

ZÁKLADNÝ KOZMOLOGICKÝ PRINCÍP A JEHO SÚČASNÁ INTERPRETÁCIA

L. G. DŽACHAJA, Ústav marxizmu-leninizmu UK, Bratislava

DŽACHAJA, L. G.: The Basic Cosmological Principle and its Contemporary Interpretation. *Filozofia* 41, 1986, No. 1, p. 28.

The general formulation of the cosmological principles runs as follows: the homogeneity and isotropy of the metagalactic space means that there are no exclusive points or directions, on the contrary all points and direction have equal rights. It seems, however, that, first, there are no such points in space and time where gravitational or electromagnetic fields and all other known cases of inhomogeneities („black holes“, etc.) would not operate. Second, the equations of the general theory of relativity from which the „curvature of space-time“ and the connection of the „curvature“ and the density and distribution of matter and energy in the Metagalaxy follow set immediately the preferential, forced direction and the non-symmetry of points of spacetime, which is also incompatible with the cosmological principle of homogeneity and isotropy of space. Third, neither the so called „cosmologic expansion“ is so much homogenous. The absolutely homogenous, in all points of spacetime isotropic Metagalaxy, is a mathematical abstraction which has no real analogue in the objectively existing Metagalaxy. Instead of overestimating the cosmological principle, we must, therefore, fill this abstraction with the concrete physical content.

Podstata základného kozmologického princípu je dobre známa: je to najdôležitejší fyzikálny zákon symetrie. V najvšeobecnejšej podobe sa tento princíp formuluje ako homogenita a izotropia metagalaktického priestoru, v ktorom nie sú nejaké výlučné body a smery, všetky body a smery sú ekvivalentné a rovnoprávne [1, s. 315]. Tento princíp, vzatý sám osebe, izolovane od ostatných tvrdení fyzikálnych a kozmologických teórií, by azda nevyvolával osobitné námietky, tým skôr, že údaje z pozorovaní distribúcie a hustoty látky v Metagalaxii ho akoby potvrdzujú. Vzniká tu však problém, o ktorom E. Cartan už r. 1925 napísal, že ďalší rozvoj teórie relativity súvisí s „paradoxnou povinnosťou interpretovať prostredníctvom nehomogénneho vesmíru výsledky početných experimentov, realizovaných za predpokladu jeho homogenity“ [2, s. 92]. Aká je to vlastne nehomogenita?

Po prvé priestor nie je vôbec „prázdno“: abstrakcii priestoru reálne zodpovedá rozpriestranenosť materiálnych vecí a celej hmoty vôbec, rovnako ako čas je abstrakciou, ktorej reálne zodpovedá trvanie priebehu materiálnych procesov a celého pohybu hmoty vôbec. V tomto zmysle nejestvujú také body v priestore a čase, kde by nepôsobili gravitačné a elektromagnetické polia, ktorých napätie vôbec nie je symetrické. Z toho plynie neabsolútny, podmienený charakter priestoročasovej symetrie v prírode a všetky prípady jej faktického porušenia (napríklad nezachovania parity v beta-rozpade a v rozpade K^0 -mezónu).

Po druhej rovnice všeobecnej teórie relativity, z ktorých vyplýva „zakrivenie“ priestoročasu a súvislosť „zakrivenia“ s hustotou a distribúciou látky a energie v Metagalaxii, sú nezlučiteľné s kozmologickým princípom homogenity a izotropie priestoru: „zakrivenie priestoru“ ihneď určuje prednostný, vynútený smer, nesymetrickosť bodov priestoročasu a iné analogické efekty. J. B. Zel'dovič a I. D. Novikov nepriamo uznávajú „zmenu fyzikálnych zákonov vo veľkých meradlách“ v súvislosti s predstavou všeobecnej teórie relativity o zakrivení priestoročasu (3, s. 12). Po tretie ani tzv. „kozmozologické rozpínanie“ nie je homogénne. Keby bolo rozpínanie absolútne homogénne, potom by sa látka nemohla zliepať a Metagalaxia by predstavovala plyn z atómov a elementárnych častíc, ktorý by sa v procese rozpínania stával stále redším, inými slovami, neexistovali by ani hviezdy, ani galaxie. Aby sme vysvetlili súčasnú štruktúru sveta, musíme uznať, že homogenita sa vyskytovala už raných štádiách rozpínania, že už vtedy jestvovali slabé expanzie a kontrakcie látky a energie, rozmetané po celom priestore. Zmeny priemernej hustoty museli byť dostatočne veľké. O ich veľkosti možno usudzovať podľa toho, že v súčasnej dobe možno vyčleniť hviezdy, galaxie, kopy galaxií a dokonca superkopy (pozri 4).

V tejto súvislosti podrobnejšie preskúmame experimentálne potvrdený fakt zakrivenia svetelného lúča v gravitačnom poli Slnka. Z dejín fyziky je známe, že tento jav predpovedali už r. 1801 na základe Newtonovej klasickej mechaniky podľa analógie svetelného lúča a kontrolnej materiálnej častice. Ak šírenie svetelného lúča chápeme ako pohyb smerom k veľkej hmotnosti nejakej kontrolnej častice, ktorá má v nekonečnu rýchlosť svetla (rýchlosť svetla sa pritom vo všetkých bodoch priestoru berie ako konštantná), potom obežnou dráhou častice bude parabola a veľičina odklonu od priamky bude uhol medzi dvoma asymptotami tejto paraboly. Potom v blízkosti Slnka sa lúč vzdialenej hviezdy musí odkláňať v uhle približne $0''85$. (5, s. 87—88) V skutočnosti je táto veľičina dvakrát väčšia a rovná sa $1''75$, ale toto spresnenie patrí všeobecnej teórii relativity, ktorá ju odvodzuje zo „zakrivenia priestoročasu“ okolo gravitujúcej hmotnosti a zmeny iných metrických vlastností okolo masívnej hviezdy. Nepresné hodnotenie veľičiny ohybu svetelného lúča v gravitačnom poli Slnka ($0''85$) klasickou teoretickou mechanikou nebolo náhodným následkom nepríjemnej matematickej chyby, základom tu bola hlbšia metodologická chyba absolutizácie newtonovského prázdneho izotropného priestoru, keď sa rýchlosť svetla v gravitačnom poli Slnka bez váhania prirovnáva rýchlosti svetla v kozmickom vákuu. Všeobecnou teóriou relativity (A. Einstein, r. 1916) spresnená a experimentálne potvrdená (r. 1919) dvakrát väčšia veľičina ohybu svetelného lúča v gravitačnom poli Slnka ($1''75$) znamená uznanie spomalenia rýchlosti svetla v silnom gravitačnom poli. A. Einstein napísal, že „zákon konštantnosti rýchlosti svetla v prázdnu, ktorý je jedným zo základných predpokladov špeciálnej teórie relativity, si podľa všeobecnej teórie relativity nemôže

nárokovat na neobmedzenú aplikovateľnosť. Zmena smeru svetelných lúčov sa môže objaviť iba v tom prípade, ak sa rýchlosť svetla mení v závislosti od miesta“. [6, s. 228]

Nemáme teda do činenia len s triviálnou chybou. Detailná matematická analýza týchto dvoch veličín ($0''85$ a $1''75$) umožní teoreticky vypočítať rozdiel v rýchlosti svetla v gravitačnom poli Slnka (c^1) a v „prázdnu“ (c), za ktoré v klasickej mechanike pokladali reálny priestor okolo Slnka. Nie je vylúčené, že sa pri tom ukáže, že vôbec nepoznáme faktickú rýchlosť svetla v hlbokom kozmickom vákuu, lebo tým, že sa stále nachádzame v gravitačnom poli Zeme a Slnka, sme si zvykli pokladať jestvujúcu rýchlosť svetla v priestore okolo Zeme „tu“ a „teraz“ za skutočnú rýchlosť svetla vo vákuu, hoci v skutočnosti to tak vôbec nie je.

Ako je známe, všeobecná teória relativity vysvetľuje efekt ohybu slnečného lúča v gravitačnom poli Slnka zmenou metrických („geometrických“) vlastností priestoru, lenže metrické vlastnosti priestoru vôbec nie sú vlastnosťami samého priestoru, ktorý je vlastnosťou rozpriestranenosti hmoty, ale sú to vlastnosti hmotného vákuu, alebo — povedané Einsteinovými slovami — „kontinua, obdareného fyzikálnymi vlastnosťami“ [7]. Menovite takými základnými vlastnosťami vákuu sú jeho optické vlastnosti, ktoré sa badateľne menia v okolí gravitujúcich hmotností Slnka, a „zakrivenie priestoru“ bude znamenať zakrivenie práve tohto vákuu okolo Slnka. Natíska sa potom sám od seba záver, že zakrivenie svetelného lúča blízko Slnka je v podstate lom svetla v opticky hustejšom vákuovom prostredí s indexom lomu väčším než jednotka ($n > 1$), na spôsob astronomickej refrakcie, t. j. mnohonásobného (a preto plynulého) lomu slnečných lúčov pri ich prechode zemskou atmosférou, ktorej hustota sa zväčšuje smerom k povrchu Zeme ($n > 1$). Jednako je možné vybrať zodpovedajúcim spôsobom aj optické šošovky, prizmy alebo magnety, aby dávali presne také isté zakrivenie svetelného lúča, ako je zakrivenie hviezdneho svetla v gravitačnom poli Slnka, t. j. aby poskytli absolútne identický miniatúrny model opisovaného javu. A naopak, lom svetla v prizme bude znamenať jeho zakrivenie v nehomogenitách vákuu okolo atómových jadier ako okolo mikroskopických slnc, čím sa dokazuje jednotný, vákuový základ optiky, elektromagnetizmu a gravitácie, konkrétne anizotropia vákuu pod vplyvom gravitácie a elektromagnetizmu.

Zmysel tejto analógie je nielen v meritórnej zhode uvedených procesov, ale aj v tom, že sa stáva zrejším nasledujúce: zakrivenie lúčov nie je výsledkom imanentného „zakrivenia priestoru“ alebo „zakrivujúcich vlastností“ slnečnej hmotnosti, ale je výsledkom zmeny — pod vplyvom hmotnosti a gravitácie — optickej hustoty vákuu, v danom prípade vákuu obklopujúceho Slnko. Ak je táto analógia správna, potom má vákuum skutočne nerovnakú optickú hustotu v rozličných bodoch priestoru. Iba v prípade gravitačného poľa Slnka sa index lomu svetla mení slabo

v porovnaní s optickými šošovkami, ktoré dávajú v malých priestorových meradlách (približne 10 cm) také isté zakrivenie ako vákuum okolo Slnka v meradle 10^{13} cm. No nech by zakrivenie vákua okolo slnečnej hmotnosti bolo akokoľvek malé, aj tak je následkom nerovnakej optickej hustoty vákua, prevyšujúcej jednotku ($n > 1$), t. j. prevyšujúcej nám známu hustotu vákua v zemských podmienkach „tu“ a „teraz“ ($n = 1$). Z toho vyplýva spomaľovanie rýchlosti svetla v opticky hustejšom vákuovom prostredí okolo gravitujúcej hmotnosti s indexom lomu svetla

($n > 1$): $c^1 = \frac{c}{n > 1}$ a — ako výsledok tohto — oneskorovanie a zakrivenie svetelného lúča (resp. rádiosignálu). Napríklad pri rádiolokácii Merkúra a Venuše, keď pre pozemského pozorovateľa sa tieto planéty nachádzali za okrajom slnečného disku, rádiosignál, ktorý sa odrazil, sa „oneskoruje“ o 200 mikrosekúnd (5, s. 88). Toto dodatočné newtonovské „časové oneskorovanie“ nepriamo vyplýva zo všeobecnej teórie relativity (Einsteinovu myšlienku o spomaľovaní rýchlosti svetla sme už uvádzali) a iných gravitačných teórií, ale objavilo sa v experimente ako efekt odlišný od „zakrivenia“ svetelného lúča (r. 1964). Samozrejme, tento výsledok možno pripísať predĺženiu trajektórie zakriveného lúča v porovnaní s priamočiarym, ale metodologicky termín „zakrivenie“ môže viesť k myšlienke o „geometrickej“ štruktúre priestoročasu, zatiaľ čo správna bude interpretácia zakrivenia svetelného lúča v gravitačnom poli Slnka ako súčasného oneskorovania sa signálu v dôsledku zníženia rýchlosti svetla (pretože do tohto javu nezasahujú slnečná koruna a intenzívne prúdy slnečného vetra, ktoré sú taktiež schopné zakrivovať svetelné a rádiové lúče). Potom to nie sú dva rozličné efekty, ale jeden a ten istý efekt „spomaľovania = oneskorovania = lomu = zakrivenia“ ako jednotný proces šírenia elektromagnetického žiarenia v gravitačnom poli.

Na tomto základe možno hovoriť o *nerovnakej optickej hustote metagalaktického vákua*. Vákuum pritom ostáva vákuom pri akejkoľvek hodnote indexu lomu svetla: ($n > 1$), ($n = 1$) a ($n < 1$), pretože za charakteristický znak vákua treba považovať iba absenciu akejkoľvek látky (hmotných častíc s hmotnosťou $m > 0$). Optická nehomogénnosť vákua nie je ani náhodný, ani epizodický jav, ale jav celkom zákonitý a typický. Aby sme si to ujasnili, vymenujeme všetky známe prípady, keď existuje nehomogénnosť vákua s indexom lomu svetla väčším než jedna ($n > 1$); tieto nehomogenity tvoria zrejme v istom zmysle skutočné singularity v metagalaxii:

1. *okolo akejkoľvek inertnej hmotnosti*, začínajúc neutrínom (ak má hmotnosť) a končiac neutrónovými hviezdami a galaxiami („gravitačné šošovky“);

2. *vnútri atómovo-molekulárnej látky* (hmotné optické šošovky);

3. *v ťažisku dvoch alebo viacerých gravitujúcich hmotností* („gravitačná potenciálna jama“);

4. pred zrýchlenými a okolo rotujúcich hmotností, generujúcich gravitačné vlny (tzv. „umelá gravitácia“);

5. pri pohybe hmotných častíc rýchlosťou blížiacou sa rýchlosti svetla, keď vytvárajúca sa superhustá vákuová bariéra obmedzuje pohyb častíc rýchlosťou svetla;

6. v elektromagnetických kmitoch, keď nehomogenity vznikajú v každom diskretnom bode šírenia elektromagnetických vĺn, ako aj pri ich vzájomnej interakcii a interakcii s gravitačnými vlnami a poľami („magnetické siločiar“);

7. v jave čiernych dier, ktoré predstavujú v čistej podobe optickú nehomogénnosť vákua („gravitačný kráter“);

8. napokon gigantickou nehomogenitou je očividne celé metagalaktické vákuum vo veľkých meradlách (jeho „zrnitá“, „pórovitá“, „vysoká“ štruktúra).

Posledná okolnosť je zvlášť dôležitá, preto uvedieme niektoré úvahy, potvrdzujúce záver o globálnej nehomogénnosti („zakrivení“) metagalaktického vákua. Po prvé, ako povedal J. B. Zeldovič, „Einstein predpokladal apriori nehomogenitu vesmíru vo veľkých meradlách; tento názor sa potvrdzuje v meradlách väčších než 1000 Mpc [porovnaj s $\frac{c}{H}$

= 6000 Mpc — „obzorom“, t. j. maximálnou hĺbkou preniknutia akéhokoľvek mysliteľného pozorovania“ (8, s. 217). Po druhé, ako sa domnievajú autori trojzväzkovej publikácie *Gravitácia*, „zakrivený priestor musí pôsobiť ako šošovka, ktorá má veľkú fokálnu vzdialenosť. Zakrivenie svetelných lúčov má malý vplyv na viditeľné rozmery bližšie sa nachádzajúcich objektov. Očakáva sa však, že vzdialené galaxie — galaxie, nachádzajúce sa na vzdialenostiach, ktoré tvoria od 1/4 do 1/2 cesty okolo vesmíru, majú silne zväčšené uhlové rozmery“ (9, s. 475).

Postulovaná nehomogenita metagalaktického vákua nie je vôbec nevinnou vecou. Prijatím tohto postulátu porušíme základný kozmologický princíp a budeme nútení pripustiť anizotropiu priestoru (kozmickeho vákua), ako aj premenlivosť, nestálosť všetkých známych svetových konštánt (n, c, G, T, h a iné). Kozmologický princíp, ktorý sa bezvýhradne prijíma vo všetkých kozmologických teóriách ako pravdivý, je matematickou abstrakciou. Je to euklidovsko-newtonovská homogénna priestoročasová súradnicová mriežka, ktorá sa premietla do konkrétnych vecí a javov sveta za účelom ich efektívneho a produktívneho skúmania metódami klasickej mechaniky. Takýto vo všetkých bodoch homogénny a izotropný priestoročas pripomína Mercatorovu mapu Zeme s rovnakými štvorcami dĺžky a šírky: námorníkom vyhovuje používanie takejto mapy pre navigáciu, no ak by si niekto chcel reálne a fakticky predstaviť zemeguľu, „rozloženú“ do roviny, s poludníkmi „rozťahnutými“ pri póloch, jednoducho by nespoznal rodnú Zem s jej obvyklými rozmermi a obrysmi kontinentov. Rovnako je to aj v prípade základného kozmologického princípu, ktorý, ak ho chápeme doslovne, je koncentrovaným

vyjadrením euklidovskej geometrie a newtonovskej fyziky v dobe teórie relativity, kvantovej gravitácie a relativistickej kozmológie.

Týmto sa nijako nepopiera teraz pozorovaná relatívna izotropia metagalaktického vákua, približne rovnomerné rozloženie látky v Metagalaxii, „hladké“ zväčšovanie rýchlosti „rozbiehania galaxií“ so zväčšujúcou sa vzdialenosťou, ako aj slabá („plynulá“) zmena teploty chladného elektromagnetického žiarenia („reliktového rádiového žiarenia“). Lenže dnes pozorovaná homogenita a izotropia nám dostupnej Metagalaxie sú neskorším následkom kozmologickej evolúcie Metagalaxie za posledných desať až dvadsať miliárd rokov, majú charakter veľkých meradiel a konkrétne existujú na pozadí uvedených mnohotvárných znepokojujúcich nehomogenít metagalaktického vákua. Rovnako správne teda bude, ak povieme, že metagalaktické vákuum je ako celok homogénne, ale obsahuje v sebe značné nehomogenity, alebo ak povieme, že metagalaktické vákuum je ako celok nehomogénne, ale jeho jednotlivé časti sú dostatočne homogénne.

Preto sa otázka kladie takto: treba relatívnu homogenitu a izotropiu metagalaktického priestoru povyšovať na špeciálny „kozmozlogický princíp“, vedome ho pokladať za základ kozmozlogických modelov a riadiť sa ním pri riešení kozmozlogických problémov? Domnievame sa, že v súčasnej etape rozvoja vedy to už netreba robiť. Znamenalo by to rehabilitáciu newtonovskej koncepcie priestoru a času a stratil by sa tým celý zmysel 150-ročného vývoja matematiky, fyziky, astronómie, ako aj celý pátos neeuklidovskej geometrie Lobačevského — Gaussa — Bolyaiho — Riemanna, ktorá matematicky vyjadřila nehomogenitu metagalaktického vákua. Pokrok vedy v tejto otázke nespočíva v tom, aby sa absolutizoval abstraktný kozmozlogický princíp, ale v tom, aby sa táto abstrakcia naplnila reálnym fyzikálnym obsahom, t. j., aby sa vedelo konkrétne, kde a v akých meradlách je metagalaktický priestoročas homogénny a kde a v akých meradlách je naopak nehomogénny. Práve preto sa v posledných rokoch záujem bádateľov stále väčšími sústreďuje na problém anizotropie priestoročasu, ktorá poskytuje oveľa väčšie heuristické možnosti než zvyčajne proklamovaná homogenita a izotropia priestoročasu. J. B. Zel'dovič a I. D. Novikov v tejto súvislosti napísali, že „anizotropné kozmozlogické modely... sa v posledných rokoch úspešne skúmajú“ (3, s. 24; pozri taktiež 10 a 11).

LITERATÚRA

1. Fizičeskij enciklopedičeskij slovar. Moskva 1983.
2. Filosofskie problemy teorii tagotenija Ejnštejna i reľativistskaja kosmologija. Kijev 1965.
3. ZELDOVIČ, J. B., NOVIKOV, I. D.: Reľativistskaja astrofizika. Moskva 1967.
4. SILK, J., SZALAY, A. S.: ZELDOVIČ, J. B.: Krupnomasštabnaja struktura Vselennoj. In: V mire nauki. Moskva 1983, č. 12.
5. KLIMIŠIN, I. A.: Reľativistskaja astronomija. Moskva 1983.

6. EINSTEIN, A.: *Sobranije naučnych trudov*. T. 1. Moskva 1965.
7. EINSTEIN, A.: *Mein Weltbild*. Amsterdam 1933.
8. ZEEDOVIĆ, J. B.: *Kosmologija i ranija vselennaja*. In: *Obščaja teorija otnositel'nosti*. Moskva 1983.
9. MISNER, Ch., THORNE, K., WHEELER, J.: *Gravitacija*. T. 2. Moskva 1977.
10. PENROSE, R.: *Singul'arnosti i asimmetrija po vremeni*. In: *Obščaja teorija otnositel'nosti*. Moskva 1983.
11. ZEEMANOV, A. L.: *K relativistskoj teorii anizotropnoj neodnorodnoj Vselennoj*. In: *Trudy šestogo soveščanija po voprosam kosmologii*. Moskva 1959.

ОСНОВНОЙ КОСМОЛОГИЧЕСКИЙ ПРИНЦИП И ЕГО СОВРЕМЕННАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ

Л. Г. Дж а х а я

Космологический принцип в самом общем виде формулируется как однородность и изотопность метagalактического пространства, в котором нет каких-либо выделенных точек и направлений, все точки и направления равноправны. Выясняется, однако, что, во-первых, не существует таких точек в пространстве-времени, где бы не действовали гравитационные и электромагнитные поля и все другие известные случаи локальных неоднородностей („черные дыры” и пр.). Во-вторых, уравнения общей теории относительности, из которых следует „кривизна пространства-времени” и связь „кривизны” с плотностью и распределением вещества и энергии в Метагалактике, сразу задают предпочтительное, вынужденное направление и несимметричность точек пространства-времени, что также несовместимо с космологическим принципом однородности и изотопности пространства. В-третьих, не совсем однородно и так называемое „космологическое расширение”. Следовательно, абсолютно, однородная, изотопная во всех точках пространства-времени Метагалактика есть математическая абстракция, которая не имеет реального аналога в объективно существующей Метагалактике. Поэтому вместо того, чтобы абсолютизировать космологический принцип, следует наполнить эту абстракцию конкретным физическим содержанием.

DAS KOSMOLOGISCHE GRUNDPRINZIP UND DESSEN GEGENWÄRTIGE INTERPRETATION

L. G. Dschachaja

Das kosmologische Prinzip wird in allgemeinsten Form als Homogenität und Isotropie des metagalaktischen Raumes, in dem es keine ausschliesslichen Punkte und Richtungen gibt, alle Punkte und Richtungen sind gleichwertig, formuliert. Es zeigt sich aber, dass es erstens keine solche Punkte in Raum und Zeit gibt, wo keine Gravitations- und elektromagnetischen Felder und alle anderen bekannten Fälle der Inhomogenität („schwarze Löcher“ u.ä.) wirken würden. Zweitens bestimmen Gleichungen der allgemeinen Relativitätstheorie, aus denen sich die „Krümmung der Raumzeit“ sowie der Zusammenhang der „Krümmung“ mit Dichte und Distribution von Stoff und Energie in der Metagalaxie, sofort die vorrangige, erzwungene Richtung und Asymmetrie von Punkten der Raumzeit, was ebenso mit dem kosmologischen Prinzip der Homogenität und Isotropie des Raumes unvereinbar ist. Drittens, auch die sog. „kosmologische Expansion“ ist nicht ganz homogen. Die absolut homogene, in allen Punkten der Raumzeit isotrope Metagalaxie stellt eine mathematische Abstraktion dar, die kein reales Analogon in der objektiv existierenden Metagalaxie hat. Deswegen anstatt das kosmologische Prinzip zu verabsolutieren, müssen wir diese Abstraktion mit konkretem physikalischem Inhalt füllen.