

KRITIKA POZITIVISTICKÝCH INTERPRETÁCIÍ KOZMOLOGICKÝCH TEÓRIÍ

JÁN ŠTOHL, Astronomický ústav SAV, Bratislava

Vo svojom príspevku sa chcem dotknúť niektorých vybraných aspektov kritiky pozitivistických interpretácií kozmologických teórií.

Teoretickým východiskom celej modernej kozmológie je Einsteinova všeobecná teória relativity. Možno povedať, že táto východisková teória je dnes už overená s pomerne vysokou spoľahlivosťou, a to vďaka mnohým nezávislým experimentom a astronomickým pozorovaniam. Skvelým potvrdením Einsteinovej teórie relativity, ale aj relativistických kozmologických modelov vesmíru sú veľké objavy modernej astronómie, najmä reliktového žiarenia, kvazarov, čiernych a bielych dier, ako aj Big Bangu, tohto začiatočného procesu vývoja celej známej časti vesmíru. Einsteinova teória relativity sa stala mimoriadne plodným teoretickým nástrojom pre fyzikálnu interpretáciu nových objavov, ako aj pre predpovedanie fyzikálnych procesov často až katastrofického charakteru v extrémnych vývojových podmienkach kozmických objektov.

Už z tohto stručného výpočtu úspešnosti všeobecnej teórie relativity vidieť, aké pomýlené boli pozitivistické postoje, ktoré upadli do všeobecného relativizmu, negujúc fyzikálny obsah všeobecnej teórie relativity, z ktorej boli schopné vidieť iba matematickú formu. Celkom bezpredmetným sa stal postoj vyjadrený napr. hlavným predstaviteľom „viedenského kruhu“ M. Schlickom, ktorý videl vo fyzikálnom priestore iba „pojmovú konštrukciu“. Nové astronomické objavy a fakty s ich jedine možnou relativistickou fyzikálnou interpretáciou umožnili hlbšie než kedykoľvek predtým pochopiť neodlučnú spojitosť priestoru i času so štruktúrou a rozložením hmoty. Rovnako bezpredmetnými sa tým stali aj pozitivistické postoje reprezentované napr. H. Reichenbachom z „berlínskeho kruhu“, podľa ktorých teóriou relativity sa malo potvrdiť, že geocentrický a heliocentrický obraz sveta je úplne rovnocenný. Aj v tomto postoji sa zabudlo na fyzikálny obsah všeobecnej teórie relativity, ktorá nie je sústavou matematických rovníc bez obsahu, ale je v podstate zovšeobecnenou teóriou gravitácie.

Ak sú tieto pozitivistické postoje dnes už prakticky celkom opustené, v súčasnosti sa stretávame s inými, obsahovo závažnejšími deformáciami pri interpretácii kozmologických poznatkov. Jednou z takýchto deformácií, ktorá bola vlastná neopozitivismu, je mylné postavenie kritéria pre verifikáciu konkrétnych tvrdení, a teda i názorov, hypotéz a teórií v oblasti kozmológie. Ak logickí pozitivisti prijímali za kritérium verifikácie iba našu zmyslovú skúsenosť, potom nemohli nedospieť k jednostranným záverom vo vzťahu k objektívnemu, od subjektu nezávisle existujúcemu svetu. Snáď nikde nie je tento problém taký očividný ako práve v oblasti kozmológie a v niektorých novších astronomických

poznatkoch, kde naša zmyslová skúsenosť, ba i naša predstavivosť stráca svoju účinnosť. Ak napriek tomu dosiahla moderná kozmológia a astronómia svoje obrovské úspechy v spoznávaní zákonitostí štruktúry a vývoja známej časti vesmíru a vesmírnych objektov, potom z toho jasne vyplýva, že pozitivistické kritérium verifikácie zmyslovou skúsenosťou nemôže byť postačujúce. Ak by sa malo dôsledne použiť toto kritérium, ktoré pozitívizmu slúžilo ako argument na označenie filozofických interpretácií prírodovedeckých poznatkov za „pseudoproblémy“, potom by sa stali „pseudoproblémami“ i všetky tie otázky modernej kozmológie a astronómie, ktoré sa našej zmyslovej skúsenosti a predstavivosti vymykajú.

Faktom ostáva, že za dnešné pomerne hlboké chápanie evolučných kozmických procesov — ktoré je najcharakteristickejšou črtou dnešnej etapy skúmania vesmíru — vďačíme práve Einsteinovej všeobecnej teórii relativity, a to bez ohľadu na to, že východiskové hypotézy a teórie sa mohli spočiatku zdať vyslovene špekulatívnymi „pseudoproblémami“.

Pokiaľ ide o štúdium vývoja jednotlivých kozmických objektov, mimoriadne závažnú úlohu v ňom dnes má relativistická teória gravitačného kolapsu. Ukazuje sa, že práve gravitačný kolaps — ako dôsledok narušenia rovnováhy gravitačnej sily s ostatnými pôsobiacimi silami (žiarením, tlakom plynu, atď.) — vedie v záverečných fázach vývoja všetkých jednotlivých kozmických objektov (hviezd, hviezdokôp, galaxií, kôp galaxií atď.) k superhustým stavom látky. Pokiaľ ide o hviezdy, ak nemajú príliš veľkú hmotnosť, stanú sa v závere normálneho hviezdneho vývoja superhustými bielymi trpaslíkmi alebo neutrónovými hviezdami. Ak však majú hviezdy v záverečných fázach svojho vývoja väčšiu hmotnosť (presahujúcu dvoj- až trojnásobok hmotnosti Slnka), stanú sa nezadržateľným procesom gravitačného kolapsu čiernymi dierami. Tieto extrémne husté objekty sú uzatvorené do seba, žiadna informácia sa z nich nedostáva do okolitého priestoru a svoju prítomnosť prejavujú iba gravitačným pôsobením na náhodné blízke telesá (hviezdy, medzi-hviezdnu hmotu). Výskum superhustých stavov, v ktorých sa hviezdy v záverečných fázach svojho vývoja nachádzajú, má súčasne mimoriadne veľký význam i pre fyziku, nakoľko tu máme možnosť skúmať hmotu v stavoch fyzike dosiaľ neznámych, takých, ktoré principiálne nie sú dosiahnuteľné v našich laboratóriách. Tak napr. celkom nečakaný teoretický objav kvantovomechanického žiarenia čiernych dier, ku ktorému došiel r. 1974 S. W. Hawking, dokázal úzku spojitost takých základných oblastí fyziky, ako je teória relativity, kvantová mechanika a termodynamika. Dôsledky tohto objavu fundamentálneho charakteru, vychádzajúceho z teórie čiernych dier, sú pre modernú fyziku celkom nedozerne.

Teória relativity podstatne prehĺbila i naše kozmologické poznatky. Jej podstatným prínosom v tejto oblasti je to, že dala do úzkej spojitosti geometrické charakteristiky časopriestoru s gravitačnými vlastnosťami hmoty. Evolučné kozmologické modely, odvodené v r. 1922—1924 Fried-

manom zo všeobecnej teórie relativity, dostávajú dnes všeobecné potvrdenie celým radom astronomických objavov a pozorovaní. Práve tieto relativistické modely sú totiž schopné vysvetliť viaceré pozorované javy, inak nevysvetliteľné (rozpínanie vesmíru, nerovnomerné rozloženie rádiových galaxií a kvazarov v priestore, vyplnenie priestoru reliktovým žiarením atď.). Aj keď nevieme zatiaľ zodpovedať otázku, ako sa bude ďalej rozvíjať a vyvíjať vesmír v celom skúmanom meradle (alternatíva oscilujúceho alebo neobmedzene sa rozvíjajúceho vesmíru), vďaka práve relativistickým modelom sme získali jednotný a ucelený obraz o štruktúre a o procese doterajšieho vývoja celej známej časti vesmíru od Big Bangu (ktorým sa začala expanzia nášho vesmíru pred 12—15 miliardami rokov) po dnešný pozorovaný stav.

Ohrmná plodnosť všeobecnej teórie relativity v modernej kozmológii i v teoretickej astrofyzike ukazuje nad všetku pochybnosť, že táto teória s jej časopriestorom ozať nie je len pozitivisticky chápanou matematickou konštrukciou, ale má hlboký fyzikálny obsah.

V tejto súvislosti by som chcel poukázať na zložitosť prístupu ku kozmologickým teóriám a na jeho podmienenosť rôznymi apriórными postojmi. Chcem to dokumentovať na príklade tzv. kozmologického člena.

Čoskoro po vytvorení všeobecnej teórie relativity A. Einstein aplikoval túto gravitačnú teóriu na kozmologické problémy. Pri odvodení svojho kozmologického modelu z relativistických rovníc poľa (r. 1917) vychádzal z dvoch postulátov: 1. vesmír je homogénny a izotropný; 2. vesmír je stacionárny, t. j. jeho základné parametre sa časom nemenia. Je paradoxné, že práve pri odvodzovaní kozmologického modelu sa Einstein dopustil — podľa jeho vlastných slov — „najväčšieho omylu svojho života“. Keď zistil, že jeho rovnice poľa nevedú k stacionárnemu riešeniu, radšej zaviedol do svojich rovníc násilný a fyzikálne neodôvodnený tzv. kozmologický člen (λ — člen), len aby nemusel opustiť všeobecne akceptovaný postulát stacionárnosti vesmíru, o správnosti ktorého v tom čase nikto nepochyboval a ktorý sa i z filozofického hľadiska považoval za samozrejmy.

Treba zdôrazniť, že tento Einsteinov kozmologický člen tiež nie je iba matematickou fikciou, ale má opäť hlboký fyzikálny zmysel. λ — člen reprezentuje hypotetickú repulzívnu silu pôsobiacu proti gravitácii, ktorá je však taká malá, že sa prejaví iba v kozmologických meradlách. Je zrejmé, že z vedeckého hľadiska bolo postavenie takejto hypotézy prípustné a reálnosť λ — člena sa dala riešiť nie apriórne, ale overením praxou, konkrétne, konfrontovaním kozmologických modelov s výsledkami pozorovaní.

V dvadsiatych rokoch odvodil A. Friedman dnes už fakticky potvrdené nestacionárne modely vesmíru. Nezávisle od neho potvrdil r. 1929 nestacionárnosť pozorovanej časti vesmíru E. Hubble na základe pozoro-

rování červeného posunu v spektrách galaxií. Po tomto objave expanzie celého známeho vesmíru hypotéza kozmickej repulzívnej sily, reprezentovanej kozmologickým členom, sa stala zbytočnou a nereálnym sa stal i sám postulát stacionárnosti vesmíru. Einstein toto akceptoval a svoj pôvodný kozmologický model i s umelým kozmologickým členom a postulátom stacionárnosti definitívne opustil. Práve vtedy prehlásil, že sa dopustil najväčšieho životného omylu, keď kozmologický člen vôbec zaviedol.

Umelo zavedený λ — člen neboli však ochotní opustiť niektorí ďalší kozmológovia, medzi nimi také osobnosti ako A. Eddington a G. Lemaître. Pre Eddingtona, ktorý bol známy svojím sklonom k pozitivizmu, bol kozmologický člen logickou nevyhnutnosťou. Lemaître videl užitočnosť kozmologického člena celkom v inom: umožňoval odstrániť vtedajší rozpor medzi „vekom vesmíru“ (čas od začiatku expanzie) odvodeným z pozorovanej rýchlosti expanzie a zisteným vekom Zeme (Hubbleom určená hodnota rýchlosti expanzie viedla k „veku vesmíru“ maximálne 2—3 miliárd rokov; vek Zeme vychádzal na 4—5 miliárd rokov). Kozmologické modely Lemaîtreho, v ktorých vystupuje kozmologický člen, podstatne predlžujú proces expanzie a tým i vek pozorovaného vesmíru; typickou črtou týchto modelov je totiž prechodné, dlhotrvajúce zastavenie expanzie. (Bez kozmologického člena by sa od tohto času expanzia nahradila kontrakciou = pulzujúci vesmír; s kozmologickým členom sa dostane vesmír po určitom čase do ďalšej, teraz už neobmedzenej expanzie v dôsledku odpudivej, repulzívnej sily, odpovedajúcej hypotetickému kozmologickému členu). Moderná revízia škály mimogalaktických vzdialeností viedla k podstatnému prehodnoteniu Hubbleho konštanty rýchlosti expanzie (jej dnešná hodnota je okolo $65 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{Mpc}^{-1}$) a tým k zvýšeniu „veku vesmíru“ na 12—15 miliárd rokov i bez kozmologického člena. Rozpor veku sa tým odstránil a odpadol tým znova i dôvod pre hypotézu kozmickej repulzívnej sily a kozmologického člena.

Všimnime si, že motívy pre zavedenie, resp. zachovanie kozmologického člena neboli výlučne astronomického charakteru. U Einsteina išlo o zachovanie nielen astronomicky, ale aj filozoficky postulovanej stacionárnosti vesmíru, u Lemaîtrea o otázku „veku vesmíru“ s jej možnou filozofickou interpretáciou. V oboch prípadoch vďaka ďalším pozorovaniám stal sa umelo zavedený kozmologický člen bezpredmetným. Vynoril sa ešte raz r. 1967 v súvislosti s objavom kvazarov a ich pozorovaným zvýšeným výskytom vo vzdialenostiach, odpovedajúcim červenému posunu $z = 1,95$. Novšie objavy ešte vzdialenejších kvazarov urobili kozmologický člen znova zbytočným.

V každom prípade o platnosti či neplatnosti kozmologického člena a kozmologických modelov vesmíru, ktoré sa o tento člen opierajú, nerozhodol apriorný súd ani ilúзорna verifikácia zmyslovou skúsenosťou

v pozitivistickom chápaní, ale jedine možná verifikácia overením teórie praxou, v tomto prípade astronomickými pozorovaniami s ich dôslednou teoretickou interpretáciou.

Zložitosť prístupov ku kozmologickým teóriám je podmienená tým, že práve v tejto oblasti sa dostávajú konkrétne výsledky prírodnej vedy výrazne a bezprostredne do spojitosti s filozofiou. Filozofická interpretácia kozmologických poznatkov nie je „pseudoprobémom“, za aký ju označujú neopozitívi, ale serióznou, oprávnenou a nevyhnutnou vedeckou otázkou. Vážnym faktorom pri filozofickej interpretácii prírodovedeckých poznatkov je však nepochybne aj osobný postoj konkrétneho filozofa ku konkrétnemu výsledku prírodných vied.

Možno uviesť z minulosti celý rad príkladov, keď sa seriózna filozofická analýza a interpretácia kozmologických poznatkov nahradila osobne motivovaným apriórnym „pseudoriešením“. Takými boli napr. pokusy o extrapoláciu pozorovaných javov rozpínania a narastania entropie na celý vesmír s jasnou snahou podať prírodovedecký dôkaz filozoficky chápaného „časového počiatku“ celého vesmíru. Aprioristické boli však aj niekdajšie negatívne postoje voči samému pozorovanému javu rozpínania celej pozorovanej časti vesmíru, resp. voči friedmanovským evolučným modelom vesmíru s Big Bangom a voči vôbec všetkým časopriestorove nie nekonečným modelom vesmíru, so snahou celkom sa vyhnúť problému „časového počiatku“ hoci aj len celej známej časti vesmíru.

Nazdávam sa, že aj podobné postoje a nimi motivované „pseudoriešenia“ mohli byť vo svojich dôsledkoch jednou z príčin, prečo sa u niektorých prírodovedcov prejavila a ešte stále prejavuje nedôvera k samej možnosti filozofickej interpretácie prírodovedeckých poznatkov, ale aj ich prípadný sklon k pozitívizmu. Nie dosť seriózny a nekompetentný prístup niektorých filozofov k prírodovedeckým problémom v minulosti mohol byť aj jednou z príčin alebo aspoň impulzom u niektorých prírodovedcov k pokusom o suplovanie filozofov vlastným nekompetentným filozofovaním, spravidla s ešte menej fundovanými riešeniami.

Prudké narastanie množstva nových vedeckých poznatkov s následným trendom užšej špecializovanosti odborníkov si priamo žiada úzku spoluprácu rôznych špecialistov z oblasti prírodných vied so špecialistami z rôznych smerov filozofie pri filozofickej interpretácii moderných prírodovedeckých poznatkov. Z tohto hľadiska treba uvítať iniciatívu Ústavu filozofie a sociológie SAV, ktorý vytvára podmienky pre takúto spoluprácu organizovaním interdisciplinárnych konferencií a sympózií.

Nazdávam sa, že v oblasti kozmológie jedným z veľmi závažných problémov, od ktorých závisí úspešnosť filozofickej interpretácie kozmologických poznatkov, je rozpracovanie jednej zo základných metód takejto interpretácie — metódy extrapolácie. Problém vidím v tom, že pri tejto interpretácii máme k dispozícii naše vždy nevyhnutne ohraňované prírodovedecké poznatky dané konkrétnym stavom techniky pozorovaní

a úrovňou ich teoretickej interpretácie, ktoré máme pri filozofickej interpretácii extrapolovať na vesmír ako celok. Minulosť nám názorne ukázala, ako môže byť takýto postup zavádzajúci. Dôkladné rozpracovanie metódy extrapolácie sa tak môže stať cenným nástrojom nielen pre samu filozofickú interpretáciu poznatkov, ale aj na prekonanie pozitivistických a neopozitivistických postojov. Nazdávam sa, že v tejto oblasti má filozofia veľkú príležitosť splatiť svoj dlh pri filozofickej interpretácii prírodovedeckých poznatkov.