosofie, abstraktní matematická zobrazení (Platonovo přiřazení geometrických tvarů jednotlivým živlům – země-krychle, voda-dvacetistěn, vzduch-osmistěn, oheň-čtyřstěn – kdy jsou vlastnosti světa vysvětlovány kombinací těchto živlů, tedy matematicky) nebo zcela šílené teorie z historie nedávné (jako byla například dutozemě v teorii podporované nacistickou ideologií).

Moderní představy o tvaru vesmíru velmi těsně souvisejí s jeho dynamickým pojetím. Matematickým předpokladem pro změnu představ o tvaru vesmíru jsou neeukleidovské geometrie, i když je dlouhou dobu nikdo s fyzikální realitou nespojuje. Teprve s teorií relativity a zejména s její aplikací na vesmír v prvních relativistických modelech, ve kterých dochází ke geometrizaci fyziky¹¹, jsou neeukleidovské geometrie použity pro zobrazení skutečného prostoru a v rámci dnes již standardního modelu vesmíru se uplatňují tři základní podoby. První představuje vesmír uzavřený, kdy je prostor kladně zakřiven a vesmír je konečný, druhé dvě varianty jsou vesmírem otevřeným, v jednom je použita eukleidovská geometrie, tento vesmír je plochý, prostor nezakřivený, v druhém je křivost záporná, vesmír je

⁸ Nejznámější z nich je pokus (1887) Alberta Michelsona a Edwarda W. Morleyho, který prokázal, že pohyb Země nemá v optice ty důsledky, které předvídá éterová teorie. Podobným procesem prošly i elektrodynamické teorie až nakonec mohl A. Einstein s využitím prací H. A. Lorentze, které vysvětlily negativní výsledek Michelson-Morleyova pokusu, a prací H. Minkowského, který nahradil absolutní čas a prostor jednotným kontinuem, formulovat teorii, která nepotřebovala k vysvětlení aktuálních problémů žádné substanční prostředí.

⁹ Joseph von Fraunhofer. Při pozorování (1814) rozloženého slunečního světla si všimnul, že spektrum není dokonale kontinuální, ale jsou v něm nepravidelně rozložené čáry, kterých identifikoval ve slunečním světle přes pět set. Dalším studiem spekter různých světelných zdrojů se ukázalo, že specifická distribuce spektrálních čar může být použita jako jedinečný identifikátor chemického složení světelného zdroje. Takto se astronomům nabídl možnost studovat chemické složení hvězd pouze detekcí jejich záření. To, co se dosavadním astronomům zdálo jako nedosažitelný sen pro nemožnost fyzického kontaktu s nebeskými tělesy, splnily fyzikální a chemické metody. (M. Serres, N. Farouki: *Le Trésor. Dictionnaire des sciences*. Flammarion 1997, p. 916.)

¹⁰ Podle dnešních představ tak látkové složení vesmíru vypadá takto: 75 % vodíku, 23 % hélia a 2 % ostatních prvků.

¹¹ Podrobněji viz J. Krob: *Hledání, času, místa, smyslu*, Brno 1999.

nekonečný. Toto jsou však již modely vesmíru, který je dynamický, vyvíjí se (expanduje), má své dějiny a lze jej tedy popsat pouze jako evoluční systém.

Podobně jako představy o vesmíru i to, jak je chápána hmota má samozřejmě své dějiny. Jsou jim věnovány samostatné práce a jsou standardní součástí obecných dějin filosofie¹², zde proto pouze připomeneme některé body, které se vztahují k použití tohoto výrazu i v přírodní vědě. Nejnápadnějším rozdílem v použití tohoto výrazu ve fyzice a ve filosofie je pravděpodobně důsledné pojetí filosofie, kdy pojem hmoty zahrnuje všechno materiální (tělesa a látka, záření a pole a jejich vzájemné působení), kdežto použití výrazu hmota ve fyzice se zdá být mnohem volnější, pravděpodobně v důsledku jisté jazykové setrvačnosti, kdy stále ještě je v pozadí klasická fyzika a její ztotožnění hmoty a hmotnosti. Říká-li tedy dnešní fyzika „hmota“ velmi často se tím má na mysli „látka“. Jako příklad je možné uvést spojení „hmota a antihmota“, které má vyjádřit to, že látka může být složena z částic a antičástic¹³, tedy by se spíše mělo hovořit o „látce a antilátce“. V kosmologii se využití tohoto výrazu mnohem více blíží filosofickému pojetí, neboť když kosmolog hovoří například o homogenním rozložení hmoty (někdy se ovšem říká i látky) ve vesmíru, nemá na mysli jen tuhá tělesa, ale samozřejmě i záření, které dokonce v podobě reliktního záření slouží i jako empirický důkaz předmětného tvrzení. Ještě „kompaktnější“ je tento výraz ve spojení „hmota v počátečních podmínkách singularity“, kdy již z definice je nesmyslné rozlišovat stavy látka a záření a pojem hmoty se tak velmi přibližuje zcela původnímu významu, který najdeme už u antických přírodních filosofů (kteří ovšem pro tento případ měli jiné slovo, resp. teprve jej hledali).

¹² Kapitola je i v Úvodu do ontologie (J. Krob, J. Šmajš, Brno 1994), který je rovněž kompletně k dispozici na <http://www.phil.muni.cz/fil/eo>.

¹³ Antičástice se od částic liší pouze elektrickým nábojem. Antičásticí k elektronu je pozitron, který má kromě znaménka elektrického náboje (a možná některých specifický projevů, které ovšem mohou být interpretační záležitostí, např. směr času) stejné fyzikální vlastnosti jako elektron.