

# BUDIŽ SVĚTLO

Na počátku tohoto příběhu, v roce 1965, byl vesmír jednoduchý. Všechno začalo během telefonního rozhovoru, který se odehrál jednoho poledne počátkem roku. Jim Peebles seděl spolu se svými dvěma kolegy v pracovně svého učitele a častého spolupracovníka, princetonského fyzika Roberta Dickeho. Zazvonil telefon a Dicke zvedl sluchátko. Dicke se na vedlejší úvazek podílel na vedení výzkumné firmy a sám byl držitelem desítek patentů. Během těchto každotýdenních pracovních obědů, které pořádal, mívával proto někdy telefonáty plné tajemných a technických výrazů, kterým Peebles mnohdy nerozuměl. Tento hovor nicméně obsahoval tajemné a technické výrazy, které Peebles znal velmi důvěrně – pojmy, které ti čtyři probírali právě onoho odpoledne. Například studený kalibrátor, zařízení, které pomáhalo kalibrovat trychtýřovou anténu – což byl další pojem, který Peebles zaslechl –, již se chystali použít k zachycení určitých signálů přicházejících z vesmíru. Všichni tři utichli a zadívali se na Dickeho. Ten poděkoval volajícím, zavěsil a poté se obrátil ke svým kolegům. „Tak nás předběhli, pánové.“

Volajícím byl astronom z Bellových laboratoří, který nashromáždil určité zajímavé údaje, ale neměl zdání, co by mohly znamenat. Peebles a Dicke zase měli zajímavý nápad, ale neměli žádná data, kterými by jej mohli podložit. Zbývající dva přítomní fyzikové proto konstruovali anténu pro měření signálu, který by ten nápad podpořil. Jenže teď, řekl Dicke, dvojice astronomů z Bellových laboratoří pravděpodobně ten signál objevila dřív – aniž by vůbec věděli, co se jim podařilo objevit.

V Dickeho pracovně kupodivu nezavládla rezignace ani zklamání. Pokud ty čtyři někdo skutečně předběhl, potvrdil zároveň, že byli na dobré cestě. Pokud se volající nemýlil, nemýlili se ani oni, nebo se aspoň ubírali směrem, který byl z vědeckého hlediska slibný. Pokud nic jiného, mohlo jim být částečnou útěchou, že jsou pravděpodobně prvními lidmi na světě, kteří porozuměli historii vesmíru.

Ovšem dříve, než si budou jistí, musí se přesvědčit na vlastní oči. Dicke se proto s dalšími dvěma princetonskými fyziky záhy vydal do přibližně 50 kilometrů vzdáleného Holmdelu v New Jersey, sídla výzkumného centra Bellových

laboratoří. Dva tamější astronomové – Arno Penzias, ten, který předtím volal Dickemu, a jeho spolupracovník Robert Wilson – jim ukázali svou anténu. Přístroj ve tvaru zahnutého trychtýře, velký jako nákladní vůz, umístěný vedle soukromé příjezdové cesty na Crawford Hill, nejvyšší kopec v okolí. Když se jich všech pět vtěsnalo do kontrolní kabiny, kde se lokty otírali o elektronky a ovládací panely, začal Penzias s Wilsonem vysvětlovat fyziku fyzikům.

Anténa, kterou Belloy laboratoře postavily v roce 1960, sloužila k zachycování signálů vysílaných z opačného pobřeží Ameriky a odrážených komunikačním satelitem Echo, což byl vysoce odrazivý, asi třicetimetrový balon. Když se satelit přestal využívat, používala se anténa pro komunikaci s družicí Telstar. Poté, co skončil i tento projekt, upravili Penzias s Wilsonem anténu ke zkoumání rádiových vln přicházejících z okraje Mléčné dráhy. K tomu ale musela být měření daleko citlivější než pro experiment s balonem Echo. Penzias proto sestrojil takzvaný studený kalibrátor, přístroj vysílající přesně daný signál, s kterým potom s Wilsonem porovnávali měření antény, aby se ujistili, že nezachycuje žádný nadbytečný šum. Kalibrátor fungoval, jen ne přesně tak, jak doufali. Kromě nevyhnutelného záření elektronů pohybujících se v atmosféře i v samotné anténě obdrželi Penzias s Wilsonem ještě další, trvalý a nevysvětlitelný šum.

Hledáním jeho zdroje strávili téměř celý předchozí rok. Namířili anténu na osmdesát kilometrů vzdálený New York, ale změna signálu byla nepatrná. Zamířili anténu na kdejaké místo na horizontu. Totéž. Prověřili znovu signál přicházející z hvězd, aby zkontrolovali, zda se neliší od toho, co už zahrnuli do svých výpočtů. Co fáze Měsíce? Nebo změny teplot v atmosféře v průběhu roku? Ani tím to nebylo. Na jaře se znovu zaměřili na samotnou anténu. Přelepili páskou hliníkové nýty antény – nic. Rozebrali a opět složili celý trychtýř antény – nic. Dokonce seškrábali trus párku holubů, kteří se v trychtýři usadili. (Holuby přitom odchytili a poslali do 60 kilometrů vzdálené pobočky Belloyových laboratoří ve Whippany; ukázalo se však, že to jsou holubi poštovní a během několika dní přilétli zpět.) A zase nic, ten šum tu byl pořád.

Pětice vědců se přesunula do přednáškové místnosti na Crawford Hillu a nyní naopak fyzikové vysvětlovali astronomii astronomům. Dicke začal psát na tabuli. Pokud je teorie velkého třesku správná, řekl, potom se vesmír zrodil z nepředstavitelně stlačené a neuvěřitelně horké exploze energie. Vše, co mělo jednou vytvořit vesmír, bylo tehdy uvnitř této exploze a spolu s prostorem se jako rázová vlna hrnulo do všech stran, až se vesmír nakonec vyvinul do dnešní podoby. A jak se vesmír rozpínal, zároveň také chladl. Jim Peebles, další z členů princetonského týmu, který nebyl přítomen, vypočítal, jaké množství energie měl vesmír

na počátku obsahovat a také jaká by měla být současná teplota po miliardách let rozpínání a ochlazování. Tuto zbytkovou energii – za předpokladu, že existuje, že teorie velkého třesku je správná – by mělo být možné detekovat. A právě to se nyní Penziasovi a Wilsonovi podle všeho podařilo. Jejich anténa tentokrát nezachytila ozvěnu vysílání ze západního pobřeží, ale ozvěnu samotného zrození vesmíru.

Penzias a Wilson zdvořile poslouchali. Ani sám Dicke úplně nevěřil tomu, co říká – zatím. Spolu se svými dvěma kolegy se ujistili, že Penzias s Wilsonem provedli průkazný experiment, a odjeli zpět do Princetonu, kde o všem zpravili Peeblese. Ani Peebles však zcela nevěřil tomu, co slyší. Byl opatrný, ale je třeba říct, že takový byl Peebles vždycky. Všichni čtyři se shodli, že vědecké výsledky vyžadují potvrzení, další odborný názor – v tomto případě ten jejich. Rozhodli se, že dokončí stavbu vlastní antény na střeše princetonské Guyotovy budovy a uvidí, jestli zachytí stejný signál jako anténa v Bellových laboratořích. Věděli, že i když se to podaří, budou muset i nadále postupovat velmi opatrně. Přece jen se nestává často, že objevíte úplně nový pohled na svět a na vesmír.

Americká spisovatelka Flannery O'Connorová jednou napsala, že každý příběh má „začátek, prostředek a konec, ačkoli ne nutně v tomto pořadí“. V šedesátých letech minulého století se mohli vědci, tedy kosmologové, kteří chtěli vyprávět historii vesmíru, opřít o předpoklad, že znají prostřední část vyprávění. Měli před sebou nejnovější podobu jedné z nevytrvalejších postav historie: vesmír – v tomto případě vesmír, který se rozpíná. A mohli si položit otázku: Jak se tu náš hrdina ocitl?

Schopnost vyprávět příběhy je, pokud víme, výsadou lidského druhu, neboť právě on je, pokud víme, jediným, který má schopnost uvědomění si sebe sama. Nahlížíme sami na sebe. Nejenže existujeme, ale také o své existenci přemýšlíme. Představujeme si sami sebe v nějakém kontextu – či řečeno jazykem literární teorie v nějakém prostředí, situaci: v prostoru a čase. Vidět se na určitém místě v určitém čase znamená, že jste existovali a budete existovat i v jiném čase a na jiných místech. Víte, že jste se narodili. Zajímá vás, co se stane, až zemřete.

Ale nepřemýšlíte jen o sobě. Jdete na procházku, díváte se na hvězdy, a protože víte, že se procházíte a díváte, uvědomujete si, že se stáváte součástí příběhu, který už se dávno odehrává. Ptáte se sami sebe, kde se to tu všechno vzalo. Odpověď, která vás napadne, může zahrnovat světlo a tmu, vodu a oheň, vajíčko a spermii, božstva nebo Boha, želvy, stromy, ryby. A když se doberete dostatečně uspokojivé odpovědi, položíte si přirozenou otázku, kde to všechno – včetně vás – jednou skončí. Přijde třesk? Zakňourání? Nebe? Nic?

Může se zdát že, podobné otázky nejsou doménou fyziky, a právě tak větší ně vědců připadala kosmologie před rokem 1965: jako metafyzika. Kosmologie byla oblastí, kam odcházeli zemřít staří astronomové. Byla to spíš filozofie než fyzika, spíš spekulace než bádání. Čtvrtý člen princetonského týmu – ten, který do Bellových laboratoří nejel – by sám sebe řadil spíše do kategorie kosmologických skeptiků.

Phillip James Edwin Peebles – ale pro všechny zkrátka Jim – byl samá ruka samá noha. Vysoký a štíhlý, světu o sobě dával vědět lokty a koleny. Rozhazoval rukama, jako by se chtěl chopit každé příležitosti, a pak je zas ovíjel kolem nohou, aby zklidnil svou energii a soustředil se – s člověkem protichůdných povah, jak Peebles sám sebe vnímal, šlo takové chování docela dobře dohromady. Politicky byl „liberál s širokou náručí“, jak říkal, ale v otázkách vědy se označoval za „velkého konzervativce“, ne-li přímo „reakcionáře“. Od svého učitele Roberta Dickeho se naučil, že teorie může být po libosti spekulativní, ale co s ní, pokud se v blízké budoucnosti nedá ověřit experimentem? Při jedné příležitosti (tehdy byl ještě nezkušený) se Peebles zmínil, že by se rád pokusil sloučit dvě nejzásadnější teorie dvacátého století: obecnou teorii relativity a kvantovou mechaniku. „Jdi si pro svou Nobelovu cenu,“ odpověděl mu Dicke, „a pak zas přijď dělat skutečnou fyziku.“

Pro Peeblese kosmologie skutečnou fyzikou nebyla. Byl to návrat k tomu, jak se dělala věda ta dvě tisíciletí předtím, než se objevili vědci a věda, jak je známe dnes. Starověcí astronomové nazývali svou metodu „zachycení pozorovaných jevů“; současná věda by jejich přístup mohla popsat „dělat to nejlepší, co se za beznadějných okolností dělat dá“. Když Platon ve čtvrtém století před Kristem vyzval své žáky, aby pomocí geometrie popsali pohyb nebeských těles, neočekával, že napsané odpovědi budou představovat to, co se na obloze skutečně odehrává. Takové poznatky nemohli získat, protože byly nedosažitelné; nemohli se vydat k nebesům a vše osobně prozkoumat. Platon chtěl jen aproximaci takových poznatků. Chtěl, aby se jeho žáci pokusili nalézt matematický popis toho, jak se věci jeví, ne toho, jaké jsou ve skutečnosti.

Jeden z jeho žáků, Eudoxos, přinesl odpověď, která v různých podobách přežila dva tisíce let. Z čistě matematických důvodů si představil nebesa jako řadu do sebe vnořených soustředných sfér. Některé sféry nesly nebeská tělesa, jiné na ně působily a zpomalovaly či zrychlovaly jejich pohyb tak, aby se vysvětlil pozorovaný dojem, že tělesa při pohybu po obloze tu zpomalují, tu zrychlují. Eudoxos přiřadil Slunci a Měsíci po třech sférách. Každé z pěti známých planet (Merkuru, Venuši, Marsu, Saturnu a Jupiteru) přidal ještě jednu sféru navíc, aby napodobil zdánlivý zpětný pohyb vzhledem ke hvězdnému pozadí (ze západu

na východ)\*, ke kterému u těchto planet čas od času dochází. Nakonec přidal jednu sféru pro říši hvězd. Celkem pak jeho systém pozůstával z dvaceti sedmi sfér.

Další Platonův žák, Aristoteles, tento systém dále doplnil. Domníval se, že sféry nejsou pouhou matematickou konstrukcí, ale představují fyzikální skutečnost, a aby upravil běh vzájemně provázaných sfér, přidal sféry protisměrně rotující. Jeho výsledek byl padesát šest sfér. Okolo roku 150 našeho letopočtu si Ptolemaios z Alexandrie vytkl za úkol shrnout dosavadní astronomické poznatky a nebeský systém zjednodušit. Uspěl a jeho noční obloha zabírala pouhých čtyřicet sfér. Výpočty sice neodpovídaly přesně pozorovaným jevům, ale byly dostatečně přesné – tak přesné, jak kdy mohly být.

Vydání spisu polského astronoma Mikuláše Koperníka *De revolutionibus orbium coelestium* (O oběhu nebeských sfér) z roku 1543 je dodneška synonymem pro objevení nového vesmíru – koperníkovské revoluce. Kniha se stala symbolem vzdoru proti církevnímu učení. A přitom právě Vatikán vyzval Koperníka, aby navrhl nový způsob výpočtu pohybu nebeských těles, a měl pro to rozumný důvod: pozorované jevy zase jednou potřebovaly nově vysvětlit.

Během uplynulých století se v ptolemaiovském modelu nasčítaly drobné nepřesnosti – v případech, kde se výpočty odchylovaly od pohybů planet –, jež postupně vedly k posunu kalendáře do té míry, že se v něm nástupy ročních období lišily od jejich tradičních počátků o celé týdny. Koperníkova práce umožnila církvi v roce 1582 kalendář reformovat – využila jeho propočty a obešla se přitom bez zavedení heliocentrického systému. Stejně jako starověcí filozofové nezaváдел ani Koperník nějaký nový vesmírný pořádek, ani ve fyzikálním, ani ve filozofickém smyslu, našel pouze nový způsob, jak „zachytit pozorované jevy“ v existujícím vesmíru. Jejich skutečný pohyb nicméně byl člověku nedostupný, byl nedostupný vždycky a nedostupný měl i navždy zůstat.

A pak bylo všechno jinak. V roce 1609 měl italský matematik Galileo Galilei nové údaje o vesmíru na dosah ruky – a to doslova, díky vynálezu jednoduchého dalekohledu. *Podívejte*, řekl, když vedl v srpnu toho roku vážené benátské občany vzhůru do zvonice na náměstí sv. Marka, aby jim předvedl, jaké to má výhody, když se trubice opatří čočkami: je vidět dál. *Podívejte*, napsal o téměř šest měsíců později ve svém spisu *Sidereus Nuncius* (Hvězdný posel), když zvěstoval novou vědomost: vidět dál neznamená jen vidět více téhož – flotilu konkurenčních obchodníků nebo plachty nepřátelského loďstva –, znamená to jednoduše

---

\* Dnes víme, že zdánlivě protisměrný (retrográdní) pohyb planet po obloze je způsoben tím, že Země předbíhá na své dráze okolo Slunce jinou planetu, či naopak.

vidět více, tečka. Toho podzimu Galileo nasměroval svou dalekohlednou trubici na noční oblohu a zahájil dlouhodobá pozorování, při nichž objevil nebeská tělesa a zaznamenal jevy, které před ním nikdo neviděl: hory na Měsíci, stovky nových hvězd, sluneční skvrny, měsíce Jupitera, fáze Venuše. Vynález dalekohledu – prvního přístroje v historii, který zdokonalil některý z lidských smyslů – nezměnil jen to, jak daleko do vesmíru jsme mohli nahlédnout nebo jak dobře. Změnil naše znalosti o tom, co ve vesmíru je. Změnil naše vnímání pozorovaných jevů.

Najednou zde byl důkaz, který potvrdil ústřední tezi koperníkovského modelu – že Země je planetou a že spolu s ostatními planetami obíhá okolo Slunce. Neméně důležitý byl ale i samotný *důkaz* jako nástroj vědeckého poznání. Vidět dále nemuselo znamenat vidět více. Noční obloha nemusela obsahovat více těles, než bylo možné spatřit pouhým okem. A pořád jsme se nemohli vypravit na oblohu, abychom se sami podívali, jak nebeský mechanismus funguje. Ale s pomocí dalekohledu jsme získali možnost prozkoumat nebesa dostatečně podrobně, abychom zjistili fakta a nespokojili se jen s pozorovanými jevy.\* A fakta je třeba vysvětlovat, nikoli jen zachycovat.

Dvě taková vysvětlení předložil v roce 1687 anglický matematik Isaac Newton ve své knize *Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica* (Matematické základy přírodní filozofie). V ní usoudil, že je-li Země planetou, měly by se zákony, které na ní platí, vztahovat i na ostatní nebeská tělesa. Newton navázal na Galileiho pozorování a Keplerův matematický popis a usoudil, že nebeské pohyby není třeba vysvětlovat desítkami sfér, ale postačí jediný zákon – zákon gravitace. Roku 1705 Edmond Halley, Newtonův přítel a patron, vztáhnul jeho gravitační zákon na předchozí pozorování komet v letech 1531, 1607 a 1682 a prohlásil, že se stále jedná o tutéž kometu,† která svůj návrat zopakuje znovu v roce 1758, dlouho po jeho smrti. Zopakovala. Matematika se už nemusela přizpůsobovat nebesům. Nyní se nebesa musela přizpůsobit matematice. Vezměte Newtonův všeobecný gravitační zákon, aplikujte ho na čím dál přesnější pozorování dalekohledem a dostanete vesmír uspořádaný, předvídatelný a celkově neměnný – vesmír, který běhá jako hodinový strojek.

Během více než tři a půl století, která uplynula mezi Galileiho pozorováními z benátské zvonice a telefonátem z Crawford Hillu, jako by se soubor vesmírných objektů s každým vylepšením dalekohledů rozrůstal: více měsíců kolem planet,

---

\* Tento rozdíl se nakonec stal příčinou Galileiho potíží s církví.

† Ano, jde o slavnou Halleyovu kometu.

více planet kolem Slunce, více hvězd. Na počátku dvacátého století již astronomové věděli, že všechny hvězdy noční oblohy, ať už viditelné pouhým okem či pomocí dalekohledu, jsou součástí obrovského souboru, čítajícího desítky miliard hvězd, nazvaného dávno předtím Mléčná dráha, protože vypadá, jako by ho někdo rozlil po tmavé noční obloze. Jsou však za hranicemi Mléčné dráhy další podobné útvary, také čítající desítky miliard hvězd, tázali se astronomové? Prosté zobecnění předchozího postupu objevování na takovou možnost ukazovalo. A astronomové už měli jednoho kandidáta: třídu hvězdných objektů, které by se daly považovat za samostatné „ostrovni vesmíry“.

V roce 1781 publikoval francouzský astronom Charles Messier katalog sto tří nebeských skvrn – neostrých objektů na obloze, které, jak se obával, by mohly mást astronomy pátrající po kometách. Astronomové poznali, že některé z těchto objektů jsou ve skutečnosti početné shluky hvězd (hvězdokupy). Jiné ale zůstávaly i přes neustále se zlepšující možnosti dalekohledů záhadou. Jsou tyto mlhavé objekty oblaka plynu, v nichž probíhá zrod dalších hvězd? Nebo jsou tyto mlhoviny dalšími ohromnými soubory desítek miliard hvězd, vzdálenými, ale velikostí srovnatelnými s tím naším? Tato otázka rozdělila odbornou veřejnost a vyvrcholila takzvanou velkou debatou v Národním muzeu přírodní historie ve Washingtonu, kde se dva přední astronomové pokusili shrnout, co mluví pro ten který pohled a co proti němu.

O tři roky později dokázal americký astronom Edwin Hubble víc, než mohla pouhá debata: rozhodl spor pozorováním. Pomocí tehdy největšího dalekohledu na světě, stopalcového\* teleskopu na hoře Mount Wilson nedaleko Pasadeny, pořídil 4. října 1923 fotografii Velké mlhoviny v Andromedě nebo též M31 v Messierově katalogu. Domníval se, že na fotografii zachytil „novu“, novou hvězdu, a tak se k pozorování M31 vrátil následující noci a pořídil další snímek téhož spirálního ramene. Ve své pracovně poté začal porovnávat nové fotografické desky se snímky mlhoviny pořízenými v dřívějších dnech a zjistil, že domnělá nova je ve skutečnosti proměnná hvězda – druh hvězdy, která se, jak už název napovídá, mění: pulzuje a periodicky mění svou jasnost. Důležitější však bylo, že se jednalo o cefeidu, hvězdu, která se zjasňuje a pohasíná v pravidelných intervalech. Hubble věděl, že to je objev, který může nastolenou debatu rozhodnout.

Už v roce 1908 harvardská astronomka Henrietta Swanová Leavittová odhalila vztah mezi periodou pulzování cefeid a jejich absolutní jasností: čím delší je perioda, tím větší svítivost. Astronomové pak dokázali naměřenou svítivost

---

\* Velikost označuje průměr hlavního zrcadla.

propojit s dalším kvantifikovatelným vztahem, vzdáleností, a určit vztah mezi nimi: světelný zdroj se zdá být čtyřikrát méně jasný, je-li ve dvojnásobné vzdálenosti; devětkrát méně jasný, nachází-li se třikrát dále, šestnáctkrát méně jasný, je-li vzdálenost čtyřnásobná, a tak dále. Víte-li, jak dlouhá je perioda pulzů hvězdy, víte také, jak jasná je v porovnání s jinými proměnnými hvězdami; když víte, jak jasná je v porovnání s jinými proměnnými hvězdami, víte také, jak je ve srovnání s nimi vzdálená. Když tedy Hubble porovnal periodu cefeidy, kterou pozoroval v M31, s periodou jiných známých cefeid, usoudil, že tato hvězda (a tedy i celá mlhovina M31) je tak daleko, že se musí nacházet za hranicemi „ostrovního vesmíru“ – či *našeho* ostrovního vesmíru, jak jsme ho museli začít vnímat.

Hubble vzal poslední fotografickou desku M31 s označením H335H, kterou pořídil 5. října, a zářivě červenou barvou na ní pro budoucí generace onu cefeidu označil šipkou a vítězoslavně k ní připsal „VAR!“.\* M31 označil za samostatný ostrovní vesmír, čímž přidal do katalogu kosmických objektů jeden další druh: galaxie.

Během roku 1929 se začal Newtonův mechanický vesmír rozpadat. Po svém „VAR!“ průlomu Hubble i nadále pokračoval ve zkoumání „ostrovních vesmírů“, zejména ho zajímala jistá nevysvětlitelná měření, která astronomové shromažďovali již přes deset let. V roce 1912 začal Američan Vesto Slipher zkoumat mlhoviny pomocí spektrografu, přístroje, který zaznamenává vlnové délky světelného zdroje. Podobně jako se mění houkání vlaku podle toho, zda se vlak přibližuje k nádraží, nebo se od něj vzdaluje, mění se také světelné vlny, které se v závislosti na tom, zda se jejich zdroj pohybuje k vám či od vás, prodlužují či zkracují. Rychlost světelných vln je neměnná, je to stále 299 792 458 metrů za sekundu, mění se však jejich délka. A jelikož délka světelných vln určuje barvu, kterou vnímá náš zrak, bude se zdánlivě měnit také barva zdroje. Vlny ze vzdalujícího se zdroje se prodlouží a spektrometr ukáže posun barev směrem k červenému konci spektra; vlny z přibližujícího se zdroje se naopak zkrátí a posun barev nastane směrem k modrému konci spektra. Velikost tohoto červeného nebo modrého spektrálního posuvu závisí přímo úměrně na rychlosti pohybu zdroje: čím větší rychlost, tím větší posuv. Slipher i další astronomové ukázali, že některé mlhoviny vykazují výrazný červený posuv, což naznačuje, že se od nás poměrně značnými rychlostmi vzdalují. Nyní, když Hubble věděl, že tyto mlhoviny jsou ve skutečnosti galaxie, přemítal, co je příčinou těchto pohybů. Odpověď našel poté, co porovnal rychlosti osmnácti galaxií s jejich

---

\* Zkráceno z „variable“, tj. proměnná – pozn. překl.



vzdálenostmi: zdálo se, že je mezi nimi zřejmá přímá úměra – čím dále se daná galaxie nacházela, tím rychleji jako by se vzdalovala. Jinými slovy, vesmír se zřejmě rozpíná.

A najednou tu byl vesmír s příběhem. Místo nehybného zátiší to byl film. A jako každé vyprávění měl příběh vesmíru nejen prostředek – současnost, kdy se vesmír hemží galaxiemi prchajícími jedna od druhé –, ale měl i náznak počátku.

Přesně – *přesně* – v tomto bodě, přinejmenším v očích někoho, kdo byl svým založením tak obezřetný jako Jim Peebles, kosmologie opustila vědu a přecházela od výpočtů k mýtům. Nemůžete vědět, jak vesmír začal, protože důkazy jsou mimo náš dosah, stejně jako tomu bylo za Aristotela, Ptolemaia nebo Koperníka. Oni se nemohli vydat napříč vesmírem a opatřit si je; a stejně tak se my nemůžeme vydat do minulosti. Můžete jen pozorovat současné jevy – galaxie s rudým posuvem – a snažit se nalézt matematický aparát popisující jejich pohyb. Můžete jen pokusit se zaznamenat, co vidíte, pokud si tedy vědu představujete takto.

Sám Hubble jakožto pozorovatel, který raději shromažďoval důkazy a teoretizování nechával teoretikům, zůstával agnostikem, pokud šlo o otázku, zda se vesmír skutečně rozpíná, nebo zda by pro pozorované korelace bylo možné najít jiné vysvětlení. Někteří teoretičtí fyzikové nicméně nemohli odolat pokušení převinout film zpět. Belgický kněz, fyzik a astronom Georges Lemaître si představil, jak se rozpínání odehrává pozpátku, jak se vesmír postupně zmenšuje, galaxie se k sobě přibližují, rychleji a rychleji, až vtahovaná hmota dosáhne stavu, který Lemaître označoval „prvotní atom“ a další astronomové „singularita“, propasti s nekonečnou hustotou a nevyčíslitelnou hmotností a energií.

Ale slova jako „nekonečný“ nebo „nevyčíslitelný“ nicméně matematikům, fyzikům ani jiným vědcům nejsou moc k užítku. „Základním principem fyzikálních věd je neomezená reprodukovatelnost veškerých fyzikálních pokusů,“ stojí hned na prvním řádku článku publikovaného v červenci 1948, v němž Hermann Bondi a Thomas Gold, dva Rakušané žijící v Británii, nastínili alternativu k Lemaîtreově teorii. O měsíc později předložil svou vlastní variaci na dané téma jiný britský astronom a jejich přítel, Fred Hoyle. Spíše než k velkému třesku – což byl termín, který Hoyle použil v březnu 1949 během vystoupení v rozhlasu a popsal jím představu vesmíru rozpínajícího se\* z „příčin vědě neznámých“, jak napsal ve svém článku – se všichni přikláněli k modelu tzv. stacionárního vesmíru. Díky „kontinuálnímu vytváření hmoty“, napsal Hoyle, „by byl možný vesmír, v němž by hustota hmoty

---

\* Přesně vzato se termín „velký třesk“ týká rozpínání, tedy všeho, co se událo následně po počáteční singularitě, ale postupně se začal používat i pro označení singularity samé.

zůstávala neměnná“. Pokud by se hmota vytvářela nepřetržitě během celého trvání vesmíru, pak by i nepatrné vznikající množství postupně vytvořilo významný objem. Takový vesmír by neměl počátek ani konec, zkrátka by byl.

Pro mnoho astronomů nebylo ovšem „nepřetržitě vytváření hmoty“ o nic příťažlivější nežli „singularita“. Jak teorie velkého třesku, tak i teorie statického vesmíru vyžadovaly notnou dávku víry, a protože víra není součástí vědeckých metod, tak toto téma opustili.

Ovšem co kdyby pro jednu či druhou teorii přece jen existoval důkaz?

Stejnou otázku položil Bob Dicke Peeblesovi jednoho parného večera roku 1964. Peebles přijel do Princetonu před šesti lety jako čerstvý absolvent kanadské Manitobské univerzity, kde patřil k nejlepším studentům oboru a kde sbíral jednu akademickou poctu za druhou. V Princetonu ho čekal šok, když zjistil, kolik toho z fyziky ještě nezná. Během prvního roku se pokusil všechno dohnat. Pak ho jednoho dne jeho přátelé pozvali na setkání, které téměř každý páteční večer pořádal Dicke v podkroví Palmerovy fyzikální laboratoře. Tato Gravitační skupina bylo neformální seskupení deseti až patnácti studentů, doktorandů, postdoktorandů a docentů, kteří si říkali „Dickeho děti“. Peebles přišel a pak přicházel znovu. Začal chápat, že tady, v tomto občas dusném prostředí a v nemožnou hodinu, se může leccos naučit: bude jíst pizzu, pít pivo a přitom se snažit přijít na to, jak rehabilitovat obecnou teorii relativity.

Obecná teorie relativity byla na světě již téměř padesát let; Einstein ji formuloval na sklonku roku 1915. Zatímco Newton si představoval gravitaci jako *sílu*, která působí napříč prostorem, Einsteinovy rovnice popisovaly gravitaci jako *vlastnost* prostoru. V newtonovské fyzice je prostor pasivní; funguje jako hřiště, po kterém se pohybují tělesa ovládaná záhadnou gravitační silou. V einsteinovském pojetí je sám prostor aktivním hráčem, jehož součinností s hmotou vzniká to, co vnímáme jako působení gravitace. Tuto vzájemnou závislost vystihl zřejmě nejtrefněji princetonský fyzik John Archibald Wheeler: „Hmota říká prostoru, jak se zakřivit, a prostor říká hmotě, jak se pohybovat.“ Einstein svou teorii změnil celou fyziku, a přesto, když se Dicke v roce 1940 ještě jako student Rochesterské univerzity zeptal jednoho profesora, proč sylabus magisterského studia fyziky neobsahuje teorii relativity, dostalo se mu odpovědi, že ty dvě věci spolu nemají nic společného.

Einstein by možná i souhlasil. Správná teorie musí přijít alespoň s jednou jasnou předpovědí. Obecná teorie relativity vedla ke dvěma. První se týkala nechalvě proslulého problému tehdejší doby. Oběžná dráha Merkuru se zdála být

poněkud vychýlená, alespoň ve srovnání s dráhou, kterou mu předurčovala newtonovská mechanika. Pozorovatelné rozdíly mezi Newtonovou a Einsteinovou teorií gravitace byly zanedbatelné – kromě extrémních případů, například když by malinké těleso obíhalo v blízkosti obří hvězdy. Newtonovy rovnice předpovídaly určitou dráhu Merkuru, pozorování odhalila trochu jinou a Einsteinovy rovnice tento rozdíl přesně vysvětlily.

Druhá předpověď se týkala vlivu gravitačního pole na světlo. Úplné zatmění Slunce by mělo astronomům umožnit porovnat polohu hvězd poblíž okraje zatmělého slunečního kotouče s jejich polohami v době, kdy je Slunce jinde. Podle teorie relativity by se světlo přicházející z hvězd mělo v blízkosti Slunce v důsledku jeho silného gravitačního pole poněkud „ohnout“ a změnit směr. (Podle Einsteinovy teorie se ve skutečnosti zakřivuje samotný prostor a světlo jen projde po nejkratší možné dráze.) V roce 1919 uspořádal britský astronom Arthur Eddington dvě expedice, jejichž cílem bylo pozorovat polohu hvězd během zatmění Slunce 29. května. První zamířila na Princův ostrov při západním pobřeží Afriky, druhá do Sobralu, města v severovýchodní části Brazílie. Když v listopadu téhož roku oznámil, že provedená měření potvrdila předpověď Einsteinovy teorie relativity, stala se tato zpráva ihned celosvětovou senzací.\*

Sám Einstein schopnost teorie předpovídat „nepatrné pozorovatelné jevy“, tedy její vliv na fyziku, nicméně zlehčoval. Místo toho raději zdůrazňoval „jednoduchost jejích základů a vnitřní soudržnost“ – její matematickou krásu. Matematici s ním vesměs souhlasili, stejně jako fyzikové, včetně Dickeho profesora na Rochesterské univerzitě. Známé důsledky teorie relativity, projevující se ve vesmíru – odchylky v drahách planet a ohyb světla – byly krajně zvláštní; její neznámé důsledky pro vývoj vesmíru – kosmologii – byly krajně spekulativní. Navíc Einstein uznával, že pokud teorie předpovídá něco, co pozorování vyvracejí, měli by ji vědci opravit, nebo opustit, jak se obvykle děje s každou teorií, která je vystavena standardním postupům vědecké metody.

Po válce, v době kdy Dicke přišel na princetonskou fakultu, byla Einsteinova teorie v rámci experimentální fyziky jakýmsi příznakem, podobně jako byl už poněkud přízračnou postavou sám Einstein. Čas od času se na setkání pracovníků fakulty přišoural muž připomínající bezdomovce a mladším účastníkům chvíli trvalo, než poznali ty rozježené vlasy a smutné psí oči. Během akademického

---

\* Einstein se domníval, že z teorie relativity vyplývá ještě třetí předpověď, která se týkala modrého nebo červeného posuvu světla procházejícího gravitačním polem, ale ukázalo se, že tento jev není charakteristický výhradně pro obecnou teorii relativity.

roku 1954/55 si Dicke vzal na Harvardu vědeckou dovolenou, a přistihl se, že ho to táhne zpátky k úvahám o obecné teorii relativity. Jakožto vědec, kterému šlo stejně dobře konstruování přístrojů i budování teorií, si uvědomil, že může dokázat něco, co jeho předchůdci s tehdejší technikou udělat nemohli. Když se vrátil do Princetonu, rozhodl se, že Einsteinovu teorii otestuje.

K pokusům, které prováděl v následujících letech, patřilo zakrývání slunečního disku umělým kotoučem, s jehož pomocí stanovoval přesný tvar Slunce, protože ten ovlivňuje jeho gravitační působení na ostatní tělesa Sluneční soustavy, včetně Merkuru; odražením laserových paprsků od povrchu Měsíce určoval jeho přesnou vzdálenost od Země a z ní odvozoval, jestli se jeho oběžná dráha liší od Einsteinových výpočtů podobně, jako se oběžná dráha Merkuru lišila od výpočtů Newtonových; zkoumáním chemického složení hvězd zjišťoval jejich stáří a vývoj, což bylo důležité pro určení stáří a vývoje vesmíru a v důsledku zahrnovalo i pokus o nalezení reliktního záření prvotního atomu, kosmické exploze, velkého třesku nebo jak tomu chcete říkat. Dickeho zajímalo, zda by se teorie vesmíru mohla obejít nejen bez singularity velkého třesku, ale také bez samovolné tvorby hmoty ve stacionárním vesmíru, a navrhl určitý kompromis: pulzující vesmír.

Takový vesmír by se navěky potácel od expanze ke kontrakci, pak k další expanzi a tak dále, aniž by se kdy zcela zhroutil či se zcela rozptýlil. Během fáze rozpínání by galaxie vykazovaly rudý posuv ve shodě s tím, co astronomové právě pozorují. Působením gravitace by se rozpínání postupně zpomalovalo, až by se změnilo v opětovné smršťování, během něž by světlo sbíhajících se galaxií vykazovalo naopak modrý posuv. Nakonec by kontrakce vedla ke stavu s takovou hustotou, že by se vesmír opět začal prudce rozpínat, a to dříve, než by v něm přestaly platit fyzikální zákony. Dickeho pulzující vesmír by se tak ani nevynořil ze singularity, ani by v ní neskončil, byť nejranější období současně rozpínací fáze by připomínalo velký třesk. Během jednoho zvláště dusného setkání Gravitační skupiny se po debatě o této teorii obrátil Dicke na dva studenty, Petera Rolla a Davida Todda Wilkinsona, a řekl: „Nechtěli byste se podívat, jak by se to dalo změřit?“ Mohli by postavit anténu k zachycení záření zanechaného posledním velkým třeskem. Poté se otočil na jednoho devětadvacetiletého postdoktoranda a zeptal se: „Nechtěl byste promyslet, jaké by to mělo teoretické důsledky?“

Jim Peebles se tou dobou už přiměl doučit kosmologii. Jako doktorand musel složit zkoušku z obecné fyziky, a když se podíval na otázky z předchozích let, zjistil, že se týkaly i obecné teorie relativity a kosmologie. Proto prostudoval

klasické texty té doby, *Klasickou teorií pole* L. D. Landaua a J. M. Lifšice z roku 1951 a *Relativitu, termodynamiku a kosmologii* Richarda C. Tolmana z roku 1934. Z obou knih jako by cítil závan formalínu; vykládaly kosmologii prostřednictvím mumifikované terminologie dávno přijatých pravd. Čím více se Peebles o kosmologii dozvídal, tím méně jí věřil. Samotná obecná teorie relativity ho vzrušovala; byl oddaným a zapáleným členem Gravitační skupiny. Odpuzoval ho nicméně předpoklad, že teoretici, kteří chtějí vytvořit vlastní kosmologii, si musí nechat nasadit jho obecné relativity.

Potíže, jak Peebles viděl, začaly už u Einsteina. V roce 1917, dva roky poté, co formuloval principy obecné teorie relativity, publikoval Einstein článek, v němž rozebíral své „kosmologické úvahy“. Co by mohla jeho teorie relativity říci o podobě vesmíru? Aby si poněkud zjednodušil výpočty, předpokládal, že vesmír je homogenní, tedy že je ve velkém měřítku stejnorodý. Měl by vypadat stejně bez ohledu na to, kde se v něm nacházíte. Georges Lemaître a nezávisle na něm také ruský matematik Alexandr Fridman při svých úvahách o důsledcích Einsteiny teorie přijali stejný předpoklad a přidali ještě jeden další, a sice že vesmír je izotropní – tedy že je stejný nejen na každém místě, ale v každém směru. Teorie statického vesmíru velký třesk předčila ještě o jeden předpoklad: vesmír v jejím pojetí by byl homogenní a izotropní nejen v prostoru, ale i v čase. Vypadal by stejně v každém směru bez ohledu na to, kde ho zkoumáte, ale také nezávisle na tom, kdy ho zkoumáte.

Peebles se snažil být objektivní. Zúčastnil se proto přednášky o teorii statického vesmíru. Když však odcházel, říkal si: „Oni si to prostě vymysleli!“ Model vesmíru, který je homogenní, ať už v prostoru, čase, či v obojím smyslu, se podle něj nedal brát vážně. Tolmanova kniha to řekla jasně: Teoretikové předpokládají homogenitu „zejména proto, že vyhovuje konkrétnímu relativně jednoduchému matematickému modelu, ne proto, že odpovídá známé realitě“. Tento postup Peeblesovi připomněl podobné zjednodušené problémy, které řešil u zkoušek: *Vypočítejte zrychlení slona na nakloněné rovině, tření zanedbejte.*

„No tak to je hloupost,“ pomyslel si Peebles. Proč by si někdo představoval, ptal se sám sebe, že vesmír je *jednoduchý*, když pro jeho popis existuje tolik jiných možností? Jistě, vědci se obvykle drží principu Occamovy břitvy, nazvaného po františkánském mnichovi Williamu Ockhamovi ze 14. století: Vyzkoušejte nejdřív nejjednodušší předpoklad a komplikujte ho teprve tehdy, když je to nezbytné. Einsteiny vyzvání homogenního vesmíru tedy mělo určitou logiku a oporu v bádání jiných, ale to nestačilo, aby se tento model mohl stát základem vědy, která předpovídá pozorovatelné jevy.

Přesto Peebles okamžitě souhlasil, když mu Dicke navrhl, aby zkoumal teplotu posledního velkého třesku pulzujícího vesmíru. Především ten návrh přišel od Boba Dickeho, a jeho intuici bylo třeba důvěřovat. Krom toho Peebles sdílel nadšení svého mentora pro zkoumání obecné teorie relativity, ale i jeho odměřenost vůči kosmologii. Jen o rok dříve, v roce 1963, napsal Dicke do časopisu *American Journal of Physics* na téma kosmologie a relativity článek, v němž uvedl: „Kosmologie, jež původně vycházela jen z filozofických spekulací, se postupně vyvinula ve vědu, která se ale může opřít o tak málo pozorování, že v ní filozofické úvahy stále hrají podstatnou, ne-li rozhodující roli.“

Peeblese přitahovaly experimentální důsledky – možnost zaplnit ten „nedostatek pozorování“ novými fakty. Existovala možnost, že jeho výpočty povedou k platnému měření, které provedou Roll s Wilkinsonem s anténou, kterou jim Dicke uložil postavit. Budou dělat kosmologii vědecky: pozorované se bude muset přizpůsobit Peeblesovým výpočtům.

První náznaky, že by rádiové vlny mohly přinést nový pohled na vesmír, se objevily už ve třicátých letech, a to opět díky náhodnému měření provedenému Bellovými laboratořemi. V roce 1932 jeden inženýr, který se snažil zbavit transatlantický rádiový přenos záhadných rušivých signálů, přišel na to, že onen šum přichází z Mléčné dráhy. Zpráva o tom se dostala až na titulní stranu deníku *The New York Times*, ale poté upadla v zapomnění. Dokonce i astronomové ji brali jen jako kuriozitu. Využití rádiových vln pro astronomický výzkum se rozšířilo až po druhé světové válce.

Rádiová astronomie se stala součástí širšího trendu, kdy si astronomové začali uvědomovat, že elektromagnetické spektrum může obsahovat množství užitečných informací i mimo úzké pásmo viditelného světla. Vlnové délky záření, na které je citlivé lidské oko, se pohybují mezi 700 nanometrů neboli 0,000000700 metru (červená) a 400 nm (fialová). Po obou stranách tohoto pásma se nicméně nacházejí vlnové délky až zhruba biliardkrát kratší či delší (biliarda je 1 000 000 000 000 000). Princetonský experiment se měl soustředit na pásma těch nejdelších vln, neboť ty mají i nejmenší energii – tak malou, jakou by nyní mělo mít záření, které postupně chladlo skoro od samého počátku času.

Peebles při rekonstrukci podmínek panujících při vzniku vesmíru vyšel z jeho současného složení. Dnešní vesmír je tvořen z tří čtvrtin vodíkem, nejlehčím prvkem. Jeho atomové číslo je jedna, což znamená, že jeho jádro obsahuje pouze jeden proton. Aby takto hojné zastoupení vodíku přetrvalo až do současnosti, musel být raný vesmír prosycen zářením, neboť pouze neobyčejně horké prostředí mohlo zabránit jednotlivým protonům, aby se slučovaly s dalšími nukleony

a vytvářely tak jádra helia a dalších těžších prvků. Jak se vesmír rozpínal a jeho objem rostl, klesala jeho teplota. Odvodte ze současného množství vodíku ve vesmíru, jak intenzivní (horké) muselo záření na počátku být, a započítejte, nakolik se vesmír od té doby zvětšil, a dojdete k teplotě, na kterou by se do dnešní doby ono záření mělo ochladit.

Rádiová anténa ovšem neměří teplotu, tedy alespoň ne přímo. Teplota předmětu určuje, jak rychle se v něm pohybují elektrony – čím vyšší teplota, tím se pohybují rychleji. Tento pohyb elektronů je pak příčinou rádiového šumu – čím rychlejší pohyb, tím intenzivnější šum. Intenzita šumu nám tedy říká, jak rychle se elektrony pohybují a jaká je tedy jejich teplota, a tudíž i teplota studovaného předmětu – nebo, jak říkají inženýři, jaká je „ekvivalentní teplota“ rádiového šumu. V dutém tělese se zcela neprůhlednými stěnami bude jediným zdrojem rádiového šumu pohyb elektronů v jeho stěnách. Když vložíme přijímač rádiových vln do tělesa, kterým bude sám vesmír, můžeme měřením intenzity šumu uvnitř něj odvodit ekvivalentní teplotu jeho stěn – teplotu reliktního záření.

V roce 1964 začal Peebles pracovat na odvození současné teploty reliktního záření – tedy ekvivalentní teploty šumu, který by následně měla zachytit anténa. Jeho kolegové Roll a Wilkinson mezitím začali s prací na anténě – technicky vzato šlo o Dickeho radiometr, který Dicke během války, kdy pracoval v radiační laboratoři MIT (Massachusettského technologického institutu), navrhl ke zvýšení citlivosti radarů. Počátkem roku 1965 obdržel Peebles pozvání, aby přednášel v Laboratoři aplikované fyziky na Univerzitě Johnse Hopkinse, a zeptal se Wilkinsona, jestli se může o radiometru zmínit na veřejnosti.

„Klidně,“ odpověděl Wilkinson. „Teď už nás nikdo nedožene.“

Poté události nabraly rychlý spád. Peeblesova přednáška se konala 19. ledna. Mezi posluchači seděl i jeho dobrý přítel z univerzity (a bývalé Dickeho dítě) Kenneth Turner, toho času radioastronom z Oddělení zemského magnetismu Carnegieho institutu ve Washingtonu. Experiment princetonských fyziků na něj velmi zapůsobil a několik dní později o něm povyprávěl svému kolegovi Bernardu Burkemu. O další den či dva později Burkemu během oběda telefonoval astronom z Bellových laboratoří, se kterým se seznámil v prosinci předchozího roku v letadle do Montrealu, když letěl na setkání Americké astronomické společnosti. Burke odešel ze společné jídelny a hovor vzal v místnosti vedle kuchyně. Po krátké debatě Burke přešel k nezávaznému povídání. „Jak jste daleko s tím vašim praštným experimentem?“ zeptal se.

Během letu do Montrealu totiž popisoval Arno Penzias Burkemu, co společně s Bobem Wilsonem zkoušejí na Crawford Hillu. Řekl mu, že se chtějí pokusit

měřit rádiové signály hvězd, ale ne těch z velkého shluku ve středu Mléčné dráhy, kam se dívá většina astronomů, ale z opačného směru, z okraje galaxie. Je nomže teď, pokračoval Penzias v telefonu, narazili na problém, a to ještě ani nezačali s měřením.

„Nerozumíme jedné věci,“ řekl Penzias. Vysvětlil Burkemu, že se jim nedaří zbavit se šumu, který odpovídá teplotě blízké absolutní nule. Když Penzias popsal jejich snažení a trápení, Burke mu poradil: „Asi byste měli zavolat na Princeton Bobovi Dickemu.“

Velký třesk býval pouhým mýtem o stvoření, ale roku 1965 se tento kreacionistický mýtus změnil: vedl k předpovědi. Přibližně v době, kdy Penzias zavola Dickemu, došel Peebles ve svých výpočtech k teplotě okolo 10 stupňů nad absolutní nulou, která se obvykle uvádí jako teplota deseti kelvinů.\* Penzias a Wilson pomocí své antény naměřili teplotu 3,5 K (plus minus jeden kelvin). Protože Peeblesovy výpočty byly hodně přibližné a Penziasova a Wilsonova měření výsledkem šťastné náhody, neznamenal přibližná shoda teorie a pozorování nic definitivního. Na druhou stranu byly jejich výsledky příliš podobné, než aby je bylo možné zavrhnout jako shodu okolností.

Přinejmenším to stálo za zaznamenání pro budoucí generace. Po setkání na Crawford Hillu a druhé schůzce, tentokrát v Princetonu, se oba vědecké týmy dohodly, že každý z nich napíše vlastní článek a že oba články otisknou vedle sebe v odborném časopise *The Astrophysical Journal*. Jako první bude uveden článek princetonské čtveřice, zaobírající se možnými kosmologickými důsledky měření. Následovat bude článek Penziasa a Wilsona, který se soustředí na samotné měření, tak, aby jejich objev nebyl příliš těsně spojován s nějakou odvážnou interpretací, a mohl tak, jak řekl Wilson, „přetrvat“.

Jednadvacátého května 1965, ještě dříve, ještě než oba články vyšly, celý příběh zveřejnil list *The New York Times*: „Signály naznačují, že vesmír začal velkým třeskem.“ (Jeho autor byl v kontaktu s redakcí *The Astrophysical Journal* kvůli jinému textu a přitom se dozvěděl o zmíněné dvojici článků.) Díky význačnosti této reportáže – umístění na titulní straně a fotografie antény z Bellových laboratoří – si někteří členové obou týmů uvědomili i možný dopad jejich případného objevu. Peebles ovšem nepotřeboval noviny, aby se dozvěděl, že jsou na stopě něčemu velkému. Stačilo mu sledovat Dickeho. Dicke dokázal být zábavný a bezstarostný, ale nikdy, jednalo-li se o fyziku. Během posledních týdnů se nicméně

---

\* Absolutní nula,  $-273,15\text{ }^{\circ}\text{C}$ , je nejmenší dosažitelnou teplotou a je jí přiřazena hodnota 0 kelvinů. 10 K potom znamená teplotu  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$  nad absolutní nulou.



ukázalo, že se dokáže bavit i jinak. Jeden dlouholetý princetonský astronom se po rozhovoru s Dickem nechal slyšet, že Bob „překypuje nadšením“.

Následně pátrání v odborné literatuře odhalilo další předpovědi a nejméně jedno předešlé měření. V roce 1948 napsal George Gamow pro časopis *Nature* článek předpovídající existenci „nejstarobylejšího archeologického dokladu vztahujícího se k historii vesmíru“. V detailech se mýlil, ale v principu měl pravdu: pokud nemělo docházet ke slučování protonů v těžší jádra, musel být raný vesmír velmi horký. V témže roce vypočítali fyzikové (a pozdější Gamowovi spolupracovníci) Ralph Alpher a Robert Herman, že „teplota ve vesmíru“ by se měla pohybovat okolo 5 K, ale astronomové je tehdy ujišťovali, že praktické ověření je technicky nemožné. (Wilson měl při zpětném pohledu za to, že by zřejmě byli schopni objevit reliktní záření i s technologií dostupnou za druhé světové války, kdyby správně spojili anténu s kalibrátorem.) V článku publikovaném roku 1961 v časopise *Bell System Technical Journal* jeden inženýr z Bellových laboratoří uváděl, že anténa pro družici Echo zachytila přemíru signálu o teplotě 3 K, tato hodnota nicméně spadala do rámce chyby měření. Tato odchylka navíc neměla vliv na jeho výzkumný cíl, takže ji ignoroval. V roce 1964 Fred Hoyle, zastánce teorie statického vesmíru, spolu s Rogerem Taylerem zkoumali hypotézu oscilujícího vesmíru a provedli podobné propočty jako Alpher a Herman. A ve stejném roce, kdy Penzias s Wilsonem natáčeli svou anténu ke každému místu na horizontu v marné snaze najít zdroj naměřeného šumu, otiskli dva ruští astronomové článek poukazující na skutečnost, že je v současnosti možné zachytit záření kosmického pozadí – a že nejhodnějším přístrojem je jistá anténa na vrcholku kopce nedaleko Holmdelu v New Jersey.

Jim Peebles měl rychlý metabolismus; mohl sníst, na co měl chuť, bez obav, že by přibral. Tahle vrozená rychlost a neklid se promítaly i do jeho duševního života. Miloval, když našel nějaký stěžejní problém, který mohl řešit, zjistit, co z řešení plyne a jaký velký problém se tím otevírá, vyřešit ho a zjistit, co plyne z něj: hnal se vpřed, s pokrčenými koleny a s větrem ve tváři (byl to zkušený sjezdař). Dokonce i popis jeho duševní roztěkanosti, který jednou poskytl novináři, byl roztěkaný: „Náhodný postup, ne, postup bez cíle, nebo spíš postup s lokálním cílem: uděláte krok, a teprve pak se rozhodnete, kam udělat další.“ Ovšem chodit do knihovny, nořit se do knih, opakovat si přečtené – to ho sice možná úplně nenudilo, ale nijak ho to nevtáhlo. V každém případě si toho moc nenastudoval.

Jeho první vědecký článek o teplotě vesmíru – Dicke poslal Penziasovi preprint po jejich telefonickém rozhovoru – se stále vracel od recenzenta, neboť opakoval předešlé výpočty Alphera, Hermana, Gamowa a dalších. Peebles jej

nakonec v červnu roku 1965 vzal zpět. Některá opominutí z této práce pak opravil v článku o záření kosmického pozadí, napsaném spolu s Dickem, Rollem a Wilkinsonem. Tento text ovšem citoval pouze Gamovovu práci na téma rané syntézy prvků, nikoli jeho článek předpovídající teplotu kosmického pozadí. Gamow poté zaslal Penziasovi rozzlobený dopis se seznamem odkazů na své dřívější práce a zakončil ho slovy: „Jak vidíte, svět nezačal až s všemohoucím Dickem.“

Všechny tyto práce však trpěly nejasností, která odrážela lhostejný postoj mnoha vědců vůči kosmologii a teorii relativity. To se změnilo v prosinci 1965, kdy Roll s Wilkinsonem připevnili na střechu budovy Guyot Hall svou anténu a získali stejné údaje jako Penzias a Wilson. Během několika měsíců proběhly ještě dva další experimenty (jeden opět provedli Penzias s Wilsonem) a dospěli k něčemu, bez čeho se řádná vědecká předpověď neobejde: k nezávislému potvrzení výsledků – v tomto případě šlo o zachycení záření, které už neslo název „tříkelvinové záření“.

Pro fyziky a astronomy tu byl znatelný posun. Jak teorie statického vesmíru, tak teorie velkého třesku se neopíraly o výpočty nebo o pozorování, ale o spekulace. Byly to soudobé protějšky Koperníkových pokusů o zachycení pozorovaných jevů; byly to teorie, kterým scházely důkazy. A podobně jako Galilei s pomocí dalekohledu objevil úkazy, které pomohly rozhodnout mezi geocentrickým a heliocentrickým pojetím vesmíru a donutily nás změnit naše představy o něm, tak i radioastronomové s pomocí nového druhu dalekohledu nyní objevili důkaz, který rozhodl mezi statickým vesmírem a velkým třeskem a vynutil si další změnu pojetí vesmíru.

Vidět víc než jen optickou část elektromagnetického spektra nemuselo nutně znamenat, že skutečně více uvidíme. Obloha nemusela ukrývat více detailů, než kolik jich lze spatřit pouhým okem nebo pomocí dalekohledu. Zavedení radioastronomie nemuselo pro newtonovské pojetí vesmíru představovat žádnou změnu. Nicméně nakonec to přece přineslo nové objevy a nutnost přizpůsobit naše představy novým informacím. Tento nový vesmír mohl stále pracovat jako hodinový strojek, v němž by platily zákony vzešlé z Galileiho pozorování a Newtonových výpočtů. Ale platné byly i zákony formulované Hubblem a Einsteinem, a v jejich vesmíru už nebeské pohyby nebyly ani přesně cyklické, ani lineární; jejich vesmír nebyl jako kapesní hodinky s kolečky a ručičkami vracejícími se znovu do stejné polohy; připomínal spíše kalendář, jehož stránky uchovávají minulost, zaznamenávají přítomnost a nastiňují budoucnost.

Možná, že vytváření nových teorií o vesmíru není nakonec taková hloupost, pomyslel si Peebles. Ne že by vždy opatrný Peebles nyní teorii velkého třesku

přijímal, ale stejnorodost mikrovlnného pozadí, které předpověděl a které Penzias s Wilsonem objevili, nepochybně odpovídala vesmíru, jenž byl v těch největších měřících všude stejný bez ohledu na to, kde jste se nacházeli. Einstein předpokládal slona na nakloněné rovině a ukázalo se, že vesmír je přesně takový: homogenní.

„Což je úžasná věc,“ pomyslel si Peebles. „Ale v tom to je: vesmír je jednoduchý.“