

Rozhovor s Jamesem Peeblesem po NC

Jejich rozhovor sem si přeložil google-překladačem....jak asi bude vypadat kosmologie za 20 let ?

<https://www.aip.org/history-programs/niels-bohr-library/oral-histories/33957>

Lightman:

I wanted to start with your childhood and find out a little bit how you got interested in science, particularly, if you read anything or talked to any people who had a particular influence on you early on.

Chtěl jsem začít s vaším dětstvím a zjistit, jak se o vědu zajímáte, zvláště pokud čteš něco, nebo si promluvil s lidmi, kteří na tebe měli konkrétní vliv již brzy.

Peebles:

I've always been interested in mechanical things. I think I must have been heavily influenced by my father, who is also very good with his hands. He liked to build things. I always loved to watch him do it, and I loved to build things on my own. I was never exposed as a kid to any real science. I read the occasional popular science book, and I loved *Mechanics Illustrated*, which had a lot of pseudo-science in it: It wasn't until I got to college that I began to appreciate what physics is all about, and that was really an accident also. I started in engineering, where I think I could have happily remained and, who knows, made a bundle as a civil engineer or mechanical engineer. But more of my friends happened to be majoring in physics than engineering, so I switched over. No more compelling reason than that. But I then decided, once I was in physics, that it was great stuff and stuck there ever since.

Vždycky mě zajímaly mechanické věci. Myslím, že jsem musel být silně ovlivněn svým otcem, který je také velmi dobrý s rukama. Rád stavěl věci. Vždy jsem ráda sledovala, jak to dělá, a rád jsem stavěl věci sám. Nikdy jsem nebyl jako dítě vystaven žádné skutečné vědě. Četl jsem občasnou populární vědeckou knihu a miloval jsem *Mechanics Illustrated*, který v ní měl spoustu pseudovědy: Teprve když jsem se dostal na vysokou školu, začal jsem si uvědomovat, o co fyzika jde, a to bylo opravdu nehoda také. Začal jsem ve strojírenství, kde si myslím, že jsem mohl šťastně zůstat a kdo ví, vytvořil svazek jako stavební inženýr nebo strojní inženýr. Ale víc mých přátel se náhodou specializoval na fyziku než na strojírenství, takže jsem přešel. Už žádný závažnější důvod. Ale poté, co jsem byl ve fyzice, jsem se rozhodl, že to byly skvělé věci a od té doby tam zůstaly.

Lightman:

When you were younger, before college, do you remember any particular books or authors that you read that had an impression on you?

Když jste byli mladší, pamatujete si před vysokou školou nějaké konkrétní knihy nebo autory, které jste četli a které na vás působily?

Peebles:

No, not a one. As I say, I did read the occasional book on popular science, but they were never of any great depth. So, I can't say that I had any idea what science was all about before I got to college. In fact, I didn't know what engineering was all about before I went to college. I just wandered in. I came from a very small high school in which there was no guidance and not any appreciable amount of physics taught, nor much mathematics. So I didn't know what academia was all about until I got to college.

Ne, ani jeden. Jak říkám, četl jsem občasnou knihu o populární vědě, ale nikdy nebyly tak hluboké. Takže nemohu říci, že jsem měl tušení, o čem věda byla, než jsem se dostal na vysokou školu. Ve skutečnosti jsem nevěděl, o čem je inženýrství, než jsem šel na vysokou školu. Právě jsem se bloudil. Pocházel jsem z velmi malé střední školy, ve které neexistovalo vedení a žádné značné množství učené fyziky, ani mnoho matematiky. Takže jsem nevěděl, o čem je akademie, dokud jsem se nedostal na vysokou školu.

Lightman:

Did you build things when you were young?

Stavěl jsi věci, když jsi byl mladý?

Peebles:

I built things, yes, mechanical things. I built slingshots, electric motors, long yo-yo strings, that sort of thing.

Stavěl jsem věci, ano, mechanické věci. Postavil jsem praky, elektrické motory, dlouhé yo-yo struny, takové věci.

Lightman:

Did you enter science fair projects?

Zadali jste vědecké veletržní projekty?

Peebles:

Oh no, there was no such concept where I was situated.

Ach ne, neexistoval žádný takový koncept, kde jsem se nacházel.

Lightman:

You probably weren't thinking about cosmology at all, or even the universe at all, at that age then?

Pravděpodobně jste v tom věku vůbec nemysleli na kosmologii nebo vůbec na vesmír?

Peebles:

I had no idea what cosmology was.

Netušil jsem, co je to kosmologie.

Lightman:

Let me talk a little about your undergraduate education, when you did begin finding out what physics was. Can you tell me about that?

Dovolte mi, abych si trochu promluvil o vašem vysokoškolském vzdělání, když jste začali zjistit, co je fyzika. Můžeš mi o tom říct?

Peebles:

At that time, the University of Manitoba was quite strong in classical physics, but pretty weak in modern theory. So I came away from the University of Manitoba with a pretty good grounding [in what] I would need in astrophysics, in the sense that it was broad and strong on the classical parts, but weak on modern physics. I didn't know any relativistic quantum mechanics although I did know a fair amount of non-relativistic quantum [mechanics].

V té době byla University of Manitoba v klasické fyzice poměrně silná, ale v moderní teorii docela slabá. Takže jsem odjel z University of Manitoba s docela dobrým základem v tom, co bych potřeboval v astrofyzice, v tom smyslu, že to bylo široké a silné na klasické části, ale slabé na moderní fyziku. Neznal jsem žádnou relativistickou kvantovou mechaniku, i když jsem věděl, že je to poměrně málo relativistické kvantové mechaniky.

Lightman:

I don't think many undergraduates learn relativistic quantum mechanics.

Nemyslím si, že mnoho vysokoškoláků se učí relativistickou kvantovou mechaniku.

Peebles:

I think they do these days. We hit them with a little of the Dirac equation and we certainly go further into non-relativistic quantum mechanics than I did. It was, as you can imagine, quite a shock to come from the University of Manitoba, as it was in the 1950s, to Princeton University — to come from being top dog in my class [and] getting all the honors to being totally bewildered and totally surrounded by all these people who knew so much more than I [did]. So that was a shock that lasted for maybe a year, until I managed to catch up and to find out what was going on in physics. Again, because Manitoba was not strong in modern physics, I didn't have a very clear idea what modern physics was all about or what the research possibilities were. That was something I had to learn when I came to Princeton. As is inevitable, my first interest was particle theory. It was the glamorous subject then as it is now, and I started working in that direction. Particularly, I was very inspired by some of the people here at the time. Murph Goldberger was doing his dispersion theory game at

the time. He gave a brilliant series of lectures that I was totally overwhelmed by and totally grabbed by. So for some time I was dreaming of being a particle theorist. Many of us must go through that phase — it's so glamorous. But then I ran into Bob Dicke, who had a weekly evening meeting on his research on gravity physics. I dropped in on it mainly because I knew some of the people in the group — fellow graduate students — but I soon came to attend because of the subject, which is fascinating. In gravity physics then, as now, one had to look at many different subjects, from the structure of the planets to the structure of the galaxy to cosmology. That's where I first began to see a little of what cosmology is and to become very fascinated by it and also to become fascinated in general with gravity physics and all of the physics it brought in to research projects. So I deflected my interest [and] wrote a thesis with Bob Dicke on the possibility of variability in the fine structure constant, a topic that has come and gone so many times during the years. I placed empirical limits on how much α [the fine structure constant] could have varied through radioactive decay [and the ages] of meteorites. Then it was [when I was] a post-doc that he and I moved in the direction of cosmology as a way to do gravity physics.

Myslím, že to dělají dnes. Zasáhli jsme je trochou Diracova rovnice a určitě jdeme dále do nedemivivistické kvantové mechaniky než já. Jak si dokážete představit, byl to docela šok z univerzity v Manitobě, jako tomu bylo v padesátých letech, do Princetonské univerzity - z toho, že jsem byl špičkovým psem v mé třídě [a] získáním všech vyznamenání, abych byl úplně zmaten. a úplně obklopen všemi těmi lidmi, kteří věděli mnohem víc než já. Takže to byl šok, který trval možná rok, dokud se mi nepodařilo dohnat a zjistit, co se děje ve fyzice. Znovu, protože Manitoba nebyl v moderní fyzice silný, neměl jsem jasnou představu o tom, o čem moderní fyzika je nebo jaké jsou možnosti výzkumu. Když jsem přišel do Princetonu, musel jsem se to naučit. Jak je nevyhnutelné, mým prvním zájmem byla teorie částic. Tehdy to bylo okouzující téma, jak je tomu nyní, a já jsem začal tímto směrem pracovat. Zejména jsem byl velmi inspirován některými lidmi v tu dobu. Murph Goldberger v té době dělal svou hru teorie disperze. Udělal skvělou sérii přednášek, které jsem byl naprosto ohromen a naprosto popadl. Nějakou dobu jsem tedy snil o tom, že jsem teoretikem částic. Mnoho z nás musí projít touto fází - je to tak okouzující. Ale pak jsem narazil na Boba Dickeho, který měl týdenní večerní setkání na svém výzkumu gravitační fyziky. Zapadl jsem do toho hlavně proto, že jsem znal některé lidi ve skupině - kolegy z postgraduálních studentů -, ale brzy jsem přišel navštívit kvůli tématu, které je fascinující. V gravitační fyzice se pak, stejně jako nyní, musel podívat na mnoho různých předmětů, od struktury planet po strukturu galaxie až po kosmologii. Tam jsem poprvé začal vidět, co je to kosmologie, a stal jsem se tím velmi fascinován a také fascinován obecně gravitační fyzikou a veškerou fyzikou, kterou přinesl do výzkumných projektů. Odvrátil jsem tedy svůj zájem [a] napsal jsem disertační práci s Bobem Dickem o možnosti variabilnosti konstanty jemné struktury, což je téma, které v průběhu let tolikrát přicházelo a odcházelo. Položil jsem empirické limity na to, kolik alfa [konstanty jemné struktury] se mohlo měnit radioaktivním rozpadem [a věky] meteoritů. Pak to byl [když jsem byl] postdoktorem, že jsme se společně pohybovali ve směru kosmologie jako způsob, jak dělat gravitační fyziku.

Lightman:

Let's see, the Brans-Dicke theory^[1] I was around at this time.

Podívejme se, Brans-Dickeova teorie [1] Byl jsem v tuto chvíli.

Peebles:

The Brans-Dicke theory was around at that time, right. That's not something I ever worked on very much, although there was then, as you know, great interest in the possibility that the precession of the perihelion of Mercury might have been wrongly interpreted.

Teorie Brans-Dicke byla v té době asi v pořádku. To není něco, na čem jsem kdy hodně pracoval, ačkoli, jak víte, byl velký zájem o možnost, že by mohla být precese perihel Merkurů nesprávně interpretována.

Lightman:

Yes. **Ano**

Peebles:

Part of the contribution to the precession [might] come from an oblate [flattened] sun. So I did spend a long time looking at solar physics and the constraints one might have in a differentially rotating sun. I guess you could say that was an introduction to cosmology, although it was all strictly local solar system physics that we were dealing with at that time. Bob Dicke had found cosmological solutions for his theory. I don't know how much attention he paid to them. I didn't think they were very exciting at the time because I didn't appreciate really the excitement of cosmology. It seemed to me, at the time, to be rather a limited subject — a subject, as it used to be advertised, with two or three numbers. A science with two or three numbers always seemed to me to be pretty dismal. [It was] a science with Hubble's constant, the deceleration parameter, and the density parameter. If that's all there were to cosmology, I wouldn't have found it very interesting.

Část příspěvku na precesi může pocházet z planěného [zploštělého] slunce. Takže jsem strávil dlouhou dobu pohledem na sluneční fyziku a omezení, která by mohla mít v jinak rotujícím slunci. Myslím, že byste mohli říci, že to byl úvod do kosmologie, ačkoli to bylo všechno striktně lokální fyzika sluneční soustavy, se kterou jsme se tehdy zabývali. Bob Dicke našel pro svou teorii kosmologická řešení. Nevím, jak velkou pozornost jim věnoval. Nemyslel jsem si, že v té době byli velmi vzrušující, protože jsem opravdu neoceníl vzrušení z kosmologie. V té době se mi zdálo, že je to spíše omezený předmět - předmět, jak bývala inzerován, se dvěma nebo třemi čísly. Věda se dvěma nebo třemi čísly mi vždy připadala docela skličující. [Byla to] věda s Hubbleovou konstantou, parametrem zpomalení a parametrem hustoty. Kdyby to bylo vše, co by bylo v kosmologii, nebylo by mi to zajímavé.

Lightman:

And that's all that people were talking about at that time?

A to je všechno, o čem lidé tehdy mluvili?

Peebles:

At the time, much of the subject was concentrating on that. Of course, there was the other great topic, which was the debate between the steady state theory and conventional big bang cosmology.

V té době se na to hodně soustředila. Samozřejmě existovalo další skvělé téma, kterým byla debata mezi teorií ustáleného stavu a konvenční kosmologií velkého třesku.

Lightman:

Can you tell me a little about your thoughts on that debate.

Můžete mi říci něco o svých myšlenkách na tuto debatu.

Peebles:

Well, mainly I was scandalized that there should be such intense debate over what seemed to me to be such a vacuous question. At the time, I found that, if anything, cosmology was not appealing because it based so much on an assumption that the universe is homogeneous, which seemed to me to be highly questionable. Of course, I hadn't looked into the observational basis for why one believed in homogeneity, which even then was not by any means insignificant. It seemed to me just unrealistic on the face of it to think that you could make a theory of the universe. It seems to me still to be a reasonable first guess — how can you make a theory for the universe? I guess I remember first thinking that the assumption of homogeneity was unrealistic when I was preparing for general exams as a graduate student here — you know about the general exams that replaced course requirements. Among other things, you could anticipate that there might be a question in the relativity part on cosmology, and all sensible graduate students knew this and prepared themselves by learning about the standard solutions to Einstein's field equations for a homogeneous expanding universe. So I dutifully learned them, but I remember thinking to myself, "Boy, this is silly. Who could imagine the universe would be so simple?"

Hlavně jsem byl skandalizován, že by měla probíhat tak intenzivní debata o tom, co se mi zdálo být tak prázdnou otázkou. V té době jsem zjistil, že kosmologie, pokud vůbec něco, není přitažlivá, protože se tolik opírala o předpoklad, že vesmír je homogenní, což se mi zdálo velmi sporné. Samozřejmě jsem se nedíval do observačního základu, proč člověk věřil v homogenitu, což ani tehdy nebylo nijak nevýznamné. Připadalo mi to jako nereálné, když jsem si myslel, že dokážete vytvořit teorii vesmíru. Zdá se mi, že je to stále rozumný první odhad - jak můžete vytvořit teorii pro vesmír? Myslím, že si pamatuji první myšlenku, že předpoklad homogeneity byl nerealistický, když jsem se zde připravoval na všeobecné zkoušky jako postgraduální student - víte o obecných zkouškách, které nahradily požadavky na kurz. Kromě jiného byste mohli očekávat, že by v otázce relativity o kosmologii mohla existovat otázka, a všichni rozumní postgraduální studenti to věděli a připravili se tím, že se dozvěděli o standardních řešeních Einsteinových polních rovnic pro homogenní expandující vesmír. Takže jsem je poslušně naučil, ale vzpomínám si, že jsem si myslel: „Chlapče, tohle je hloupé. Kdo by si dokázal představit, že vesmír bude tak jednoduchý?“

Lightman:

That's what you mean when you say that you can't imagine anybody making a theory of the universe?

To máte na mysli, když říkáte, že si neumíte představit, že by někdo vytvořil teorii vesmíru?

Peebles:

Right. The universe surely is — I guess I would have said at the time if I had thought it through — a hierarchy of complexity. One could imagine making a theory of galaxies, a theory of clusters of galaxies, and so on, but to have a theory of the universe as a whole sounds to me more like a meta theory rather than physics as I know it.

Že jo. Vesmír je jistě - myslím, že bych tehdy řekl, kdybych si to promyslel - hierarchie složitosti. Dalo by se představit vytvoření teorie galaxií, teorie shluků galaxií atd., Ale mít teorii vesmíru jako celku mi připadá spíše jako meta teorie než fyzika, jak ji znám.

Lightman:

And yet that's what Einstein himself did in 1917.^[2]

A přesto to udělal sám Einstein v roce 1917. [2]

Peebles:

Yes, yes. In fact, I've often wondered how he could ever bring himself to make such a simple assumption, and I've wondered also why people like de Sitter let him get away with it. De Sitter was pretty cautious, in fact...

Ano ano. Ve skutečnosti jsem často přemýšlel, jak by se někdy mohl přivést k tak jednoduchému předpokladu, a přemýšlel jsem také o tom, proč ho lidé jako de Sitter nechali s tím uniknout. De Sitter byl opravdu opatrný, ve skutečnosti ...

Lightman:

De Sitter argued a lot with him.^[3]

De Sitter se s ním hodně hádal. [3]

Peebles:

Right, on that point. Other sensible astronomers and many physicists quickly accepted his idea as the way it has to be. The universe has to be so simple that we can analyze it in a one-dimensional differential equation - everything a function of time alone. Of course, Einstein had brilliant intuition and he surely was awfully close to the truth — that's the way the universe looks.

Správně, v tomto bodě. Jiní rozumní astronomové a mnoho fyziků rychle přijali jeho myšlenku jako způsob, jakým musí být. Vesmír musí být tak jednoduchý, že ho můžeme analyzovat v jednorozměrné diferenciální rovnici - všechno je funkcí času. Einstein měl samozřejmě skvělou intuici a byl určitě strašně blízko pravdě - tak vypadá vesmír.

Lightman:

So have you changed your view about whether it's silly to make theories of the universe?

Takže jste změnilí svůj názor na to, zda je hloupé vytvářet teorie vesmíru?

Peebles:

I think it's amazing still, but I have to agree that it does make sense to make theories of the universe. They work so very well First, I think the observations pretty clearly show us that in the large-scale average — on scales comparable to the Hubble distance now — the universe is remarkably isotropic. And more indirectly, but I think; still pretty convincingly, the universe is remarkably close to homogeneous. So, if one should believe general relativity theory, you have it. The universe is simple. It's expanding in a computable way — which is an amazing thing. I never would have anticipated it could have worked out so easily, but there it is.

Myslím, že je to stále úžasné, ale musím souhlasit s tím, že má smysl vytvářet teorie vesmíru. Fungují tak velmi dobře Zprvce si myslím, že pozorování jasně ukazují, že ve velkém měřítku - na stupnici srovnatelných s Hubbleovou vzdáleností - je vesmír pozoruhodně izotropní. A nepřímo, ale myslím; stále docela přesvědčivě je vesmír pozoruhodně blízký homogennímu. Pokud tedy někdo věří obecné teorii relativity, máte to. Vesmír je jednoduchý. Rozšiřuje se to vyčíslitelným způsobem - což je úžasná věc. Nikdy bych nečekal, že by to tak snadno fungovalo, ale je to tak.

Lightman:

Do you think the observations between then and now have made you stop thinking that it's a silly idea to make these theories?

Myslíte si, že pozorování mezi tím a nyní vás přinutila přestat si myslet, že je to hloupý nápad vytvořit tyto teorie?

Peebles:

Yes. Remember at the time I wasn't aware of the observations. I could have known then that the faint radio sources are quite isotropically distributed — that was known. I guess that was the main observational datum that showed homogeneity in the large scale. There were the galaxy counts but they were always very questionable — still are — because it's so hard to make the k-correction and to correct for local mass concentrations, the local galaxy concentrations. As you know, in the simplest model, you would expect the galaxy counts to vary as flux density to the $-2/3$ [power], apparent magnitude to the 0.6, isn't it? The [actual] plot of [the] logarithm [of the]

galaxy counts against apparent magnitude is remarkably close to a straight line, but with the wrong slope, going all the way from the bright end to the faintest end, which one thinks is a conspiracy of two corrections: the k-correction of the faint end and the local concentration of galaxies in the local super cluster on the bright end. Given that fact, it's hard to argue that we have much evidence of homogeneity there. Isotropy, of course, is wildly improved in the last twenty to thirty years. But, as I say, even in the late 1950s I could have looked at the radio source counts and I could have been impressed at how isotropic they are, but I didn't know about them.

Ano. Pamatujte si, že v té době jsem nevěděl o pozorováních. Tehdy jsem mohl vědět, že slabé rádiové zdroje jsou docela izotropně rozmístěny - to bylo známo. Myslím, že to byl hlavní pozorovací údaj, který ukázal homogenitu ve velkém měřítku. Byly počty galaxií, ale vždy byly velmi sporné - stále jsou - protože je tak těžké provést k-korekci a korigovat lokální hmotnostní koncentrace, lokální koncentrace galaxií. Jak víte, v nejjednodušším modelu byste očekávali, že se počty galaxií budou měnit jako hustota toku do $-2/3$ [síla], zdánlivá velikost do 0,6, že? [Skutečný] graf logaritmu [galaxií] počítaný proti zdánlivé velikosti je pozoruhodně blízký přímce, ale se špatným sklonem jde od jasného konce k nejslabšímu konci, což si člověk myslí, že je spiknutí dvou korekcí: k-korekce slabého konce a lokální koncentrace galaxií v místním super clusteru na jasném konci. Vzhledem k této skutečnosti je těžké tvrdit, že máme mnoho důkazů o homogenitě. Izotropy se samozřejmě za posledních dvacet až třicet let výrazně zlepšila. Ale jak říkám, i na konci padesátých let jsem se mohl podívat na počty zdrojů rádia a mohl jsem být ohromen tím, jak jsou izotropní, ale nevěděl jsem o nich.

Lightman:

You mentioned that going to Dicke's evening meetings got you very interested in relativity theory. Do you remember when it was that you got interested in cosmology in particular?

Zmínil jste, že jste se na Dickeho večerní schůzky tě velmi zajímali o teorii relativity. Pamatujete si, kdy jste se zajímal zejména o kosmologii?

Peebles:

Yes, I guess I can pretty definitely date that. This was the famous idea of Bob Dicke's to look for the microwave radiation left over from a hot big bang. I can't give you a year. I took no notes. He probably could tell you. It would be around 1964. It was in the summer, I do remember — a very hot day. We met in his usual evening group, but with a small number of people. I don't remember why, perhaps because it was the summer. For some reason, we met in the attic [in Palmer lab]. It was really ridiculously hot, I remember. He explained to us first why one might want to think that the universe was hot in its early phases. I don't know how widely this is described, [but] his thought at that time - and one that he does keep returning to — is that the universe might oscillate.

Ano, myslím, že to dokážu docela určitě randit. To byl slavný nápad Boba Dickeho hledat mikrovlnné záření, které zbylo z horkého velkého třesku. Nemohu ti dát rok. Nezaznamenal jsem žádné poznámky. Asi vám to mohl říct. Bylo by kolem roku

1964. Bylo to v létě, pamatuji si - velmi horký den. Potkali jsme se v jeho obvyklé večerní skupině, ale s malým počtem lidí. Nepamatuji si proč, snad proto, že to bylo léto. Z nějakého důvodu jsme se setkali v podkroví [v Palmerově laboratoři]. Bylo to opravdu směšně horké, pamatuji si. Nejprve nám vysvětlil, proč bychom si mohli myslet, že vesmír byl v jeho raných fázích horký. Nevím, jak je to podrobně popsáno, ale jeho myšlenka - a ta, k níž se neustále vrací - je, že vesmír by mohl kmitat.

Lightman:

Yes, that's certainly described in the beginning of your paper in 1965.^[4] And an oscillating universe does require something to destroy heavy elements so one could start again with hydrogen. The way you destroy heavy elements is to thermally decompose them in blackbody radiation. So he explained to us then why you would like a universe that's filled with blackbody radiation. He explained to us how this blackbody radiation would remember its thermal spectrum as the universe expanded [and] would cool off. He explained to us that a good window for looking at this was around 3 centimeters wavelength, and in pretty short order, he had Dave Wilkinson and Peter Roll looking into the design of a radiometer to look for this radiation. I remember his off-handed but very inspiring remark to me, "Why don't you go think about the theoretical consequences?" — which is a sign, I guess, of a great physicist. You can throw off these remarks that can move mountains. And it certainly gave me an awful lot to think about.

Ano, to je určitě popsáno na začátku příspěvku v roce 1965. [4] A oscilační vesmír vyžaduje něco, aby zničil těžké prvky, takže člověk může začít znovu vodíkem. Způsob, jak zničit těžké prvky, je jejich tepelné rozložení v černém těle. Vysvětlil nám tedy, proč byste chtěli vesmír, který je plný záření černého těla. Vysvětlil nám, jak si toto černé záření zapamatuje jeho tepelné spektrum, jak se vesmír rozšiřoval [a] ochladil. Vysvětlil nám, že dobré okno pro pozorování toho bylo kolem 3 centimetrů vlnových délek, a v docela krátkém pořadí nechal Dave Wilkinson a Peter Roll, aby hledali design radiometru, aby hledal toto záření. Vzpomínám si na jeho off-handed, ale velmi inspirativní poznámku ke mně: "Proč nejdeš myslet na teoretické důsledky?" - což je podle mě znamení velkého fyzika. Můžete zahodit tyto poznámky, které mohou hýbat horami. A rozhodně mi to dalo spoustu přemýšlení.

Lightman:

That turned you on?
To vás zaplo?

Peebles:

That turned me on. He and I wrote a paper,^[5] I think before the discovery of the microwave background, in which we expressed many of the theoretical ideas that had come up as a consequence of thinking about the microwave background. I guess that was my first paper in cosmology, and it was really a lot of fun to write it. We could see so many things to be done.

To mě zapnulo. On a já jsme psali referát, [5] Myslím před objevením mikrovlnného pozadí, ve kterém jsme vyjádřili mnoho teoretických myšlenek, které vznikly v

důsledku přemýšlení o mikrovlnném pozadí. Myslím, že to byl můj první článek v kosmologii, a bylo opravdu zábavné psát to. Viděli jsme tolik věcí, které je třeba udělat.

Lightman:

Was that 1964? **Bylo to v roce 1964?**

Peebles:

That would be about 1964. **To by bylo asi 1964.**

Lightman:

Do you remember at that time, when you were just beginning to think about cosmology — and obviously you had taken relativity by then and you knew the relativistic background — having a preference for any particular cosmological model, say, open versus closed or homogeneous versus inhomogeneous?

Pamatujete si v té době, když jste právě začali přemýšlet o kosmologii - a zjevně jste vzali relativitu a vy jste znali relativistické pozadí - preferujete jakýkoli konkrétní kosmologický model, řekněme otevřený versus uzavřený nebo homogenní versus nehomogenní ?

Peebles:

I guess my reaction there was consistent with my initial reaction to cosmology as a subject. Again, I said, suppose someone told me whether the universe was open or closed. I think it would be a great let-down because what would I do with that knowledge? I've always assumed that we won't know whether the universe is closed or open until the information becomes, so to speak, irrelevant because it will have been enmeshed in a much larger picture in which it's obvious that the universe has to be the way it is on other, deeper grounds. So, I could never bring myself to get very excited about the question of open versus closed. It always seemed to me to be really a side issue. You'll find that in the book I wrote a few years afterwards, *Physical Cosmology*,^[6] I was very cautious about this question and didn't address it in any detail because it didn't seem to me to be very interesting. In fact, I think that's still the case. Now, with inflation, we have a reason, of course, to look for open versus closed, and within inflation suddenly this question becomes very dramatic and very compelling. So now, we can see that if we knew that the universe was not cosmologically flat, it would be of overwhelming interest because it would knock down a beautiful idea of inflation.

Myslím, že moje reakce byla v souladu s mou počáteční reakcí na vesmír jako předmět. Opět jsem řekl, předpokládejme, že mi někdo řekl, zda byl vesmír otevřený nebo uzavřený. Myslím, že by to byl velký pokles, protože co bych s tím vědomím udělal? Vždy jsem předpokládal, že nebudeme vědět, zda je vesmír uzavřený nebo otevřený, dokud se informace nestane, tak řečeno, irelevantní, protože to bude zahrnuto do mnohem většího obrazu, na kterém je zřejmé, že vesmír musí být tak je to z jiných, hlubších důvodů. Takže jsem se nikdy nemohl dostat, abych byl nadšený

otázkou otevřeného versus uzavřeného. Vždy se mi zdálo, že je to opravdu vedlejší problém. Zjistíte, že v knize, kterou jsem napsal několik let poté, Fyzikální kosmologie, jsem byl na tuto otázku velmi opatrný a nezabýval jsem se jí podrobně, protože se mi nezdálo být velmi zajímavé. Ve skutečnosti si myslím, že je tomu tak stále. Nyní s inflací máme samozřejmě důvod hledat otevřený versus uzavřený a v rámci inflace se tato otázka náhle stává velmi dramatickou a velmi přesvědčivou. Takže nyní vidíme, že kdybychom věděli, že vesmír nebyl kosmologicky plochý, bylo by to nesmírně zajímavé, protože by to srazilo krásnou myšlenku inflace.

Lightman:

And bring back all the problems that it answered.

A přivést zpět všechny problémy, na které odpověděl.

Peebles:

And bring back all the problems that inflation promised to answer. Which would also be fun, of course. It's always fun to have problems.

A přivést zpět všechny problémy, na které slibovala inflace. Což by samozřejmě bylo také zábavné. Je vždy zábavné mít problémy.

Lightman:

Did you give much credibility to the steady state universe at this time, in the mid-1960's?

V polovině šedesátých let jste věnovali ustálenému stavu vesmíru velkou důvěryhodnost?

Peebles:

No. I must confess I hadn't looked at it closely. I had heard a talk on the subject. In fact, I heard the talk while I was still an undergraduate. I remember being amazed that grown people could get excited about such speculative ideas. By the time the blackbody radiation came along, it became clear that if this radiation was found, then, of course, it had to be an expanding universe. Shortly thereafter, the radiation did seem to have been found so the steady state theory very quickly drifted away before I had a chance really to think about it long enough to decide whether or not it would have been a theory I would have fought for.

Ne. Musím se přiznat, že jsem se na to nedíval podrobně. Slyšel jsem mluvit na toto téma. Ve skutečnosti jsem slyšel řeč, když jsem byl ještě vysokoškolák. Vzpomínám si, že jsem ohromen, že dospělí lidé se mohli těšit z takových spekulativních nápadů. Než se objevilo záření černého těla, vyšlo najevo, že pokud se toto záření najde, musí to samozřejmě být rozšiřující se vesmír. Krátce nato se zdálo, že záření bylo nalezeno, takže teorie ustáleného stavu se velmi rychle unášela, než jsem měl šanci na to opravdu přemýšlet dostatečně dlouho, abych se rozhodl, zda by to byla teorie, za kterou bych bojoval.

Lightman:

Let me ask you about the work on the microwave background which you had mentioned a minute ago. You mentioned that Dicke had talked about this problem in an evening seminar. Do you remember what your motivation was in thinking about this?

Dovolte mi zeptat se na práci na mikrovlnném pozadí, o které jste se zmínili před minutou. Zmínil jste, že Dicke o tomto problému hovořil na večerním semináři. Pamatujete si, jaká byla vaše motivace o tom přemýšlet?

Peebles:

Well, as I say, it was very direct motivation from Bob Dicke — "You go think about this." [In response to] whether I found that an exciting challenge, yes, I certainly did. I could think of lots of physics to be done here. If you have radiation, you have radiation drag; you have thermal history so you can think about reaction rates; you can think of turning a plasma into atomic hydrogen, into molecular hydrogen; you can think of turning a gas of protons and neutrons into helium and so on. So that was fun because it was cross-sections, it was thermodynamics, it was something you could compute and relate to observations. So I got very excited about it very quickly.

No, jak říkám, byla to velmi přímá motivace od Bob Dicke - „Jdi na to myslet.“ [V reakci na], zda jsem zjistil, že vzrušující výzva, ano, určitě ano. Vzpomněl jsem si na spoustu fyziky, kterou je třeba udělat. Pokud máte záření, máte záření; máte tepelnou historii, takže můžete přemýšlet o rychlosti reakce; můžete přemýšlet o přeměně plazmy na atomový vodík, na molekulární vodík; můžete přemýšlet o přeměně plynu protonů a neutronů na helium a tak dále. Byla to zábava, protože to byly průřezy, byla to termodynamika, bylo to něco, co jste mohli spočítat a týkat se pozorování. Takže jsem se velmi rychle nadchl.

Lightman:

Did you buy [Dicke's] theoretical motivation for the whole thing, that is, the oscillating universe idea?

Koupili jste [Dickeho] teoretickou motivaci pro celou věc, tj. Myšlenku oscilačního vesmíru?

Peebles:

No. That was fine. I was willing to go along with it, but I couldn't get excited about the idea. I think it seemed to me then, as it does now, [to be] a possibility that we'd better pay attention to because it is an alternative to the standard lore now of inflation. And since inflation isn't all that firmly established, we'd better consider the alternatives, and that certainly is one of them that I would want to think about. But, in fact, I have never gone beyond that view — that it is an alternative and we better bear it in mind. I don't think I've ever written a paper exploring the possibilities of an oscillating universe. I have no idea how you invent physics that will make a universe oscillate

and maintain its homogeneity — that's a real trick. It's an attractive idea, I must say. It's not as elegant as the inflationary picture, but I think it could be borne in mind.

Ne. To bylo v pořádku. Byl jsem ochoten s tím jít, ale nemohl jsem se z toho nápadu těšit. Myslím, že se mi poté, stejně jako nyní, zdálo, že je to možnost, které bychom měli lépe věnovat pozornost, protože je to alternativa ke standardní tradici inflace. A protože inflace není tak pevně zavedená, měli bychom raději zvážit alternativy, a to je určitě jedna z nich, na kterou bych chtěl myslet. Ale ve skutečnosti jsem nikdy nepřekročil tento názor - že je to alternativa a měli bychom ji mít na paměti. Nemyslím si, že jsem někdy napsal článek zkoumající možnosti oscilačního vesmíru. Nemám ponětí, jak vymýšlíte fyziku, která způsobí, že vesmír bude kmitat a udržovat jeho homogenitu - to je skutečný trik. Je to atraktivní nápad, musím říct. Není to tak elegantní jako inflační obraz, ale myslím si, že by to mohlo mít na paměti.

Lightman:

One of the things I was curious about and the reason I was asking about this is because in your 1965 paper, you have the statement that if the universe is oscillating, then one does not have to worry about the initial determination of the matter to antimatter ratio at any finite time in the past. That's part of your reason for believing in the oscillating universe, which then leads to the prediction of the microwave background or the black body radiation.

Jednou z věcí, na které jsem byl zvědavý, a důvodem, proč jsem se na to ptal, je to, že ve svém dokumentu z roku 1965 máte prohlášení, že pokud vesmír osciluje, pak se nemusíte starat o počáteční určení záležitosti antihmoty. poměr kdykoli v minulosti. To je část vašeho důvodu k víře ve oscilační vesmír, což pak vede k predikci mikrovlnného pozadí nebo záření černého těla.

Peebles:

I see. I wonder how clearly I was thinking when I wrote that. Of course, I don't remember all of my opinions from that long back. I think I'd recognized pretty quickly that one could not have a universe that oscillates indefinitely into the past because one would have an entropy catastrophe. You would imagine that you will make entropy on each phase of the oscillation, but [since] the universe now has a finite amount of entropy, then one knows that it could have had only a finite number of previous oscillations. I think I remember computing fairly early — but perhaps after the paper you've mentioned — that the universe could have oscillated 100 times up to the present, starting from dead cold and with the present content of baryons. That's the number of oscillations that would be required to turn the radiation from stars into the energy density of the radiation from the microwave background. Of course, one recognizes that if you have only 100 oscillations, that makes the universe exceedingly old indeed, but none the less a finite age.

Chápu. Zajímalo by mě, jak jasně jsem přemýšlel, když jsem to psal. Samozřejmě si nepamatuji všechny své názory z toho dlouhého zadku. Myslím, že jsem docela rychle poznal, že člověk nemůže mít vesmír, který by neurčitě kmital do minulosti, protože by jedna měla katastrofu entropie. Představovali byste si, že uděláte entropii v každé fázi oscilace, ale protože vesmír má nyní omezené množství entropie, pak

člověk ví, že mohl mít pouze konečný počet předchozích oscilací. Myslím, že si vzpomínám na výpočty poměrně brzy - ale snad po papíru, který jste zmínil -, že vesmír mohl oscilovat 100krát až do současnosti, počínaje mrtvou zimou a současným obsahem baryonů. To je počet oscilací, které by byly potřebné k přeměně záření z hvězd na energetickou hustotu záření z mikrovlnného pozadí. Samozřejmě si člověk uvědomuje, že pokud máte pouze 100 kmitů, je vesmír opravdu nesmírně starý, ale přesto konečný věk.

Lightman:

You still have to worry about this initial...

Stále si musíte dělat starosti s tímto počátečním ...

Peebles:

You still have the initial condition problem, that's for sure. Light man: But maybe that kind of thinking about the entropy problem was after your thinking in 1964.

Stále máte problém s počátečním stavem, to je jisté. Lehký muž: Ale možná ten druh přemýšlení o entropickém problému byl až po tvém myšlení v roce 1964.

Peebles:

That could well be. Remember my thinking in 1964 was heavily conditioned on the thinking of the guy next door, Robert Henry Dicke. I think it is true to say that he was motivated by this thought that a universe that's oscillating at least pushes back the crisis of initial conditions from the standard big bang case — which is perhaps a step in the right direction.

To by mohlo být. Vzpomeňte si, že moje myšlení v roce 1964 bylo silně podmíněno myšlenkou na chlapa od vedle, Robert Henry Dicke. Myslím, že je pravda, že byl motivován touto myšlenkou, že vesmír, který osciluje, alespoň tlačí zpět krizi počátečních podmínek ze standardního případu velkého třesku - což je možná krok správným směrem.

Lightman:

I guess I'll have to ask him about that.

Myslím, že se na to musím zeptat.

Peebles:

Yes, it will be fascinating to see what he says.

Ano, bude fascinující vidět, co říká.

Lightman:

Let me ask you a little about the flatness problem that you posed with Dicke in 1979 in the Einstein Centenary volume,^[7] although I understand it had a history before that.

That is a particularly interesting issue to me because Alan Guth claims that that was a key motivating factor in his development of the inflationary universe model. So, historically, the clarification of that problem, the articulation of it by you and Dicke had a very big effect. Can you tell me when it was that [the flatness] puzzle first occurred to you?

Dovolte mi, abych se vás trochu zeptal na problém rovinnosti, který jste s Dickem v roce 1979 představil v Einsteinově sté výročí [7], i když chápu, že před tím měla historii. To je pro mě obzvláště zajímavá záležitost, protože Alan Guth tvrdí, že to byl klíčový motivující faktor v jeho vývoji modelu inflačního vesmíru. Historicky tedy objasnění tohoto problému, jeho artikulace vámi a Dickem, mělo velmi velký účinek. Můžete mi říct, kdy se vám to poprvé stalo [puzzle]?

Peebles:

Again, to be honest, it didn't occur to me. It occurred to Bob Dicke. You know it's hard to remember when you learned to tie your shoes, and it's hard for me to remember when I didn't know and believe that as a good argument. I think Bob Dicke must have been presenting it to us back in the days when we were in Palmer Lab and when we met in the evenings in these gravity research group meetings. It always seemed to me to be a very obvious argument, and I was amazed when it suddenly became canonical conventional wisdom because the argument hadn't changed any from one that Bob had been giving for years and I had been giving in colloquia for years. It was an argument, an argument of reasonableness and of coincidence, but it was never a geometrical demonstration and, of course, still isn't.

Abych byl upřímný, znovu mi to nevzniklo. Došlo k Bobovi Dickemu. Víte, že je těžké si pamatovat, když jste se naučili svázat boty, a je pro mě těžké si pamatovat, když jsem to nevěděl a nevěřil jsem tomu jako dobrý argument. Myslím, že nám to Bob Dicke musel představit ve dnech, kdy jsme byli v Palmer Lab, a když jsme se setkali ve večerních hodinách na těchto setkáních gravitačních výzkumných skupin. Vždy se mi zdálo, že je to velmi zřejmý argument, a byl jsem ohromen, když se najednou stala kanonickou konvenční moudrostí, protože se tento argument nezměnil od toho, který Bob dával roky a já jsem dával v kolokviích let. Byl to argument, argument přiměřenosti a náhody, ale nikdy to nebyla geometrická demonstrace a samozřejmě to tak stále není.

Lightman:

No, but it seems to me that for the argument to be compelling, to sort of sweep you away, you have to imagine that the universe could have been made in many different kinds of ways, with lots of different initial conditions.

Ne, ale zdá se mi, že aby byl tento argument přesvědčivý, aby vás tak nějak zametl, musíte si představit, že vesmír mohl být vytvořen mnoha různými způsoby, se spoustou různých počátečních podmínek.

Peebles:

Yes, and of course that recalls to us another of Bob Dicke's ideas — the anthropomorphic universe idea [the weak anthropic principle].^[8]

Ano, a to nám samozřejmě připomíná další myšlenky Boba Dickeho - myšlenku antropomorfního vesmíru [slabý antropický princip]. [8]

Lightman:

Yes, but he seemed to explain that in a much more natural way. I mean [his idea] wasn't intended as a puzzle that needed an explanation. He gave the explanation. Whereas [the flatness problem] is something that poses a puzzle which is very compelling if you can believe that our initial conditions are a set of measure zero [highly unlikely] out of a very large number of possible initial conditions. If you think of it that way, then you realize that you require a physical explanation.

Ano, ale zdálo se, že to vysvětluje mnohem přirozenějším způsobem. Myslím, že [jeho nápad] nebyl zamýšlen jako hádanka, která potřebovala vysvětlení. Vysvětlil. Zatímco [problém rovinnosti] je něco, co představuje hádanku, která je velmi přesvědčivá, pokud můžete uvěřit, že naše počáteční podmínky jsou sadou opatření nula [vysoce nepravděpodobné] z velmi velkého počtu možných počátečních podmínek. Pokud o tom tak přemýšlíte, pak si uvědomíte, že potřebujete fyzické vysvětlení.

Peebles:

Let me see if I understand what you're getting at. There are two parts to this.
Uvidíme, jestli chápou, k čemu to jde. K tomu jsou dvě části.

Lightman:

Yes, I don't want to phrase it incorrectly.
Ano, nechci to říkat nesprávně.

Peebles:

One part is the coincidence argument that if the universe has an appreciable cosmological constant or if it has space curvature that's appreciably contributing to the expansion rate, then. There was a special epoch at which this contribution to the expansion rate by the lambda term [the cosmological constant] or by space curvature became comparable to the contribution by the mass density, [leading to an omega of about one]. That special epoch then exists and there are two problems with that. First, initial conditions in the very early universe, whenever classical physics became applicable, had to have set an enormous time scale, which seems a little difficult to arrange. Second, we have to have come on the scene just as the epoch reached that preferred time. Then you have to ask, could the second be only a coincidence or could it be such an unlikely event that this characteristic time, if it exists, in fact, is in the indefinite future — very far off in the future. [In that case], the space curvature cannot have been important, and lambda cannot have been important, and we

arrived on the scene at some randomly chosen time so far as the evolution of the universe is considered. So, if space curvature is negligibly small and λ is negligibly small, then we have a problem indeed. How did the universe arrange these initial conditions?

Jednou částí je argument náhody, že pokud má vesmír znatelnou kosmologickou konstantu nebo pokud má prostorové zakřivení, které výrazně přispívá k rychlosti expanze. Tam byl zvláštní epocha u kterého tento příspěvek k rychlosti expanze λ termínem (kosmologická konstanta) nebo zakřivením prostoru stal se srovnatelný s příspěvkem hustoty hmoty, [vést k ω asi jeden]. Tato zvláštní epocha pak existuje a s tím jsou dva problémy. Za prvé, počáteční podmínky ve velmi raném vesmíru, kdykoli se klasická fyzika stala použitelnou, musely stanovit obrovskou časovou stupnici, což se zdá být trochu obtížné uspořádat. Zadruhé musíme na scénu přijít, jakmile epocha dosáhla toho preferovaného času. Pak se musíte zeptat, mohl by být druhý náhodou náhoda, nebo by to mohla být taková nepravděpodobná událost, že tento charakteristický čas, pokud existuje, je ve skutečnosti v neurčité budoucnosti - velmi daleko v budoucnosti. [V tom případě], prostorové zakřivení nemohlo být důležité, a λ nemohlo být důležité, a my jsme dorazili na scénu v náhodně zvoleném čase, pokud se uvažuje o vývoji vesmíru. Pokud je tedy zakřivení prostoru zanedbatelně malé a λ je zanedbatelně malé, pak máme skutečně problém. Jak vesmír zajistil tyto počáteční podmínky?

Lightman:

That's the version of the problem that I've been discussing.
To je verze problému, o kterém jsem diskutoval.

Peebles:

Right, and of course we have a problem no matter what the space curvature is, since the universe is so dramatically homogeneous and we know that it began as separate pieces.

Správně a samozřejmě máme problém bez ohledu na to, jaké je zakřivení prostoru, protože vesmír je tak dramaticky homogenní a víme, že to začalo jako samostatné kusy.

Lightman:

Yes, that's another problem. **Ano, to je další problém.**

Peebles:

Right. So, all along there was a deep problem — how did the universe get to be so homogeneous? And that certainly is something that worried me a lot through the years. I've written papers on that, and I must say that the inflationary idea certainly is a brilliant way to solve the problem. A separate problem is what is the space curvature value now and could it be appreciable in its contribution to the expansion rate compared to the mass density's contribution. Another aspect of the Dicke argument is that you would be surprised to find that space curvature is appreciable

now since- that would require, as I say, that we came on the scene just as space curvature was becoming important, which is a coincidence argument. It seems to me that the second argument that space curvature has to be negligibly small is a weaker one because, of course, we had to come on the scene at some time or another and that meant that there had to be some sort of configuration of events and any specific configuration of events always is wildly improbable. How do you judge which is more improbable — that we should have come on the scene now or at some other time?

Že jo. Po celou dobu tedy existoval hluboký problém - jak se vesmír stal tak homogenním? A to je určitě něco, co mě v průběhu let hodně znepokojovalo. Napsal jsem o tom články a musím říci, že inflační nápad je určitě skvělý způsob, jak problém vyřešit. Samostatným problémem je to, co je nyní hodnota prostorového zakřivení a mohlo by být znatelné jeho příspěvkem k rychlosti expanze ve srovnání s příspěvkem hmotnostní hustoty. Dalším aspektem Dickeho argumentu je, že byste byli překvapeni, když zjistíte, že prostorové zakřivení je nyní znatelné, protože to by vyžadovalo, jak říkám, že jsme přišli na scénu stejně jako se zakřivení prostoru stalo důležitým, což je argument náhody. Zdá se mi, že druhý argument, že prostorové zakřivení musí být zanedbatelně malé, je slabší, protože jsme samozřejmě museli přijít na scénu v určitém čase nebo jiný, což znamenalo, že musela existovat nějaká konfigurace události a jakákoli konkrétní konfigurace událostí je vždy velmi nepravděpodobná. Jak posuzujete, co je nepravděpodobnější - že jsme měli na scénu přijít teď nebo jindy?

Lightman:

That anthropic element was not a part of the way that you stated [the flatness problem] in the Einstein Centenary volume.

Tento antropický prvek nebyl součástí způsobu, jakým jste uvedli [problém plochosti] v Einsteinově sté výročí.

Peebles:

Right. I don't remember in fact what we put in the Einstein Centenary volume. I presume we emphasized both sides of this question - how did the universe get to be homogeneous, which is very deep, and second, could we imagine that space curvature is appreciable now?

Že jo. Ve skutečnosti si nepamatuji, co jsme vložili do svazku sté výročí Einsteina. Předpokládám, že jsme zdůraznili obě strany této otázky - jak se vesmír stal homogenním, což je velmi hluboké a za druhé, můžeme si představit, že zakřivení prostoru je nyní znatelné?

Lightman:

Yes. The reason why I would like to separate the anthropic part is because Alan Guth tells me — and I've interviewed him — that he is completely turned off by all anthropic arguments. But he was still overwhelmingly influenced by the flatness puzzle as stated by you and Bob Dicke.

Ano. Důvod, proč bych chtěl oddělit antropickou část, je ten, že Alan Guth mi říká - a já jsem s ním vedl rozhovor -, že je úplně vypnutý všemi antropickými argumenty. Ale stále byl ohromně ovlivněn logikou rovinnosti, jak jste uvedli vy a Bob Dicke.

Peebles:

Now, by flatness puzzle you are not referring to the homogeneity puzzle. That's a separate puzzle.

Nyní hádankou pro rovinnost nemyslíte hádanku homogenity. To je samostatná skládačka.

Lightman:

No, not the homogeneity puzzle — [Guth] distinguishes the flatness problem from the horizon problem, which goes back to Rindler^[9] or somebody like that. But he's speaking of the fact that for omega to be so close to one now, it had to be incredibly close to unity at either a Planck time or, as you put it in your article, one second. So that argument by itself, without the anthropic principle, apparently has a lot of power to some people — Guth in particular.

Ne, nikoliv puzzle homogenity - [Guth] odlišuje problém plochosti od problému horizont, který se vrací zpět k Rindlerovi [9] nebo někomu jinému. Mluví však o tom, že aby omega byla teď tak blízko jedné, muselo to být neuvěřitelně blízko jednotě buď v Planckově čase, nebo jak jste to uvedli ve svém článku, jednu sekundu. Takže tento argument sám o sobě, bez antropického principu, má zjevně hodně lidí pro některé lidi - zejména Guth.

Peebles:

Yes. We know it has a lot of power because very quickly the argument that space curvature must be negligibly small now was taken up by the community, and I think in many circles [it] is now considered to be gospel — a geometrical demonstration of the way things must be — which I think is over-stating the case. As I say, it really does boil down to a coincidence argument, isn't that right?

Ano. Víme, že má spoustu síly, protože velmi rychle se ujal argument, že prostorové zakřivení musí být zanedbatelně malé, nyní komunita převzala, a myslím si, že v mnoha kruzích je nyní považováno za evangelium - geometrická demonstrace cesty věci musí být - což myslím, že tento případ přeceňuje. Jak říkám, opravdu se to scvrkává na argument náhody, že?

Lightman:

Yes, whether you're willing to accept the coincidence or not accept it.
Ano, ať už jste ochotni přijmout náhoda nebo ne.

Peebles:

That's right. That we came on the scene as omega started to drop away [from] unity. Actually, one can approach this from another direction and ask what the observations say. As you know, there is still the terrible problem that it's awfully hard to find this extra mass that's required to make omega equal to unity — which [is something] I tend to pay more attention to than these philosophical arguments.

To je správně. Že jsme přišli na scénu, když omega začala upadat z jednoty. Ve skutečnosti lze k tomu přistupovat z jiného směru a zeptat se, co říkají pozorování. Jak víte, stále existuje hrozný problém, že je strašně těžké najít tuto extra hmotu, která je nutná k tomu, aby se omega rovnalo jednotě - což je něco, čemu věnuji více pozornosti než těmto filosofickým argumentům.

Lightman:

For some reason, these puzzles stated in your article in 1979, although they had been around for a long time, ignited the community at that time. I don't know exactly why. Do you have any opinion as to why those arguments suddenly took hold at that particular time and how people responded to them?

Z nějakého důvodu tyto hádanky uvedené ve vašem článku v roce 1979, ačkoli byly už dlouho, komunitu v té době zapálily. Nevím přesně proč. Máte nějaký názor na to, proč se tyto argumenty najednou zmocnily a jak na ně lidé reagovali?

Peebles:

I've often wondered why the arguments took hold so rapidly from that one article since, as you observed; these arguments all were known — at least to many professional cosmologists — well before the article. I have the feeling that the ground had become fertile for these arguments, that particle physics was coming with the ingredients needed for the inflationary concept, and I suppose you could argue that the particle theorists needed some philosophical motivation for their ideas on inflation and here they were, ready-made, at just the right time. I could imagine it's as simple as that.

Jak jsem si všiml, často jsem přemýšlel, proč se argumenty tak rychle uchytily od toho jednoho článku. všechny tyto argumenty byly známy - přinejmenším mnoha profesionálním kosmologům - ještě před článkem. Mám pocit, že půda se stala pro tyto argumenty úrodná, že částicová fyzika přicházela s přísadami potřebnými pro inflační koncept, a myslím, že byste mohli tvrdit, že teoretici částic potřebovali určitou filozofickou motivaci pro své představy o inflaci a tady byli připraveni ve správný čas. Dokázal jsem si představit, že je to tak jednoduché.

Lightman:

You call them philosophical. Říkáte jim filosofie.

Peebles:

Well, philosophical in the sense that one is arguing that a reasonable universe ought to have zero space curvature — I call that philosophy. It's not quite philosophy,

perhaps, but you know what I mean. In other words, I'm wondering if perhaps our article wasn't window-dressing for ideas that the particle theorists would have put forward anyway. In fact, wasn't Alan Guth mainly, and in the first instance, motivated by the need to get rid of monopoles?

Filosofický v tom smyslu, že člověk tvrdí, že rozumný vesmír by měl mít nulové kosmické zakřivení - tuto filozofii nazývám. Možná to není docela filosofie, ale víte, co tím myslím. Jinými slovy, zajímalo by mě, jestli by snad náš článek neměl oblékání do oken pro myšlenky, které by teoretici částice stejně navrhli. Ve skutečnosti nebyla Alan Guth hlavně a v první řadě motivována potřebou zbavit se monopolů?

Lightman:

That was something that he'd thought about, and [the inflationary universe model] solves that problem, too. But after talking to him, that doesn't seem to have been the thing that stimulated him most.

To bylo něco, o čem přemýšlel, a [model inflačního vesmíru] tento problém také řeší. Ale po rozhovoru s ním se to nezdálo, že by ho to nejvíce stimulovalo.

Peebles:

The other thing I've often wondered is whether he used the name inflation because at the time he invented this idea, we were just going into the hyper-inflation, or stagflation, era. I was wondering if he was being led, at least in inventing the name, by the economic situation of our country.

Druhou věcí, kterou jsem často přemýšlel, je, zda použil jméno inflace, protože v době, kdy vynalezl tuto myšlenku, jsme právě šli do hyperinflace, nebo stag-flace, éry. Zajímalo by mě, jestli byl veden, alespoň při vymýšlení jména, ekonomickou situací naší země.

Lightman:

I don't know. I haven't asked him about that. Do you remember any of the initial reactions of people to the flatness problem after your article in 1979 came out? I know that some astronomers and some people that I've talked to dismissed the argument on the grounds that the universe is as we observe it, and it makes no sense to talk about an ensemble of universes. There is only one universe. They dismiss [the flatness problem] as being not a serious argument or not something that required us to go out and look for physical processes. So it definitely polarized the community.

Nevím. O to jsem se ho neptal. Pamatujete si některou z počátečních reakcí lidí na problém rovinnosti poté, co vyšel váš článek v roce 1979? Víím, že někteří astronomové a někteří lidé, s nimiž jsem hovořil, odmítli argument z toho důvodu, že vesmír je, jak jej pozorujeme, a nemá smysl mluvit o souboru vesmírů. Existuje pouze jeden vesmír. Odmítají [problém plochosti] jako vážný argument nebo ne něco, co od nás vyžadovalo, abychom šli ven a hledali fyzické procesy. Takže to určitě polarizovalo komunitu.

Peebles:

I don't know that it polarized the community at that [time]. Perhaps it did, because the arguments were made visible. Certainly responses of the sort you mentioned were familiar to me. I'd heard them earlier many times from sensible people. So I can't say that I noticed any difference in response to these arguments before and after the publication of the paper. The only thing I can recall noticing is a gradual drift toward acceptance of the arguments. One that, as I say, became very surprising to me, as it became such a strong current opinion — these arguments had to be the way it is. It would be fun to ask Bob Dicke how seriously he took these arguments when we presented them in the 1979 paper. I thought they were good arguments, but I never felt that we were laying down the law the way the world has to be.

Nevím, že to v té době polarizovalo komunitu. Možná ano, protože argumenty byly zviditelněny. Určitě mi byly odpovědi typu, které jste zmínili, známé. Slyšel jsem je už mnohokrát od rozumných lidí. Takže nemohu říci, že jsem zaznamenal nějaký rozdíl v reakci na tyto argumenty před a po zveřejnění příspěvku. Jediná věc, na kterou si vzpomínám, je postupný posun k přijetí argumentů. Ten, který, jak říkám, se pro mě stal velmi překvapujícím, protože se stal tak silným současným názorem - tyto argumenty musely být takové, jaké jsou. Bylo by zábavné se zeptat Boba Dickeho, jak vážně vzal tyto argumenty, když jsme je prezentovali v papíru z roku 1979. Myslel jsem, že to byly dobré argumenty, ale nikdy jsem necítil, že stanovujeme zákon tak, jak musí být svět.

Lightman:

Well, you weren't giving a physical explanation.
Dobře, nedal jsi fyzické vysvětlení.

Peebles:

No, we weren't. Ne, nebyli jsme.

Lightman:

You were presenting an argument that there needed to be some physical explanation.

Předkládali jste argument, že je třeba nějaké fyzické vysvětlení.

Peebles:

Right. And, of course, at the time I was pretty convinced by the argument, say, that omega really ought to be unity if the universe is at all rationally constructed. It still seems to me to be a good argument for omega to be equal to one, but I don't think I thought then, and I don't know, that it was a demonstration that omega has to be unity. What I found a little surprising was the fact that many people took these arguments to be demonstrations for the way the universe had to be — that omega had to be unity.

Že jo. A samozřejmě, v té době jsem byl docela přesvědčen argumentem, řekněme, že omega by opravdu měla být jednota, pokud je vesmír vůbec racionálně konstruován. Stále se mi zdá, že je dobrým argumentem pro to, aby se omega rovna jedné, ale nemyslím si, že jsem si tehdy myslel, a nevím, že to byla demonstrace, že omega musí být jednota. Trochu mě překvapilo, že mnozí lidé považovali tyto argumenty za demonstrace způsobu, jakým musí být vesmír - že omega musí být jednota.

Lightman:

Let me ask you a little bit about your reactions to some of the new discoveries, both theoretical and observational, in the last ten years. We've talked a little bit about this already. Do you remember your initial reaction to the inflationary universe model^[10] when you heard it?

Dovolte mi, abych se vás trochu zeptal na vaše reakce na některé nové objevy, teoretické i observační, za posledních deset let. Už jsme o tom trochu mluvili. Pamatujete si svou počáteční reakci na model inflačního vesmíru, když jste ho slyšeli?

Peebles:

Yes, I remember great skepticism because of a simple point. In the original inflationary picture, one goes through a phase in which the universe is almost Einstein-de Sitter. One knows that an Einstein-de Sitter universe is invariant not only under translation in space and time but also under change of velocity. It seemed to me to be an amazing thing that the universe could have made the phase transition back to a Friedmann-Lemaitre phase in such a way that all the parts were moving in the same direction. How did part "A and part B know to be moving relative to each other such as to have the general expansion we observe if locally they have no signal from the geometry as to how they should move? It took me a long time to appreciate that there is that scalar field ϕ floating around, and it does have a gradient that does define a preferred direction, that does define hypersurfaces. So I remember for a long time screaming at people, "This just doesn't make sense." I remember some of the responses. I remember Ed Witten saying, "Well, perhaps Lorentz invariance is violated in the early universe. It's a possibility." I remember asking Alan Guth about this in some detail. He didn't think it was a problem. I guess I now understand why I was misled. As I say, one does have this scalar field. It does have a gradient always, even in the almost Einstein-de Sitter phase.

Ano, vzpomínám si na skepticismus kvůli jednoduchému bodu. Na původním inflačním snímku prochází fáze, ve které je vesmír téměř Einstein-de Sitter. Jeden ví, že vesmír Einstein-de Sitter je invariantní nejen pod překladem v prostoru a čase, ale také za změny rychlosti. Zdálo se mi, že je úžasná věc, že vesmír mohl udělat fázový přechod zpět do Friedmann-Lemaitre fáze takovým způsobem, že všechny části se pohybovaly stejným směrem. Jak věděla, že se část „A a část B pohybují vzájemně vůči sobě tak, že mají obecnou expanzi, kterou pozorujeme, pokud lokálně nemají žádný signál z geometrie o tom, jak by se měly pohybovat? Trvalo mi dlouho, než jsem si uvědomil, že tam je to skalární pole ϕ vznášející se kolem, a to má gradient, který definuje preferovaný směr, který definuje hypersurfaces. Takže si pamatuji na

dlouhou dobu křičí na lidi: "To prostě nedává smysl." Vzpomínám si Vzpomínám si na Eda Wittena, jak říká: „No, možná je Lorentzova invence v raném vesmíru porušena. Je to možnost. "Pamatuji si na to, že se na to ptám Alan Guth do nějakého detailu. Nemyslel si, že to byl problém. Myslím, že teď chápu, proč jsem byl uveden v omyl. Jak říkám, jeden má toto skalární pole. Má gradient vždy, dokonce i v téměř Einstein-de Sitlerově fázi.

Lightman:

I thought the gradient was randomly distributed outside of the horizon?
Myslel jsem, že gradient byl náhodně distribuován mimo horizont?

Peebles:

That's the gradient in the fluctuating part. So one has an inflation field that has an almost classical part and a small fluctuating part on top of that. So I'm talking about the gradient of the classical part which I think does rationally define hyper-surfaces on which you can have re-heating such as to make the universe almost exactly homogeneous. I'm only giving you my uninformed opinion. At the time, I was stuck on that point. I gradually came to see that it is not a problem and at the same time I could see how beautifully [the inflation model] solved what seemed to me to be the essential puzzle, how did the universe get to be homogeneous. On the basis of those two realizations, I was glad to adopt the inflationary picture as a good possibility. I was not — and still am not — convinced that it has to be the way the universe started, but I certainly had to agree that it was a wonderfully elegant idea and so certainly should be pushed harder.

To je gradient v kolísavé části. Takže jeden má inflační pole, které má téměř klasickou část a malou kolísavou část navíc. Takže mluvím o gradientu klasické části, o které si myslím, že racionálně definuje hyper-povrchy, na kterých se můžete znovu zahřát, aby byl vesmír téměř přesně homogenní. Dávám ti jen můj neinformovaný názor. V té době jsem byl v tom bodě. Postupně jsem viděl, že to není problém, a zároveň jsem viděl, jak krásně [inflační model] tak lve, co mi připadalo jako základní hádanka, jak se vesmír stal homogenním. Na základě těchto dvou realizací jsem ráda přijala inflační obraz jako dobrou možnost. Nebyl jsem - a stále nejsem - přesvědčen, že to musí být způsob, jakým vesmír začal, ale rozhodně jsem musel souhlasit s tím, že to byl úžasně elegantní nápad, a tak by rozhodně měl být tlačěn tvrději.

Lightman:

I'm personally amazed at how rapidly and how widely it caught on.
Osobně jsem ohromen tím, jak rychle a jak široce to dopadlo.

Peebles:

Yes, but that's the way physics operates, isn't it? In the absence of any other idea, a good idea will capture the field. And before inflation, we really had a blank. One could extrapolate the conventional models back in time to a singularity, which is a very ugly thing. So we all knew that we had this horrible problem, and I think it's no surprise

that the first idea that seemed to make some sense that came along would capture the field and become the canonical, standard model. Of course, it doesn't mean that the idea is right. It means that we didn't have any options. So, as I say, I'm not surprised. I think we should be careful. I think there's a reasonable chance we've been led down the wrong path. It certainly has happened before. I've heard comparisons of the steady state idea with the inflationary idea, and indeed they have some similarities. In both cases, we had problems — in fact, the same problem. What do you do about initial conditions? In the absence of any very hard evidence — in fact in the absence of any great movement in the canonical model — a new idea came along and because it was new and provocative and accounted for some of the known problems, it captured a lot of attention. Certainly the steady state theory^[11] did in the 1950s. It soon became at least a co-equal in credibility with the expanding universe model, and that wasn't because of any observational evidence as far as I know. There were a few bits and pieces of evidence that the steady state theory might do better. One had a time scale problem [with the big bang model]. But I think sensible people didn't think the time scale problem was really serious. I think it was more a question that it was a new idea, not manifestly wrong, and worth exploring. And I think we saw much the same thing happen with inflation. A new idea came along, solved some known problems, so people jumped at it and started exploring it.

Ano, ale tak fyzika funguje, že? Při absenci jakéhokoli jiného nápadu by dobrý nápad zachytil pole. A před inflací jsme měli opravdu prázdné. Dalo by se extrapolovat konvenční modely zpět v čase na jedinečnost, což je velmi ošklivá věc. Všichni jsme tedy věděli, že máme tento hrozný problém, a nemyslím si, že není divu, že první myšlenka, která měla nějaký smysl, který přišel, by zachytila pole a stala se kanonickým standardním modelem. To samozřejmě neznamená, že je tento nápad správný. To znamená, že jsme neměli žádné možnosti. Takže, jak říkám, nejsem překvapený. Myslím, že bychom měli být opatrní. Myslím, že existuje rozumná šance, že jsme byli vedeni špatnou cestou. Určitě se to stalo předtím. Slyšel jsem srovnání myšlenky ustáleného stavu s myšlenkou inflace a skutečně mají určité podobnosti. V obou případech jsme měli problémy - ve skutečnosti stejný problém. Co děláte s počátečním stavem? Vzhledem k tomu, že neexistují žádné velmi tvrdé důkazy - ve skutečnosti při neexistenci jakéhokoli velkého pohybu v kanonickém modelu - přišla nová myšlenka, a protože byla nová a provokativní a odpovídala za některé známé problémy, upoutala velkou pozornost. Teorie ustáleného stavu [11] se jistě objevila v 50. letech 20. století. Brzy se stal přinejmenším rovnocenným v důvěryhodnosti s rozšiřujícím se vesmírným modelem, a to nebylo kvůli nějakým pozorovacím důkazům, pokud vím. Existovalo několik bitů a důkazů, že teorie ustáleného stavu by mohla dělat lépe. Jeden měl problém s časovým měřítkem [s modelem velkého třesku]. Ale myslím, že rozumní lidé si nemysleli, že problém časového měřítka byl opravdu vážný. Myslím, že to byla spíše otázka, že to byl nový nápad, ne zjevně špatný a stojí za to prozkoumat. A myslím, že jsme viděli, že se to samé stane s inflací. Přišel nový nápad, vyřešil některé známé problémy, takže lidé na něj skočili a začali jej zkoumat.

Lightman:

You mentioned that both models had in common some kind of a treatment of the initial conditions. Do you think physicists like to avoid specifying initial conditions?

Zmínili jste se, že oba modely mají společné nějaké ošetření počátečních stavů. Myslíte si, že fyzici nechtějí upřesňovat počáteční podmínky?

Peebles:

I remember a remark of Eugene P. Wigner many years ago, [commenting on astronomy], in which he said, "We used to think that the interest was in the physics, the laws of physics, and that initial conditions could be left to engineers." I think that is an attitude that pervades much of physics. I don't find the same attitude nearly as strongly in astronomy, interestingly. I don't find there the nervousness with initial conditions that I do notice among many physicists.

Vzpomínám si na poznámku Eugena P. Wignera před mnoha lety, [řekl k astronomii], ve které řekl: „Mysleli jsme si, že je zájem o fyziku, fyzikální zákony a že počáteční podmínky mohou být ponechány inženýři.“ Myslím, že to je postoj, který prostupuje hodně z fyziky. Zajímavé je, že v astronomii nemám stejný postoj téměř stejně silně. Nenajdu tam nervozitu s počátečními podmínkami, které si všimnu mezi mnoha fyziky.

Lightman:

Why do you think that is? Proč si myslíte, že to je?

Peebles:

Well, as Eugene P. Wigner remarked, one thinks of the interesting part of physics as being the laws of physics, and the initial conditions as being the province of engineers who set things up.

Jak poznamenal Eugene P. Wigner, jeden si myslí, že zajímavou částí fyziky jsou zákony fyziky a počáteční podmínky jako provincie inženýrů, kteří věci nastavili.

Lightman:

Proč jsme tedy vynaložili tolik úsilí jak v ustáleném stavu, tak v inflačních modelech, abychom se obešli tím, že jsme museli určit počáteční podmínky?

Lightman:

Then why have we gone to so much effort in both the steady state and the inflationary models to get around having to specify the initial conditions?

Peebles:

I guess we didn't trust the engineers.
Myslím, že jsme nedůvěřovali technikům.

Lightman:

I guess not. [Laughter] Myslím, že ne. [Smích]

Peebles:

I would draw another analogy to steady state, and that is that the invention was not motivated, in the first instance, by observation. Instead, it was a beautiful idea that solved some problems possibly, but not something that was guided [by observations]. For example, when Lemaitre^[12] was re-introducing the expanding universe idea, I think he was strongly driven by the observations — by the red shift, the receding nebulae. That was sharply in focus. So I would say that here is an example where someone was led to a revolutionary picture by fairly direct observations that prodded him in that direction. I don't think there are any observations that prodded people into inventing the steady state theory. That was just a beautiful idea. I think it's true to say that there were no very close observations that led to the inflationary concept. That was theory, a heavy dose of it. Well-motivated theory, to be sure, and I think it could very well be right. In fact, we have another example of that in Einstein's introduction of the homogeneity assumption in cosmology. He certainly wasn't motivated by any observations — quite the opposite. He deliberately ignored them. So that path can work. Of course, it's not guaranteed to.

K ustálenému stavu bych nakreslil další analogii, a to, že vynález nebyl v první řadě motivován pozorováním. Místo toho to byl krásný nápad, který vyřešil některé problémy možná, ale ne něco, co bylo vedeno [pozorováním]. Například když Lemaitre [12] znovu představoval rozšiřující se vesmírnou myšlenku, myslím, že byl silně poháněn pozorováním - červeným posunem, ustupující mlhovinou. To bylo ostře zaměřené. Řekl bych, že tady je příklad, kdy byl někdo veden k revolučnímu obrazu docela přímými pozorováními, která ho v tomto směru prosazovala. Nemyslím si, že existují nějaká pozorování, která nutila lidi k vymyšlení teorie ustáleného stavu. To byl jen krásný nápad. Myslím, že je pravda, že neexistují žádná velmi blízká pozorování, která by vedla k inflačnímu konceptu. To byla teorie, těžká dávka. Dobře motivovaná teorie, abych si byl jistý, a myslím, že by to mohlo být velmi dobře. Ve skutečnosti máme další příklad toho, že Einstein zavedl předpoklad homogenity v kosmologii. Určitě nebyl motivován žádnými pozorováními - právě naopak. Záměrně je ignoroval. Takže tato cesta může fungovat. Samozřejmě to není zaručeno.

Lightman:

This is getting to some more recent discoveries, but do you remember your initial reactions to the work^[13] of de Lapparent and Huchra and Geller on large-scale structure?

Tím se dostáváme k některým novějším objevům, ale pamatujete si své počáteční reakce na práci [13] de Lapparent a Huchra a Geller na rozsáhlé struktuře?

Peebles:

Yes, that was a case of the curtain opening. We had before then hints that galaxies tended to be in sheet-like distributions, but I was very nervous about believing those hints because I was so aware of the tendency of the eye to pick patterns out of noise. In fact, I wrote some pretty vitriolic papers with examples in the past of how astronomers had been misled by just this tendency. When I saw the Geller et al

map, I was just flabbergasted. Here it is. The window had been cleared and one could see the three-dimensional distribution, and there it was -linear. So I accepted it, I think without regrets. It certainly helped that at just about the same time, we saw the red shift maps of Martha Haynes and Riccardo Giovanelli,^[14] which looked awfully similar. So there it is — reproducibility. What more could you want?

Ano, to byl případ otevření závěsu. Předtím jsme měli náznaky, že galaxie mají tendenci být v listovém rozdělení, ale byl jsem velmi nervózní věřit těmto radám, protože jsem si byl tak vědom tendence oka vybírat vzory z hluku. Ve skutečnosti jsem v minulosti napsal několik pěkně vitriolových papírů s příklady toho, jak astronomové byli právě touto tendencí uvedeni v omyl. Když jsem viděl mapu Geller et al, byl jsem jen ochromený. Tady to je. Okno bylo vyčištěno a člověk viděl trojrozměrné rozložení, a tam to bylo - lineární. Takže jsem to přijal, myslím bez lítosti. Určitě to pomohlo, že jsme přibližně ve stejnou dobu viděli mapy červené směny Martha Haynesové a Riccarda Giovanelliho [14], které vypadaly strašně podobně. Tak to je - reprodukovatelnost. Co víc byste mohli chtít?

Lightman:

Did this change your thinking about the large-scale structure?
Změnilo to vaše myšlení o rozsáhlé struktuře?

Peebles:

It certainly did. Previously, I had in mind the notion of a rather chaotic process that would lead to large-scale structure without much pattern formation. With these linear structures, it was clear you need a pattern-forming mechanism, which is not an element I'd ever given much attention to before. So, yes, I was quite strongly deflected in the way I thought of theories of origin of large-scale structure.

Určitě ano. Dříve jsem měl na mysli poněkud chaotický proces, který by vedl k rozsáhlé struktuře bez přílišného vytváření vzorů. S těmito lineárními strukturami bylo jasné, že potřebujete mechanismus formování vzorů, který není prvkem, kterému jsem předtím věnoval velkou pozornost. Ano, byl jsem docela silně vychýlen ve způsobu, jakým jsem myslel na teorie původu rozsáhlé struktury.

Lightman:

You were already accepting the possibility of large-scale structure to begin with.
Už jste akceptovali možnost začít rozsáhlou strukturou.

Peebles:

Oh sure. Large-scale structure but not with a pattern in it.
Jistě. Struktura ve velkém měřítku, ale ne se vzorem v ní.

Lightman:

No, not with a pattern.

Ne, ne se vzorem.

Peebles:

For example, Ray Soneira and I had made models^[15] for realizations of the large-scale structure that reproduced the low-order galaxy correlation functions. In these models, we had no patterns on large scales. It was a hierarchy of clusters within clusters within clusters. When we made maps analogous to the Lick map from these models for space distribution of galaxies, we were delighted to be able to point to regions where we saw little lines of galaxies — again just statistical accidents that the eye is very efficient at picking out. But I tended to think of such lines of galaxies as just that — accidents and not something to which we should pay dynamic attention. Then with the Geller et. al. map, it became clear you need a way to form not only large-scale structure but also patterns in that large-scale structure-linear patterns — which seems quite a trick of nature to me. I'm still not confident we know how those patterns [were produced or] the origin of large-scale structure. I'm not so confident I know what the clue is yet.

Například jsme s Rayem Soneirou vytvořili modely [15] pro realizaci rozsáhlé struktury, která reprodukovala korelační funkce galaxií nízkého řádu. U těchto modelů jsme neměli žádné vzory ve velkém měřítku. Byla to hierarchie klastrů uvnitř klastrů uvnitř klastrů. Když jsme z těchto modelů vytvořili mapy analogické Lickově mapě pro prostorové rozložení galaxií, byli jsme rádi, že jsme mohli ukázat na regiony, kde jsme viděli malé linie galaxií - opět jen statistické nehody, které oko při vytržení velmi účinně sleduje. Měl jsem ale sklon myslet na takové linie galaxií jako na to - nehody a ne něco, čemu bychom měli věnovat dynamickou pozornost. Pak s Gellerem et. al. mapa, vyšlo najevo, že potřebujete způsob, jak vytvořit nejen strukturu ve velkém měřítku, ale také vzory v těchto rozsáhlých strukturně-lineárních vzorcích - což se mi zdá docela trik přírody. Stále si nejsem jistý, že víme, jak byly tyto vzory vytvořeny nebo že vznik struktury ve velkém měřítku. Nejsem tak sebevědomý, že vím, co je klíčem, zatím.

Lightman:

Can you think of any other example that has' really altered your thinking in the last ten years? Have I missed something that was a big watershed for you personally?

Dokážete vymyslet nějaký jiný příklad, který „změnil vaše myšlení v posledních deseti letech? Zmeškal jste něco, co pro vás bylo osobně velké povodí?

Peebles:

No, I think not. Of course, the dramatic watershed was the discovery of the microwave background and then very slowly the evidence accumulating that it does have the spectrum you would want for blackbody radiation. I couldn't give you a date at which I had decided that the spectrum had to be blackbody and, therefore, that this radiation had to have come from the early universe. Certainly that didn't happen very quickly because, although the long wavelength part of the spectrum was shown to be pretty close to Rayleigh-Jeans in a couple of years — or perhaps more than a couple years, but surely within five years we knew that — it was considerably longer before

we knew that the spectrum turned over, broke away from the Rayleigh-Jeans power law at short wavelengths as it ought to. In fact, for quite a while there were contrary indications, weren't there? Well-conceived rocket and balloon flights that gave excess signal [which] we now know — or think we know — [is] because of earth leak. But it wasn't obvious that these early experiments were contaminated by systematic errors and so there was a considerable period, I would say close [to] ten years, when there was a real possibility that this radiation wasn't blackbody. I guess that it became clear around about 1975 that the stuff was really pretty close to thermal black body. That would fall just outside your ten-year interval. In the last ten years, the two big steps forward have surely been the inflationary concept and linearity ... And I don't know how much the former has altered my thinking. I've been very excited with this concept. I'm willing to pay attention to its predictions, but I don't feel bound to those predictions. And I certainly am a little skeptical that those predictions are even right. As for the linearity, the redshift maps in general have been very important as revealing in more detail what the large-scale structure is. And certainly among the results of the redshift mapping, the one dramatic thing has been the revelation that linear structures are so common.

Ne, myslím, že ne. Dramatickým povodím byl samozřejmě objev mikrovlnného pozadí a pak se velmi pomalu hromadil důkaz, že má spektrum, které byste chtěli pro vyzařování černých těles. Nemohl jsem vám dát datum, kdy jsem se rozhodl, že spektrum musí být černé, a proto toto záření muselo pocházet z raného vesmíru. Určitě se to nestalo velmi rychle, protože ačkoli se ukázalo, že část spektra s dlouhou vlnovou délkou byla docela blízko Rayleigh-Jeans za pár let - nebo možná více než za pár let, ale jistě do pěti let jsme to věděli - Bylo to mnohem déle, než jsme věděli, že se spektrum obrátilo, odtrhlo se od Rayleigh-Jeansova zákona o moci na krátkých vlnových délkách, jak mělo. Ve skutečnosti na nějakou dobu existovaly opačné náznaky, že? Dobře pojaté lety raket a balónů, které vydávaly nadměrný signál [který] nyní víme - nebo si myslíme, že víme - [je] kvůli úniku Země. Nebylo však zřejmé, že tyto rané experimenty byly kontaminovány systematickými chybami, a tak bylo značné období, řekl bych blízko [až] deseti let, kdy existovala reálná možnost, že toto záření nebude černošské. Myslím, že kolem roku 1975 bylo jasné, že se věci opravdu dostaly do termálního černého těla. To by spadlo těsně mimo váš desetiletý interval. Za posledních deset let byly dva velké kroky vpřed jistě inflačním konceptem a linearitou ... A nevím, jak moc ten první změnil mé myšlení. S tímto konceptem jsem byl velmi nadšený. Jsem ochoten věnovat pozornost jeho předpovědím, ale necítím se na tyto předpovědi vázán. A určitě jsem trochu skeptický, že tyto předpovědi jsou dokonce správné. Pokud jde o linearitu, mapy redshift obecně byly velmi důležité, protože podrobněji odhalují, co je struktura ve velkém měřítku. A určitě mezi výsledky mapování červeného posunu je jednou dramatickou věcí zjevení, že lineární struktury jsou tak běžné.

Lightman:

One of the things that I'm interested in is how scientists use metaphors and visual images in their work — if at all. Apparently some do and some don't. I guess one of the most successful metaphors or images in cosmology has been the expanding balloon model that [Arthur] Eddington first introduced. Do you remember when you were first introduced to that image or metaphor of the expansion of the universe?

Jednou z věcí, které mě zajímají, je to, jak vědci ve své práci používají metafory a vizuální obrazy - pokud vůbec. Zdá se, že někteří to dělají a jiní ne. Myslím, že jedním z nejúspěšnějších metafor nebo obrazů v kosmologii byl rozšiřující se model balónku, který [Arthur] Eddington poprvé představil. Pamatujete si, kdy jste byl poprvé představen tomuto obrazu nebo metafoře expanze vesmíru?

Peebles:

No, I don't. I suppose it's like many things — I must have heard it as a graduate student and slowly become aware that it is a very useful picture, not only for me but also as a means of communicating to others what one has in mind. I suppose it might have first become apparent to me that this is a very powerful metaphor with the discovery of the microwave background because a lot of people were puzzled. If there was a big bang, and it did produce radiation, why don't we see this radiation streaming away from the site of the big bang? [This was] always a great puzzle. I remember Arno Penzias was very puzzled about this, and I remember telling him about the balloon picture. So I guess I was very familiar with it then and certainly I found it awfully helpful.

Ne, nemám. Předpokládám, že je to jako mnoho věcí - musel jsem to slyšet jako postgraduální student a pomalu si uvědomit, že je to velmi užitečný obraz, nejen pro mě, ale také jako prostředek pro komunikaci s ostatními, co má na mysli. Předpokládám, že mi to mohlo nejprve ukázat, že se jedná o velmi mocnou metaforu s objevem mikrovlnného pozadí, protože mnoho lidí bylo zmatených. Pokud existoval velký třesk a vyzařovalo to záření, proč nevidíme, jak toto záření proudí pryč z místa velkého třesku? [To byla] vždy skvělá hádanka. Pamatuji si, že o tom byl Arno Penzias velmi zmatený, a vzpomínám si, jak jsem mu vyprávěl o obrázku balónku. Myslím, že jsem s tím byl velmi dobře obeznámen a určitě mi to připadalo strašně užitečné.

Lightman:

And when you told him, did it begin to make sense to him?
A když jsi mu to řekl, začalo mu to dávat smysl?

Peebles:

He said, "Oh, all right. Sure, I understand now."
Řekl: „Oh, dobře. Jasně, už tomu rozumím.“

Lightman:

And he's the guy who discovered microwave radiation. That's amazing. Do you use visual images much in your own work?

A je to člověk, který objevil mikrovlnné záření. To je úžasný. Používáte vizuální obrazy hodně ve své vlastní práci?

Peebles:

Yes I do. I tend to think visually, I believe, rather than, say, in equations. I don't know — how else do you think, besides in images? Perhaps some people think in words. I can't imagine thinking in words. For example, when I got into the game of studying large-scale structure, I pictured the distribution of galaxies on large scales as much like the distribution of surface height in water in a choppy pond. I was very interested to know what would be the characteristics of these waves on large scales. In the case of the choppy pond, one has a physical interpretation. This is a result of a competition between wind and dissipation. I wondered if there might not be some similar case for the large-scale fluctuations on the distribution of galaxies. It was strictly a metaphor that drove me to think about galaxy space distributions.

Ano. Mám sklon myslet vizuálně, věřím spíše než řekněme v rovnicích. Nevím - jak jinak si myslíš, kromě obrázků? Možná někteří lidé myslí slovy. Nedokážu si představit myšleni slovy. Například, když jsem se dostal do hry na studium rozsáhlé struktury, představil jsem si rozložení galaxií ve velkých měřítcích stejně jako rozložení výšky hladiny ve vodě v trhané rybníce. Velmi mě zajímalo, jaké by byly vlastnosti těchto vln ve velkém měřítku. V případě trhaného rybníka má člověk fyzický výklad. Je to výsledek soutěže mezi větrem a rozptylem. Zajímalo by mě, jestli by neexistoval podobný případ pro velké výkyvy distribuce galaxií. Byla to striktně metafora, která mě nutila přemýšlet o rozdělení vesmíru v galaxií.

Lightman:

That's an interesting metaphor. Have you ever tried to picture the very, very early universe?

To je zajímavá metafora. Už jste se někdy pokusili představit si velmi, velmi raný vesmír?

Peebles:

Yes. All I get is a very hot, hot region. [Laughs] Of course, we think of these density fluctuations that must have been present at fantastically low levels, so I try to think about that, but it doesn't really grab me too much.

Ano. Vše, co dostanu, je velmi horká a horká oblast. [Směje se] Samozřejmě, myslíme na tyto výkyvy hustoty, které musely být přítomny na fantasticky nízkých úrovních, takže se o to snažím přemýšlet, ale ve skutečnosti mě to moc nepochopí.

Lightman:

You can't get a fix on anything? Nemůžete nic napravit?

Peebles:

I can't get a fix. I suppose we don't need to have much of a picture of the early universe if we can believe the conventional ideas. All of the length scales we're interested in were enormous compared to the horizon in the early universe. So apparently we have a very simple situation. Take what you see now, extrapolate back [with] linear perturbation theory, and you've got it. Until you get into quantum

fluctuations. I don't know how I think about quantum fluctuations. In fact, I think I have sneaking ideas of waves coming in and out of many regions of space which I know I shouldn't do but I...

Nemohu dostat opravu. Předpokládám, že abychom věřili konvenčním myšlenkám, nemusíme mít mnoho obrázků z raného vesmíru. Všechny měřítka délky, o které se zajímáme, byly obrovské ve srovnání s horizontem v ranném vesmíru. Takže zjevně máme velmi jednoduchou situaci. Vezměte si to, co vidíte, extrapolovat zpět s lineární poruchovou teorií a máte to. Dokud se nedostanete do kvantových výkyvů. Nevím, jak si myslím o kvantových výkyvech. Ve skutečnosti si myslím, že mám tajné představy o vlnách přicházejících a vystupujících z mnoha oblastí vesmíru, které vím, že bych neměl dělat, ale ...

Lightman:

Waves — you mean probability waves? **Vlny - máte na mysli pravděpodobnostní vlny?**

Peebles:

Probability. For example, in inflation we think of the energy density in any large region of space as it leaves the horizon having a fluctuating component. Those fluctuations we compute in quantum field theory. We ask why does the energy in this region fluctuate? Well, I have to think of waves of ϕ — of the inflation — running in and out of that region. I guess that's legitimate.

Pravděpodobnost. Například při inflaci uvažujeme o energetické hustotě v jakékoli velké oblasti vesmíru, protože opouští horizont s kolísající složkou. Tyto výkyvy počítáme v teorii kvantového pole. Ptáme se, proč kolísá energie v této oblasti? No, musím myslet na vlny ϕ - inflace - běžící dovnitř a ven z této oblasti. Myslím, že je to legitimní.

Lightman:

And then maybe root N statistics. **A pak možná rootova statistika N.**

Peebles:

And maybe root N statistics, right. And then I write down the equations and compute. **A možná kořenová statistika N, správně. A pak si zapíšu rovnice a spočítám.**

Lightman:

How do you think that theory and observations have worked together in the last fifteen years in cosmology? How well or how poorly?

Jak si myslíte, že teorie a postřehy v kosmologii za posledních patnáct let spolupracovaly? Jak dobře nebo jak špatně?

Peebles:

And to what extent have they gone their separate ways?

A do jaké míry šli svými samostatnými způsoby?

Lightman:

And to what extent have they gone their separate ways.

A do jaké míry šli svou vlastní cestou.

Peebles:

I think we're at a very interesting time. I think that theory has not been very strongly constrained by observation or guided by observation. That's because, at least in large part, the observational situation has been pretty shaky, pretty confusing. But I think that situation is dramatically changing for two reasons. People are getting very detailed models of galaxy formation now. For example, the canonical cold dark matter, scale-invariant model makes a large number of predictions that I think are starting to become firmed up and testable. At the same time, people are starting to observe galaxies at high redshifts. It's impressive that galaxies at a redshift of 1 are now observed and [their] spectrums are measured. That's a galaxy at an appreciably younger age than you see now, and so you can infer quite a bit about how galaxies have been evolving and how galaxies must have formed. So I see a crisis coming up in which surely a lot of our popular theories of how galaxies formed are going to be shown to be wrong. I say surely because we have at least four lively models and at most one can be shown to be right. As I say, I don't think that any of these models were invented on particularly phenomenological grounds, and of course, that's the way it has to be in any particularly rich science. You don't invent theories on phenomenological ground often. But, in cosmology, I think it's been the case that these theories have had a pretty free run, unconstrained by observations — in part, because the observations have been both and I think, in part, because people tend not to be as interested in the observations as they might be. But I think also that we're going to see an interesting clearance of theories in the next five years. I certainly hope we will because the present situation is really wildly confused — both in the sense that we have so many options to consider and that we have so many confident statements of theoretical, successes, all of which can't be right.

Myslím, že jsme ve velmi zajímavém čase. Myslím si, že teorie nebyla příliš silně omezena pozorováním ani vedena pozorováním. To proto, že přinejmenším z velké části byla pozorovací situace dost nejistá a docela matoucí. Myslím si však, že se situace dramaticky mění ze dvou důvodů. Lidé nyní získávají velmi podrobné modely formování galaxií. Například kanonický model chladné temné hmoty, měřítko invariantní způsobuje velké množství předpovědí, o kterých si myslím, že se začínají zpevňovat a testovat. Současně lidé začínají pozorovat galaxie při vysokých červených posunech. Je působivé, že galaxie v červeném posunu 1 jsou nyní pozorovány a [jejich] spektra jsou měřena. To je galaxie ve zřetelně mladším věku, než vidíte nyní, a tak si můžete trochu odvodit, jak se galaxie vyvíjely a jak se galaxie

musely formovat. Takže vidím, jak se blíží krize, ve které se určitě ukáže mnoho našich populárních teorií o tom, jak se formovaly galaxie. Říkám jistě, protože máme alespoň čtyři živé modely a nanejvýš jeden lze ukázat jako správný. Jak říkám, nemyslím si, že žádný z těchto modelů byl vynalezen na základě zvláště fenomenálních důvodů, a samozřejmě je to takový, jaký musí být v žádné zvláště bohaté vědě. Teorie často nevymýšlíte na fenomenologickém základě. Ale v kosmologii si myslím, že to byl případ, že tyto teorie měly docela volný běh, neomezený pozorováním - částečně proto, že pozorování byla obojí a myslím si, částečně, protože lidé nemají tendenci se o to nezajímat pozorování, jak by mohla být. Ale také si myslím, že v příštích pěti letech uvidíme zajímavou revizi teorií. Určitě doufám, že budeme, protože současná situace je opravdu divoce zmatená - a to v tom smyslu, že máme tolik možností, abychom zvažili, a že máme tolik sebevědomých prohlášení o teoretických úspěších, z nichž všechny nemohou být správné.

Lightman:

Do you accept this whole idea of extrapolating our theories back to the first few seconds or so of the universe?

Přijímáte celou tuto myšlenku extrapolace našich teorií zpět na prvních pár sekund vesmíru?

Peebles:

It's awfully brave, isn't it? On the other hand, it worked so wonderfully well with nucleosynthesis — unless, of course, it didn't. Perhaps it was an unfortunate accident that the naive calculation worked so well. Perhaps these ideas we heard today at lunch are right, and indeed the heavy elements were made by conventional physics, only slightly modified when the universe was only a few minutes old. In that case, the present observations are to be reproduced not in the naive way, by ignoring any new processes operating back then, but through a combination of different parameters and a little new physics — such as decaying inos or inhomogeneities in the neutron distribution — that led by another route from the standard nucleosynthesis calculation to the observed abundances. I could imagine that happening. And, of course, if you can imagine that happening, I guess you can imagine that physics back then was wildly different from what we suppose, and by some other accidental route we ended up with the observed abundances. I guess I'm loath to think that the universe would have been so unkind as to give that a possible chance. I guess I feel fairly comfortable with the notion that the physics of the universe when it was one second old can be traced back from the physics of the present epoch. It seems at least a reasonable possibility. If we go back another factor of 10^{10} in expansion to approach the epoch of inflation, then I feel very skeptical that we can know enough physics to be very confident in predicting what can have gone on. I have no idea how that situation can be improved, because now we're talking about energies that are reached only in the most energetic cosmic ray events, 10^{20} volts. So it's going to be very difficult to have an experimental check of physics of those energies. Actually one nightmare I can imagine is that as particle theory advances, particle theorists [will] hit upon a convincing story - convincing to them — of high-energy physics from which they derive a cosmology of the early universe, of which there are no observational

tests, aside from the standard ones that, say, the universe is homogeneous. We knew that already, so it's not really a prediction. Or that space curvature is negligibly small. Well, we didn't know that already, but a lot of us were hoping it would be true. So, if out of this complete theory of particle physics and complete theory of the early universe, we get no predictions other than things we already knew or were hoping for, will we be entitled to think that we have a physical theory here? How will we know it's right? It would be very frustrating. Light man: Yes, it would be.

Je to strašně statečné, že? Na druhé straně to fungovalo tak úžasně dobře s nukleosyntézou - pokud to samozřejmě nešlo. Možná to byla nešťastná nehoda, že naivní výpočet fungoval tak dobře. Možná, že tyto myšlenky, které jsme dnes při obědě slyšeli, mají pravdu a těžké prvky byly vytvořeny konvenční fyzikou, jen mírně upravené, když byl vesmír jen pár minut starý. V tomto případě se tato pozorování nesmí reprodukovat naivním způsobem, ignorováním jakýchkoli nových procesů, které fungovaly tehdy, ale kombinací různých parametrů a trochu nové fyziky - jako je rozpad inos nebo nehomogenity v distribuci neutronů - která vedla jinou cestou od standardního výpočtu nukleosyntézy k pozorovaným hojnostem. To jsem si dokázal představit. A samozřejmě, pokud si dokážete představit, že se to děje, myslím, že si dokážete představit, že fyzika byla tehdy velmi odlišná od toho, co předpokládáme, a nějakou jinou náhodnou cestou jsme skončili s pozorovanými hojnostmi. Myslím, že jsem nerad si myslet, že vesmír by byl tak laskavý, že by to dalo možnou šanci. Myslím, že se cítím docela dobře s představou, že fyzika vesmíru, když byla jedna vteřina, lze vysledovat z fyziky současné epochy. Zdá se to přinejmenším rozumná možnost. Pokud se vrátíme k dalšímu faktoru 10^{10} v expanzi, abychom se přiblížili epochě inflace, pak se cítím velmi skepticky, že můžeme vědět dost fyziky, abychom byli velmi sebevědomí při předpovídání toho, co se mohlo stát. Nemám ponětí, jak lze tuto situaci zlepšit, protože teď mluvíme o energiích, kterých je dosaženo pouze v nejenergetičtějších událostech kosmického záření, 10²⁰ voltů. Bude tedy velmi obtížné provádět experimentální kontrolu fyziky těchto energií. Jednu noční můru si vlastně dokážu představit tak, že s postupující teorií částic, teoretici částic [zasáhnou] přesvědčivý příběh - přesvědčující je - o vysoce energetické fyzice, z níž odvozují kosmologii raného vesmíru, z níž neexistují pozorovací kromě standardních zkoušek, že vesmír je homogenní. To jsme už věděli, takže to ve skutečnosti není předpověď. Nebo je toto zakřivení prostoru zanedbatelně malé. Už jsme to nevěděli, ale mnozí z nás doufali, že to bude pravda. Pokud tedy z této úplné teorie částicové fyziky a úplné teorie raného vesmíru nedostaneme žádné jiné předpovědi než věci, které jsme již znali nebo doufali, budeme mít právo si myslet, že zde máme fyzikální teorii? Jak budeme vědět, že je to správné? Bylo by to velmi frustrující. Lehký muž: Ano, bude.

Peebles:

Of course, nature could have presented us with this frustration many times previously in the history of physics. It hasn't. Always it seems that as physics has advanced, we've been able to test.

Příroda nám samozřejmě mohla tuto frustraci mnohokrát představit v historii fyziky. Ne. Vždy se zdá, že s postupující fyzikou jsme byli schopni testovat.

Lightman:

We've able to make experimental contact. **Dokázali jsme navázat experimentální kontakt.**

Peebles:

And the contact has always seemed to be rather convincing. Such a spectacular thing as the discovery of the Wand Z [particles]. It's just a remarkable thing. So I have hopes that it will continue that way and that, as our ideas mature and develop, we will be led to predictions that are sufficiently startling and different from what people had expected when they invented the theory that the predictions will be testable and will be considered convincing if they work. And so the subject will develop.

A kontakt se vždy jevil jako docela přesvědčivý. Tak velkolepá věc jako objev částic Wand Z [částice]. Je to jen pozoruhodná věc. Doufám tedy, že to bude pokračovat tímto způsobem a že, jak naše nápady dozrávají a rozvíjejí se, budeme vedeni k předpovědím, které jsou dostatečně překvapivé a liší se od toho, co lidé očekávali, když vymysleli teorii, že předpovědi budou testovatelné a budou být přesvědčivé, pokud fungují. A tak se předmět bude rozvíjet.

Lightman:

Let me end with a couple of questions even more speculative than the ones I've asked you so far. Let me ask you to take a big step backwards, maybe putting some of your natural scientific caution aside. If you could design the universe any way that you wanted to, how would you do it?

Dovolte mi zakončit několika otázkami, které jsou ještě spekulativnější než ty, které jsem vám doposud položil. Dovolte, abych vás požádal, abyste udělali velký krok zpět, možná odložte část své přirozené vědecké opatrnosti stranou. Pokud byste mohli navrhnout vesmír jakýmkoli způsobem, jak byste chtěli, jak byste to udělali?

Peebles:

I would make space curvature negligibly small, and I would make the cosmological constant...

Prostorové zakřivení by bylo zanedbatelné malé a kosmologická konstanta by byla ...

Lightman:

So you mean you'd make omega very close to the critical value?
Takže myslíte, že byste omega udělali velmi blízko kritické hodnotě?

Peebles:

Right. I would make omega close to unity, zero space curvature, and zero cosmological constant. I would make the universe out of particles we can see, that is, baryons, but then I would be a little embarrassed because I'm not so sure that my

universe is going to agree with the real one. So just how do you mean this question? Are you asking how am I betting the real universe is constructed?

Že jo. Omega bych se přiblížil jednotě, nulovému zakřivení prostoru a nulové kosmologické konstantě. Udělal bych vesmír z částic, které vidíme, to je baryony, ale pak bych byl trochu v rozpacích, protože si nejsem tak jistý, že můj vesmír souhlasí se skutečným. Jak tedy myslíš tuto otázku? Ptáte se, jak sázím, že je vytvořen skutečný vesmír?

Lightman:

No, it has nothing to do with the real universe. You can design the universe any way that you want to, and it doesn't have to look at all like our universe does.

Ne, nemá to nic společného se skutečným vesmírem. Můžete navrhnout vesmír jakýmkoli způsobem, který chcete, a nemusí se na něj dívat jako na náš vesmír.

Peebles:

Okay. I have to admit that whoever designed the universe did a good job in making the universe homogeneous, because it gave us a kindergarten problem to work — everyone can analyze the evolution of the homogeneous expanding universe. Also, an expanding universe has a lot of attractions in the sense that we can start from something compact, where it's easy to imagine that the material is forced to be almost pure hydrogen, which is very useful for making stars. As the universe expands, it's easy to imagine how this material got collected up into galaxies, which are very useful for making stars and collecting the debris from stellar explosions to make planets to make people to look at the universe. So I approve of an expanding universe.

Dobře. Musím přiznat, že ten, kdo vytvořil vesmír, odvedl dobrou práci při vytváření vesmíru homogenního, protože nám to umožnilo pracovat ve školce - každý může analyzovat vývoj homogenního rozšiřujícího se vesmíru. Rozšiřující se vesmír má také spoustu atrakcí v tom smyslu, že můžeme začít od něčeho kompaktního, kde je snadné si představit, že materiál je nucen být téměř čistý vodík, což je velmi užitečné pro výrobu hvězd. Jak se vesmír rozšiřuje, je snadné si představit, jak se tento materiál shromáždil do galaxií, což je velmi užitečné pro výrobu hvězd a shromažďování zbytků z hvězdných explozí, aby planety přiměly lidi, aby se podívali na vesmír. Proto souhlasím s rozšiřujícím se vesmírem.

Lightman:

You like the idea of having people. Líbí se vám myšlenka mít lidi.

Peebles:

I like the idea of having people around, yes. I hope there are even a few tribes in the universe — in case we happen to knock ourselves off. I dislike the idea of making the

dominant component of the universe some material that is undetectable. So I would make the universe out of baryons, of course, with radiation. It's awfully useful to have that radiation not only to control galaxy formation but also to give us — the inhabitants of this universe — some evidence that the universe really is there and expanding. As I say, I wouldn't put in a cosmological constant because it's ugly, and I wouldn't put in any space curvature because it's ugly. I'd have an Einstein-de Sitter universe. I think it would be Einstein-de Sitter, and I don't really care whether it recollapses at some distant time in the future or keeps expanding forever. One shot is good enough for me.

Líbí se mi myšlenka mít lidi kolem, ano. Doufám, že ve vesmíru je i několik kmenů - pro případ, že bychom se srazili. Nelíbí se mi myšlenka vytvořit z dominantní složky vesmíru materiál, který je nezjistitelný. Takže bych udělal vesmír z baryonů, samozřejmě, zářením. Je nesmírně užitečné mít toto záření nejen k řízení formace galaxie, ale také k tomu, abychom nám - obyvatelům tohoto vesmíru - poskytli nějaký důkaz, že vesmír tam skutečně existuje a rozšiřuje se. Jak říkám, nedal bych kosmologickou konstantu, protože je to ošklivé, a nechtěl bych dát žádné kosmické zakřivení, protože je to ošklivé. Měl bych vesmír Einstein-de Sitter. Myslím, že by to byl Einstein-de Sitter, a opravdu mi nezáleží na tom, zda se to v nějakém vzdáleném čase v budoucnu vzpamatuje nebo se neustále rozšiřuje. Jeden výstřel je pro mě dost dobrý.

Lightman:

Let me ask you another question. Somewhere in Steven Weinberg's gravitation and cosmology book^[16] he has this interesting statement that the more that we learn about the universe, the less it seems that the universe has a purpose.

Dovolte mi položit další otázku. Někde v knize gravitace a kosmologie Stevena Weinberga [16] má toto zajímavé tvrzení, že čím více se o vesmíru dozvíme, tím méně se zdá, že vesmír má svůj účel.

Peebles:

Oh. That's seems an awfully egotistical remark.
Ach. To se zdá být strašně egotistická poznámka.

Lightman:

Have you have ever thought about this question?
Už jste někdy přemýšleli o této otázce?

Peebles:

Yes, in fact, I remember that comment, and I remember puzzling as to why he made it.
Ano, ve skutečnosti si vzpomínám na tuto poznámku a pamatuji si záhadou, proč to udělal.

Lightman:

Yes, it sort of stands out, doesn't it?

Ano, je to trochu vynikající, že?

Peebles:

I think he must have been feeling a little down that day, perhaps a little tired, a little discouraged, a fight with his wife.

Myslím, že ten den musel být trochu dole, možná trochu unavený, trochu odraděný, bojovat se svou ženou.

Lightman:

I can't remember what part of the section on cosmology it is. It might be towards the end, I think.

Nevzpomínám si, co je to za část kosmologie. Myslím, že by to mohlo být ke konci.

Peebles:

Yes, we could look it up. But I remember reading it, and I remember being a little surprised to see it. I have never demanded that the universe explain to me why it's doing what it's doing.

Ano, mohli bychom to vyhledat. Ale vzpomínám si, že jsem si to přečetl, a vzpomínám si, že jsem trochu překvapený, když jsem to viděl. Nikdy jsem nepožadoval, aby mi vesmír vysvětlil, proč dělá to, co dělá.

Lightman:

Have you ever worried about or wondered whether it has any kind of purpose?

Už jste se někdy obávali nebo přemýšleli, zda to má nějaký účel?

Peebles:

That's such an anthropomorphic remark, and not in the sense of the anthropomorphism of Bob Dicke, but I think in a much more naive sense. I'm willing to believe that we are flotsam or jetsam — I'm not sure which is the appropriate term — in a much larger scene. And I'm willing to believe that in the lifetime of the human race, we won't discover the full meaning of this larger scene.

To je taková antropomorfní poznámka, a ne ve smyslu antropomorfismu Boba Dickeho, ale myslím, že v mnohem naivnějším smyslu. Jsem ochoten uvěřit, že jsme flotsam nebo jetsam - nejsem si jistý, jaký je vhodný termín - na mnohem větší scéně. A jsem ochoten uvěřit, že v životě lidské rasy nezjistíme plný význam této větší scény.

- [1] C. Brans and R.H. Dicke, *Physical Review*, vol. 124, pg. 925 (1961).
- [2] A. Einstein "Cosmological Considerations on the General Theory of Relativity," S.-B. Press. Akad. Wi88., pg. 142 (1917); trans. in *The Principle of Relativity* (New York: Dover, 1952).
- [3] De Sitter's concern about extrapolating from our local observations is evident in, for example, the first paragraphs of W. De Sitter "On Einstein's Theory of Gravitation and its Astronomical Consequences," *Monthly Notice8 of the Royal Astronomical Society*, vol. 78, pg. 3 (1917).
- [4] R.H. Dicke, P.J.E. Peebles, P.G. Roll, and D.T. Wilkinson, "Cosmic Blackbody Radiation," *Astrophysical Journal*, vol. 142, pg. 414 (1965).
- [5] R.H. Dicke and P.J .E. Peebles, *Space Science Reviews*, vol. 4, pg. 119 (1965).
- [6] P.J .E. Peebles, *Physicai Cosmology* (Princeton, 1971).
- [7] R.H. Dicke and P.J.E. Peebles, "The Big Bang Cosmology - Enigmas and Nostrums," in *General Relativity: An Ein8tein Centenary Survey*, ed. S.W. Hawking and W. Israel (Cambridge University Press, 1979); the flatness problem was actually stated earlier in R.H. Dicke, *Gravitation and the Universe*, The Jayne Lectures for 1969 (American Philosophical Society, 1969), pg. 62.
- [8] R.H. Dicke "Dirac's Cosmology and Mach's Principle," *Nature*, vol. 192, pg. 440 (1961).
- [9] Editor's Note: W. Rindler indeed wrote a paper on the cosmological horizon, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, vol. 116, pg. 668 (1956), but this paper did not make reference to the observed uniformity of the universe or state the "horizon problem." The horizon problem was probably first stated after the discovery of the cosmic background radiation, possibly first by C.W. Misner "The Isotropy of the Universe," *Astrophysical Journal*, vol. 151, pg. 431 (1968).
- [10]A. Guth, "Inflationary Universe: A possible solution to the horizon and flatness problems," *Physical Review D*, vol. 23, pg. 347 (1981).
- [11] H. Bondi and T. Gold, *Monthly Notice8 of the Royal A8tronomical Society*, vol. 108,pg. 252 (1948); F. Hoyle *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, vol. 108, pg.372 (1948).
- [12] G. Lemaitre, "A Homogeneous Universe of Constant Mass and Increasing Radius Accounting for the Radial Velocity of Extra-Galactic Nebulae," *Annal3 of the Scientific Society of Bru33e13*, vol. 47 A, pg. 49 (1927); trans. in *Monthly Notice3*, vol. 91, pg. 4~3 (1931).
- [13] V. de Lapparent, M.J. Geller, and J.P. Huchra, "A Slice of the Universe," *Astrophysical Journal Letter3*, vol. 302, pg. L1 (1986).

[14] H.P. Haynes and R. Giovanelli, "A 21 Centimeter Survey of the Perseus-Pisces Supercluster. I. The Declination Zone +27.5 to 33.5 degrees," *Astronomical Journal*, vol. 90,pg. 2445 (1985)

[15] R.M. Soneira and P.J.E., Peebles, *Astrophysical Journal*, vol. 211, pg. 1 (1977).

[16] Editor's note: This statement actually occurs in S. Weinberg, *The First Three Minutes* (Basic Books: New York, 1977), pg. 154.

[Back to top](#)

[Browse audio excerpts](#)

Tip: Search within this transcript using Ctrl+F or ⌘F.

Topics discussed in this interview

Institutions:

[Princeton University](#)

Subjects:

[Cosmic background radiation](#), [Cosmology](#), [Expanding universe](#), [Galaxies](#), [Inflationary universe](#), [Large scale structure \(Astronomy\)](#)

Additional persons:

Dicke, Robert H. (Robert Henry)|Geller, Margaret J.|Huchra, John P.|Peebles, Phillip James Edwin

Lightman:

Chtěl jsem začít s vaším dětstvím a zjistit, jak se o vědu zajímáte, zvláště pokud čteš něco, nebo si promluvil s lidmi, kteří na tebe měli konkrétní vliv již brzy.

Peebles:

Vždycky mě zajímaly mechanické věci. Myslím, že jsem musel být silně ovlivněn mým otcem, který je také velmi dobrý s rukama. Rád stavěl věci. Vždy jsem ráda sledovala, jak to dělá, a rád jsem stavěl věci sám. Nikdy jsem nebyl jako dítě vystaven žádné skutečné vědě. Četl jsem občasnou populární vědeckou knihu a miloval jsem *Mechanics Illustrated*, který v ní měl spoustu pseudovědy: Teprve když jsem se dostal na vysokou školu, začal jsem si uvědomovat, o co fyzika jde, a to bylo opravdu nehoda také. Začal jsem ve strojírenství, kde si myslím, že jsem mohl šťastně zůstat a kdo ví, vyrobil svazek jako stavební inženýr nebo strojní inženýr. Ale víc mých přátel se náhodou specializoval na fyziku než na strojírenství, takže jsem přešel. Už žádný závažnější důvod. Ale poté, co jsem byl ve fyzice, jsem se rozhodl, že to byly skvělé věci a od té doby tam zůstávám.

Lightman:

Když jste byli mladší, pamatujete si před vysokou školou nějaké konkrétní knihy nebo autory, které jste četli a které na vás působily?

Peebles:

Ne, ani jeden. Jak říkám, četl jsem občasnou knihu o populární vědě, ale nikdy nebyly tak hluboké. Takže nemohu říci, že jsem měl tušení, o čem věda byla, než jsem se dostal na vysokou školu. Ve skutečnosti jsem nevěděl, o čem je inženýrství, než jsem šel na vysokou školu. Právě jsem se bloudil. Pocházel jsem z velmi malé střední školy, v níž neexistovalo vedení a žádné značné množství fyziky, ani mnoho matematiky. Takže jsem nevěděl, o čem je akademie, dokud jsem se nedostal na vysokou školu.

Lightman:

Stavěl jsi věci, když jsi byl mladý?

Peebles:

Stavěl jsem věci, ano, mechanické věci. Postavil jsem praky, elektrické motory, dlouhé yo-yo struny, takové věci.

Lightman:

Zadali jste vědecké veletržní projekty?

Peebles:

Ach ne, neexistoval žádný takový koncept, kde jsem se nacházel.

Lightman:

Pravděpodobně jste v tom věku vůbec nemysleli na kosmologii nebo vůbec na vesmír?

Peebles:

Netušil jsem, co je to kosmologie.

Lightman:

Dovolte mi, abych si trochu promluvil o vašem vysokoškolském vzdělání, když jste začali zjistit, co je fyzika. Můžeš mi o tom říct?

Peebles:

V té době byla University of Manitoba v klasické fyzice poměrně silná, ale v moderní teorii docela slabá. Takže jsem odjel z University of Manitoba s docela dobrým základem v tom, co bych potřeboval v astrofyzice, v tom smyslu, že to bylo široké a silné na klasické části, ale slabé na moderní fyziku. Neznal jsem žádnou relativistickou kvantovou mechaniku, i když jsem věděl, že je to poměrně málo relativistické kvantové mechaniky.

Lightman:

Nemyslím si, že mnoho vysokoškoláků se učí relativistickou kvantovou mechaniku.

Peebles:

Peebles:

Myslím, že to dělají dnes. Zasáhli jsme je trochu Diracova rovnice a určitě jdeme dále do nedemivivistické kvantové mechaniky než já. Jak si dokážete představit, byl to docela šok z

univerzity v Manitobě, jako tomu bylo v padesátých letech, do Princetonské univerzity - z toho, že jsem byl špičkovým psem v mé třídě [a] získáním všech vyznamenání, abych byl úplně zmaten. a úplně obklopen všemi těmi lidmi, kteří věděli mnohem víc než já. Takže to byl šok, který trval možná rok, dokud se mi nepodařilo dohnat a zjistit, co se děje ve fyzice. Znovu, protože Manitoba nebyl v moderní fyzice silný, neměl jsem jasnou představu o tom, o čem moderní fyzika je nebo jaké jsou možnosti výzkumu. Když jsem přišel do Princetonu, musel jsem se to naučit. Jak je nevyhnutelné, mým prvním zájmem byla teorie částic. Tehdy to bylo okouzující téma, jak je tomu nyní, a já jsem začal tímto směrem pracovat. Zejména jsem byl velmi inspirován některými lidmi v tu dobu. Murph Goldberger v té době dělal svou hru teorie disperze. Udělal skvělou sérii přednášek, které jsem byl naprosto ohromen a naprosto popadl. Nějakou dobu jsem tedy snil o tom, že jsem teoretikem částic. Mnoho z nás musí projít touto fází - je to tak okouzující. Ale pak jsem narazil na Boba Dickeho, který měl týdenní večerní setkání na svém výzkumu gravitační fyziky. Zapadl jsem do toho hlavně proto, že jsem znal některé lidi ve skupině - kolegy z postgraduálních studentů -, ale brzy jsem přišel navštívit kvůli tématu, které je fascinující. V gravitační fyzice se pak, stejně jako nyní, musel podívat na mnoho různých předmětů, od struktury planet po strukturu galaxie až po kosmologii. Tam jsem poprvé začal vidět, co je to kosmologie, a stal jsem se tím velmi fascinován a také fascinován obecně gravitační fyzikou a veškerou fyzikou, kterou přinesl do výzkumných projektů. Odvrátil jsem tedy svůj zájem [a] napsal jsem disertační práci s Bobem Dickem o možnosti variabilnosti konstanty jemné struktury, což je téma, které v průběhu let tolikrát přicházelo a odcházelo. Položil jsem empirické limity na to, kolik alfa [konstanty jemné struktury] se mohlo měnit radioaktivním rozpadem [a věky] meteoritů. Pak to byl [když jsem byl] postdoktorem, že jsme se společně pohybovali ve směru kosmologie jako způsob, jak dělat gravitační fyziku.

Lightman:

Podívejme se, Brans-Dickeova teorie [1] Byl jsem v tuto chvíli.

Peebles:

Teorie Brans-Dicke byla v té době asi v pořádku. To není něco, na čem jsem kdy hodně pracoval, ačkoli, jak víte, byl velký zájem o možnost, že by mohla být precese pertuhel Merkuru nesprávně interpretována.

Lightman:

Ano.

Peebles:

Část příspěvku na precesi může pocházet z planěného [zploštělého] slunce. Takže jsem strávil dlouhou dobu pohledem na sluneční fyziku a omezení, která by mohla mít v jinak rotujícím slunci. Myslím, že byste mohli říci, že to byl úvod do kosmologie, ačkoli to bylo všechno striktně lokální fyzika sluneční soustavy, se kterou jsme se tehdy zabývali. Bob Dicke našel pro svou teorii kosmologická řešení. Nevím, jak velkou pozornost jim věnoval. Nemyslel jsem si, že v té době byli velmi vzrušující, protože jsem opravdu neoceníl vzrušení z kosmologie. V té době se mi zdálo, že je to spíše omezený předmět - předmět, jak bývala inzerován, se dvěma nebo třemi čísly. Věda se dvěma nebo třemi čísly mi vždy připadala docela skličující. [Byla to] věda s Hubbleovou konstantou, parametrem zpomalení a parametrem hustoty. Kdyby to bylo vše, co by bylo v kosmologii, nebylo by mi to zajímavé.

Lightman:

A to je všechno, o čem lidé tehdy mluvili?

Peebles:

V té době se na to hodně soustředila. Samozřejmě existovalo další skvělé téma, kterým byla debata mezi teorií ustáleného stavu a konvenční kosmologií velkého třesku.

Lightman:

Můžete mi říci něco o svých myšlenkách na tuto debatu.

Peebles:

Lightman:

Můžete mi říci něco o svých myšlenkách na tuto debatu.

Peebles:

Hlavně jsem byl skandalizován, že by měla probíhat tak intenzivní debata o tom, co se mi zdálo být tak prázdnou otázkou. V té době jsem zjistil, že kosmologie, pokud vůbec něco, není přitažlivá, protože se tolik opírala o předpoklad, že vesmír je homogenní, což se mi zdálo velmi sporné. Samozřejmě jsem se nedíval do observačního základu, proč člověk věřil v homogenitu, což ani tehdy nebylo nijak nevýznamné. Připadalo mi to jako nereálné, když jsem si myslel, že dokážete vytvořit teorii vesmíru. Zdá se mi, že je to stále rozumný první odhad - jak můžete vytvořit teorii pro vesmír? Myslím, že si pamatuji první myšlenku, že předpoklad homogenity byl nerealistický, když jsem se zde připravoval na všeobecné zkoušky jako postgraduální student - víte o obecných zkouškách, které nahradily požadavky na kurz. Kromě jiného byste mohli očekávat, že by v otázce relativity o kosmologii mohla existovat otázka, a všichni rozumní postgraduální studenti to věděli a připravili se tím, že se dozvěděli o standardních řešeních Einsteinových polních rovnic pro homogenní expandující vesmír. Takže jsem je poslušně naučil, ale vzpomínám si, že jsem si myslel: „Chlapče, tohle je hloupé. Kdo by si dokázal představit, že vesmír bude tak jednoduchý?“

Lightman:

To máte na mysli, když říkáte, že si neumíte představit, že by někdo vytvořil teorii vesmíru?

Peebles:

Že jo. Vesmír je jistě - myslím, že bych tehdy řekl, kdybych si to promyslel - hierarchie složitosti. Dalo by se představit vytvoření teorie galaxií, teorie shluků galaxií atd., Ale mít teorii vesmíru jako celku mi připadá spíše jako meta teorie než fyzika, jak ji znám.

Lightman:

A přesto to udělal sám Einstein v roce 1917. [2]

Peebles:

Ano ano. Ve skutečnosti jsem často přemýšlel, jak by se někdy mohl přivést k tak jednoduchému předpokladu, a přemýšlel jsem také o tom, proč ho lidé jako de Sitter nechali s tím uniknout. De Sitter byl opravdu opatrný, ve skutečnosti ...

Lightman:

De Sitter se s ním hodně hádal. [3]

Peebles:

Správně, v tomto bodě. Jiní rozumní astronomové a mnoho fyziků rychle přijali jeho myšlenku jako způsob, jakým musí být. Vesmír musí být tak jednoduchý, že ho můžeme

analyzovat v jednorozměrné diferenciální rovnici - všechno je funkcí času. Einstein měl samozřejmě skvělou intuici a byl určitě strašně blízko pravdě - tak vypadá vesmír.

Lightman:

Takže jste změnilí svůj názor na to, zda je hloupé vytvářet teorie vesmíru?

Peebles:

Myslím, že je to stále úžasné, ale musím souhlasit s tím, že má smysl vytvářet teorie vesmíru. Fungují tak velmi dobře. Zprvu si myslím, že pozorování jasně ukazují, že ve velkém měřítku - na stupnici srovnatelných s Hubbleovou vzdáleností - je vesmír pozoruhodně izotropní. A nepřímo, ale myslím; stále docela přesvědčivě je vesmír pozoruhodně blízky homogennímu. Pokud tedy někdo věří obecné teorii relativity, máte to. Vesmír je jednoduchý. Rozšiřuje se to vyčíslitelným způsobem - což je úžasná věc. Nikdy bych nečekal, že by to tak snadno fungovalo, ale je to tak.

Lightman:

Myslíte si, že pozorování mezi tím a nyní vás přinutila přestat si myslet, že je to hloupý nápad vytvořit tyto teorie?

Peebles:

Ano. Pamatujte si, že v té době jsem nevěděl o pozorováních. Tehdy jsem mohl vědět, že slabé rádiové zdroje jsou docela izotropně rozmístěny - to bylo známo. Myslím, že to byl hlavní pozorovací údaj, který ukázal homogenitu ve velkém měřítku. Byly počty galaxií, ale vždy byly velmi sporné - stále jsou - protože je tak těžké provést k-korekci a korigovat lokální hmotnostní koncentrace, lokální koncentrace galaxií. Jak víte, v nejjednodušším modelu byste očekávali, že se počty galaxií budou měnit jako hustota toku do $-2/3$ [síla], zdánlivá velikost do 0,6, že? [Skutečný] graf logaritmu [galaxie] počítaný proti zdánlivé velikosti je pozoruhodně blízky přímce, ale se špatným sklonem jde od jasného konce k nejslabšímu konci, což si člověk myslí, že je spiknutí dvou korekcí: k-korekce slabého konce a lokální koncentrace galaxií v místním super clusteru na jasném konci. Vzhledem k této skutečnosti je těžké tvrdit, že máme mnoho důkazů o homogenitě. Izotropie se samozřejmě za posledních dvacet až třicet let výrazně zlepšila. Ale jak říkám, i na konci padesátých let jsem se mohl podívat na počty zdrojů rádia a mohl jsem být ohromen tím, jak jsou izotropní, ale nevěděl jsem o nich.

Lightman:

Zmínil jste, že jste se na Dickeho večerní schůzky tě velmi zajímali o teorii relativity.

Pamatujete si, kdy vás to zajímalo

Peebles:

Ano, myslím, že to dokážu docela určitě říct. To byl slavný nápad Boba Dickeho hledat mikrovlnné záření, které zbylo z horkého velkého třesku. Nemohu ti dát rok. Nezaznamenal jsem žádné poznámky. Asi vám to mohl říct. Bylo by kolem roku 1964. Bylo to v létě, pamatuji si - velmi horký den. Potkali jsme se v jeho obvyklé večerní skupině, ale s malým počtem lidí. Nepamatuji si proč, snad proto, že to bylo léto. Z nějakého důvodu jsme se setkali v podkroví [v Palmerově laboratoři]. Bylo to opravdu směšně horké, pamatuji si. Nejprve nám vysvětlil, proč bychom si mohli myslet, že vesmír byl v jeho raných fázích horký. Nevím, jak je to podrobně popsáno, ale jeho myšlenka - a ta, k níž se neustále vrací - je, že vesmír by mohl kmitat.

Lightman:

Ano, to je určitě popsáno na začátku příspěvku v roce 1965. [4] A oscilační vesmír vyžaduje

něco, aby zničil těžké prvky, takže člověk může začít znovu vodíkem. Způsob, jak zničit těžké prvky, je jejich tepelné rozložení v černém těle. Vysvětlil nám tedy, proč byste chtěli vesmír, který je plný záření černého těla. Vysvětlil nám, jak si toto černé záření zapamatuje jeho tepelné spektrum, jak se vesmír rozšiřoval [a] ochladil. Vysvětlil nám, že dobré okno pro pozorování toho bylo kolem 3 centimetrů vlnových délek, a v docela krátkém pořadí nechal Dave Wilkinson a Peter Roll, aby hledali design radiometru, aby hledal toto záření.

Vzpomínám si na jeho off-handed, ale velmi inspirativní poznámku ke mně: "Proč nejdeš myslet na teoretické důsledky?" - což je podle mě znamení velkého fyzika. Můžete zahodit tyto poznámky, které mohou hýbat horami. A rozhodně mi to dalo spoustu přemýšlení.

Lightman:

To vás zaplo?

Peebles:

To mě zapnulo. On a já jsme psali referát, [5] Myslím před objevením mikrovlnného pozadí, ve kterém jsme vyjádřili mnoho teoretických myšlenek, které vznikly v důsledku přemýšlení o mikrovlnném pozadí. Myslím, že to byl můj první článek v kosmologii, a bylo opravdu zábavné psát to. Viděli jsme tolik věcí, které je třeba udělat.

Lightman:

Bylo to v roce 1964?

Peebles:

To by bylo asi 1964.

Lightman:

Pamatujete si v té době, když jste právě začali přemýšlet o kosmologii - a zjevně jste vzali relativitu a vy jste znali relativistické pozadí - preferujete jakýkoli konkrétní kosmologický model, řekněme otevřený versus uzavřený nebo homogenní versus nehomogenní ?

Peebles:

Myslím, že moje reakce byla v souladu s mou počáteční reakcí na vesmír jako předmět. Opět jsem řekl, předpokládejme, že mi někdo řekl, zda byl vesmír otevřený nebo uzavřený.

Myslím, že by to byl velký pokles, protože co bych s tím vědomím udělal? Vždy jsem předpokládal, že nebudeme vědět, zda je vesmír uzavřený nebo otevřený, dokud se informace nestane, tak řečeno, irelevantní, protože to bude zahrnuto do mnohem většího obrazu, na kterém je zřejmé, že vesmír musí být tak je to z jiných, hlubších důvodů. Takže jsem se nikdy nemohl dostat, abych byl nadšený otázkou otevřeného versus uzavřeného. Vždy se mi zdálo, že je to opravdu vedlejší problém. Zjistíte, že v knize, kterou jsem napsal několik let poté, Fyzikální kosmologie, jsem byl na tuto otázku velmi opatrný a nezabýval jsem se jí podrobně, protože se mi nezdálo být velmi zajímavé. Ve skutečnosti si myslím, že je tomu tak stále. Nyní s inflací máme samozřejmě důvod hledat otevřený versus uzavřený a v rámci inflace se tato otázka náhle stává velmi dramatickou a velmi přesvědčivou. Takže nyní vidíme, že kdybychom věděli, že vesmír nebyl kosmologicky plochý, bylo by to nesmírně zajímavé, protože by to srazilo krásnou myšlenku inflace.

Lightman:

A přivést zpět všechny problémy, na které odpověděl.

Peebles:

A přivést zpět všechny problémy, na které slibovala inflace. Což by samozřejmě bylo také zábavné. Je vždy zábavné mít problémy.

Lightman:

V polovině šedesátých let jste věnovali ustálenému stavu vesmíru velkou důvěryhodnost?

Peebles:

Ne. Musím se přiznat, že jsem se na to nedíval podrobně. Slyšel jsem mluvit na toto téma. Ve

skutečnosti jsem slyšel řeč, když jsem byl ještě vysokoškolák. Vzpomínám si, že jsem ohromen, že dospělí lidé se mohli těšit z takových spekulativních nápadů. Než se objevilo záření černého těla, vyšlo najevo, že pokud se toto záření najde, musí to samozřejmě být rozšiřující se vesmír. Krátce nato se zdálo, že záření bylo nalezeno, takže teorie ustáleného stavu se velmi rychle unášela, než jsem měl šanci na to opravdu přemýšlet dostatečně dlouho, abych se rozhodl, zda by to byla teorie, za kterou bych bojoval.

Lightman:

Dovolte mi zeptat se na práci na mikrovlnném pozadí, o které jste se zmínili před minutou. Zmínil jste, že Dicke o tomto problému hovořil na večerním semináři. Pamatujete si, jaká byla vaše motivace o tom přemýšlet?

Peebles:

No, jak říkám, byla to velmi přímá motivace od Bob Dicke - „Jdi na to myslet.“ [V reakci na], zda jsem zjistil, že vzrušující výzva, ano, určitě ano. Vzpomněl jsem si na spoustu fyziky, kterou je třeba udělat. Pokud máte záření, máte záření; máte tepelnou historii, takže můžete přemýšlet o rychlosti reakce; můžete přemýšlet o přeměně plazmy na atomový vodík, na molekulární vodík; můžete přemýšlet o přeměně plynu protonů a neutronů na helium a tak dále. Byla to zábava, protože to byly průřezy, byla to termodynamika, bylo to něco, co jste mohli spočítat a týkat se pozorování. Takže jsem se velmi rychle nadchl.

Lightman:

Koupili jste [Dickeho] teoretickou motivaci pro celou věc, tj. Myšlenku oscilačního vesmíru?

Peebles:

Ne. To bylo v pořádku. Byl jsem ochoten s tím jít, ale nemohl jsem se z toho nápadu těšit. Myslím, že se mi poté, stejně jako nyní, zdálo, že je to možnost, které bychom měli lépe věnovat pozornost, protože je to alternativa ke standardní tradici inflace. A protože inflace není tak pevně zavedená, měli bychom raději zvážit alternativy, a to je určitě jedna z nich, na kterou bych chtěl myslet. Ale ve skutečnosti jsem nikdy nepřekročil tento názor - že je to alternativa a měli bychom ji mít na paměti. Nemyslím si, že jsem někdy napsal článek zkoumající možnosti oscilačního vesmíru. Nemám ponětí, jak vymýšlíte fyziku, která způsobí, že vesmír bude kmitat a udržovat jeho homogenitu - to je skutečný trik. Je to atraktivní nápad, musím říct. Není to tak elegantní jako inflační obraz, ale myslím si, že by to mohlo mít na paměti.

Lightman:

Jednou z věcí, na které jsem byl zvědavý, a důvodem, proč jsem se na to ptal, je to, že ve svém dokumentu z roku 1965 máte prohlášení, že pokud vesmír osciluje, pak se nemusíte starat o počáteční určení záležitosti antihmoty. poměr kdykoli v minulosti. To je část vašeho důvodu k víře ve oscilační vesmír, což pak vede k predikci mikrovlnného pozadí nebo záření černého těla.

Peebles:

Chápu. Zajímalo by mě, jak jasně jsem přemýšlel, když jsem to psal. Samozřejmě si nepamatuji všechny své názory z toho dlouhého zadku. Myslím, že jsem docela rychle poznal, že člověk nemůže mít vesmír, který by neurčitě kmital do minulosti, protože by jedna měla katastrofu entropie. Představovali byste si, že uděláte entropii v každé fázi oscilace, ale protože vesmír má nyní omezené množství entropie, pak člověk ví, že mohl mít pouze konečný počet předchozích oscilací. Myslím, že si vzpomínám na výpočty poměrně brzy - ale

snad po papíru, který jste zmínil -, že vesmír mohl oscilovat 100krát až do současnosti, počínaje mrtvou zimou a současným obsahem baryonů. To je počet oscilací, které by byly potřebné k přeměně záření z hvězd na energetickou hustotu záření z mikrovlnného pozadí. Samozřejmě si člověk uvědomuje, že pokud máte pouze 100 kmitů, je vesmír opravdu nesmírně starý, ale přesto konečný věk.

Lightman:

Stále si musíte dělat starosti s tímto počátečním ...

Peebles:

Stále máte problém s počátečním stavem, to je jisté. Lehký muž: Ale možná ten druh přemýšlení o entropickém problému byl až po tvém myšlení v roce 1964.

Peebles:

To by mohlo být. Vzpomeňte si, že moje myšlení v roce 1964 bylo silně podmíněno myšlenkou na chlapa od vedle, Robert Henry Dicke. Myslím, že je pravda, že byl motivován touto myšlenkou, že vesmír, který osciluje, alespoň tlačí zpět krizi počátečních podmínek ze standardního případu velkého třesku - což je možná krok správným směrem.

Lightman:

Myslím, že se na to musím zeptat.

Peebles:

Ano, bude fascinující vidět, co říká.

Lightman:

Dovolte mi, abych se vás trochu zeptal na problém rovinnosti, který jste s Dickem v roce 1979 představil v Einsteinově sté výročí [7], i když chápu, že před tím měla historii. To je pro mě obzvláště zajímavá záležitost, protože Alan Guth tvrdí, že to byl klíčový motivující faktor v jeho vývoji modelu inflačního vesmíru. Historicky tedy objasnění tohoto problému, jeho artikulace vámi a Dickem, mělo velmi velký účinek. Můžete mi říct, kdy se vám to poprvé stalo [puzzle]?

Peebles:

Abych byl upřímný, znovu mi to nevzniklo. Došlo k Bobovi Dickemu. Víte, že je těžké si pamatovat, když jste se naučili svázat boty, a je pro mě těžké si pamatovat, když jsem to nevěděl a nevěřil jsem tomu jako dobrý argument. Myslím, že nám to Bob Dicke musel představit ve dnech, kdy jsme byli v Palmer Lab, a když jsme se setkali ve večerních hodinách na těchto setkáních gravitačních výzkumných skupin. Vždy se mi zdálo, že je to velmi zřejmý argument, a byl jsem ohromen, když se najednou stala kanonickou konvenční moudrostí, protože se tento argument nezměnil od toho, který Bob dával roky a já jsem dával v kolokviích let. Byl to argument, argument přiměřenosti a náhody, ale nikdy to nebyla geometrická demonstrace a samozřejmě to tak stále není.

Lightman:

Ne, ale zdá se mi, že aby byl tento argument přesvědčivý, aby vás tak nějak zametl, musíte si představit, že vesmír mohl být vytvořen mnoha různými způsoby, se spoustou různých počátečních podmínek.

Peebles:

Ano, a to nám samozřejmě připomíná další myšlenky Boba Dickeho - myšlenku antropomorfního vesmíru [slabý antropický princip]. [8]

Lightman:

Ano, ale zdálo se, že to vysvětluje mnohem přirozenějším způsobem. Myslím, že [jeho nápad] nebyl zamýšlen jako hádanka, která potřebovala vysvětlení. Vysvětlil. Zatímco [problém rovinnosti] je něco, co představuje hádanku, která je velmi přesvědčivá, pokud můžete uvěřit, že naše počáteční podmínky jsou sadou opatření nula [vysoce nepravděpodobné] z velmi velkého počtu možných počátečních podmínek. Pokud o tom tak přemýšlíte, pak si uvědomíte, že potřebujete fyzické vysvětlení.

Peebles:

Uvidíme, jestli chápu, k čemu to jde. K tomu jsou dvě části.

Lightman:

Ano, nechci to říkat nesprávně.

Peebles:

Jednou částí je argument náhody, že pokud má vesmír znatelnou kosmologickou konstantu nebo pokud má prostorové zakřivení, které výrazně přispívá k rychlosti expanze. Tam byl zvláštní epocha u kterého tento příspěvek k rychlosti expanze λ termínem (kosmologická konstanta) nebo zakřivením prostoru stal se srovnatelný s příspěvkem hustoty hmoty, [vést k ω asi jeden]. Tato zvláštní epocha pak existuje a s tím jsou dva problémy. Za prvé, počáteční podmínky ve velmi raném vesmíru, kdykoli se klasická fyzika stala použitelnou, musely stanovit obrovskou časovou stupnici, což se zdá být trochu obtížné uspořádat. Zadruhé musíme na scénu přijít, jakmile epocha dosáhla toho preferovaného času. Pak se musíte zeptat, mohl by být druhý náhodou náhoda, nebo by to mohla být taková nepravděpodobná událost, že tento charakteristický čas, pokud existuje, je ve skutečnosti v neurčité budoucnosti - velmi daleko v budoucnosti. [V tom případě], prostorové zakřivení nemohlo být důležité, a λ nemohlo být důležité, a my jsme dorazili na scénu v náhodně zvoleném čase, pokud se uvažuje o vývoji vesmíru. Pokud je tedy zakřivení prostoru zanedbatelně malé a λ je zanedbatelně malé, pak máme skutečně problém. Jak vesmír zajistil tyto počáteční podmínky?

Lightman:

To je verze problému, o kterém jsem diskutoval.

Peebles:

Správně a samozřejmě máme problém bez ohledu na to, jaké je zakřivení prostoru, protože vesmír je tak dramaticky homogenní a víme, že to začalo jako samostatné kusy.

Lightman:

Ano, to je další problém.

Peebles:

Že jo. Po celou dobu tedy existoval hluboký problém - jak se vesmír stal tak homogenním? A to je určitě něco, co mě v průběhu let hodně znepokojovalo. Napsal jsem o tom články a musím říci, že inflační nápad je určitě skvělý způsob, jak problém vyřešit. Samostatným problémem je to, co je nyní hodnota prostorového zakřivení a mohlo by být znatelné jeho příspěvkem k rychlosti expanze ve srovnání s příspěvkem hmotnostní hustoty. Dalším

aspektem Dickeho argumentu je, že byste byli překvapeni, když zjistíte, že prostorové zakřivení je nyní znatelné, protože to by vyžadovalo, jak říkám, že jsme přišli na scénu stejně jako se zakřivení prostoru stalo důležitým, což je argument náhody. Zdá se mi, že druhý argument, že prostorové zakřivení musí být zanedbatelně malé, je slabší, protože jsme samozřejmě museli přijít na scénu někdy o

Peebles:

Ano, bude fascinující vidět, co říká.

Lightman:

Dovolte mi, abych se vás trochu zeptal na problém rovinnosti, který jste s Dickem v roce 1979 představil v Einsteinově sté výročí [7], i když chápu, že před tím měla historii. To je pro mě obzvláště zajímavá záležitost, protože Alan Guth tvrdí, že to byl klíčový motivující faktor v jeho vývoji modelu inflačního vesmíru. Historicky tedy objasnění tohoto problému, jeho artikulace vámi a Dickem, mělo velmi velký účinek. Můžete mi říct, kdy se vám to poprvé stalo [puzzle]?

Peebles:

Abych byl upřímný, znovu mi to nevzniklo. Došlo k Bobovi Dickemu. Víte, že je těžké si pamatovat, když jste se naučili svázat boty, a je pro mě těžké si pamatovat, když jsem to nevěděl a nevěřil jsem tomu jako dobrý argument. Myslím, že nám to Bob Dicke musel představit ve dnech, kdy jsme byli v Palmer Lab, a když jsme se setkali ve večerních hodinách na těchto setkáních gravitačních výzkumných skupin. Vždy se mi zdálo, že je to velmi zřejmý argument, a byl jsem ohromen, když se najednou stala kanonickou konvenční moudrostí, protože se tento argument nezměnil od toho, který Bob dával roky a já jsem dával v kolokviích let. Byl to argument, argument přiměřenosti a náhody, ale nikdy to nebyla geometrická demonstrace a samozřejmě to tak stále není.

Lightman:

Ne, ale zdá se mi, že aby byl tento argument přesvědčivý, aby vás tak nějak zametl, musíte si představit, že vesmír mohl být vytvořen mnoha různými způsoby, se spoustou různých počátečních podmínek.

Peebles:

Ano, a to nám samozřejmě připomíná další myšlenky Boba Dickeho - myšlenku antropomorfního vesmíru [slabý antropický princip]. [8]

Lightman:

Ano, ale zdálo se, že to vysvětluje mnohem přirozenějším způsobem. Myslím, že [jeho nápad] nebyl zamýšlen jako hádanka, která potřebovala vysvětlení. Vysvětlil. Zatímco [problém rovinnosti] je něco, co představuje hádanku, která je velmi přesvědčivá, pokud můžete uvěřit, že naše počáteční podmínky jsou sadou opatření nula [vysoce nepravděpodobné] z velmi velkého počtu možných počátečních podmínek. Pokud o tom tak přemýšlíte, pak si uvědomíte, že potřebujete fyzické vysvětlení.

Peebles:

Uvidíme, jestli chápou, k čemu to jde. K tomu jsou dvě části.

Lightman:

Ano, nechci to říkat nesprávně.

Peebles:

Jednou částí je argument náhody, že pokud má vesmír znatelnou kosmologickou konstantu nebo pokud má prostorové zakřivení, které výrazně přispívá k rychlosti expanze. Tam byl zvláštní epocha u kterého tento příspěvek k rychlosti expanze λ termínem (kosmologická konstanta) nebo zakřivením prostoru stal se srovnatelný s příspěvkem hustoty hmoty, [vést k ω asi jeden]. Tato zvláštní epocha pak existuje a s tím jsou dva problémy. Za prvé, počáteční podmínky ve velmi raném vesmíru, kdykoli se klasická fyzika stala použitelnou, musely stanovit obrovskou časovou stupnici, což se zdá být trochu obtížné uspořádat. Zadruhé musíme na scénu přijít, jakmile epocha dosáhla toho preferovaného času. Pak se musíte zeptat, mohl by být druhý náhodou náhoda, nebo by to mohla být taková nepravděpodobná událost, že tento charakteristický čas, pokud existuje, je ve skutečnosti v neurčité budoucnosti - velmi daleko v budoucnosti. [V tom případě], prostorové zakřivení nemohlo být důležité, a λ nemohlo být důležité, a my jsme dorazili na scénu v náhodně zvoleném čase, pokud se uvažuje o vývoji vesmíru. Pokud je tedy zakřivení prostoru zanedbatelně malé a λ je zanedbatelně malé, pak máme skutečně problém. Jak vesmír zajistil tyto počáteční podmínky?

Lightman:

Lightman:

Ano, to je další problém.

Peebles:

Že jo. Po celou dobu tedy existoval hluboký problém - jak se vesmír stal tak homogenním? A to je určitě něco, co mě v průběhu let hodně znepokojovalo. Napsal jsem o tom články a musím říci, že inflační nápad je určitě skvělý způsob, jak problém vyřešit. Samostatným problémem je to, co je nyní hodnota prostorového zakřivení a mohlo by být znatelné jeho příspěvkem k rychlosti expanze ve srovnání s příspěvkem hmotnostní hustoty. Dalším aspektem Dickeho argumentu je, že byste byli překvapeni, když zjistíte, že prostorové zakřivení je nyní znatelné, protože to by vyžadovalo, jak říkám, že jsme přišli na scénu stejně jako se zakřivení prostoru stalo důležitým, což je argument náhody. Zdá se mi, že druhý argument, že prostorové zakřivení musí být zanedbatelně malé, je slabší, protože jsme samozřejmě museli přijít na scénu v určitém čase nebo jiný, což znamenalo, že musela existovat nějaká konfigurace události a jakákoli konkrétní konfigurace událostí je vždy velmi nepravděpodobná. Jak soudíte, co je nepravděpodobnější - že bychom měli na scénu přijít teď nebo na

Lightman:

Osobně jsem ohromen tím, jak rychle a jak široce to dopadlo.

Peebles:

Ano, ale tak fyzika funguje, že? Při absenci jakéhokoli jiného nápadu by dobrý nápad zachytil pole. A před inflací jsme měli opravdu prázdné. Dalo by se extrapolovat konvenční modely zpět v čase na jedinečnost, což je velmi ošklivá věc. Všichni jsme tedy věděli, že máme tento hrozný problém, a nemyslím si, že není divu, že první myšlenka, která měla nějaký smysl, který přišel, by zachytila pole a stala se kanonickým standardním modelem. To samozřejmě neznamená, že je tento nápad správný. To znamená, že jsme neměli žádné možnosti. Takže,

jak říkám, nejsem překvapený. Myslím, že bychom měli být opatrní. Myslím, že existuje rozumná šance, že jsme byli vedeni špatnou cestou. Určitě se to stalo předtím. Slyšel jsem srovnání myšlenky ustáleného stavu s myšlenkou inflace a skutečně mají určité podobnosti. V obou případech jsme měli problémy - ve skutečnosti stejný problém. Co děláte s počátečním stavem? Vzhledem k tomu, že neexistují žádné velmi tvrdé důkazy - ve skutečnosti při neexistenci jakéhokoli velkého pohybu v kanonickém modelu - přišla nová myšlenka, a protože byla nová a provokativní a odpovídala za některé známé problémy, upoutala velkou pozornost. Teorie ustáleného stavu [11] se zajisté objevila v 50. letech 20. století. Brzy se stal přinejmenším rovnocenným v důvěryhodnosti s rozšiřujícím se vesmírným modelem, a to nebylo kvůli nějakým pozorovacím důkazům, pokud vím. Existovalo několik bitů a důkazů, že teorie ustáleného stavu by mohla dělat lépe. Jeden měl problém s časovým měřítkem [s modelem velkého třesku]. Ale myslím, že rozumní lidé si nemysleli, že problém časového měřítka byl opravdu vážný. Myslím, že to byla spíše otázka, že to byl nový nápad, ne zjevně špatný a stojí za to prozkoumat. A myslím, že jsme viděli, že se to samé stane s inflací. Přišel nový nápad, vyřešil některé známé problémy, takže lidé na něj skočili a začali jej zkoumat.
Lightman:

Zmínili jste se, že oba modely mají společné nějaké ošetření počátečních stavů. Myslíte si, že fyzici nechtějí upřesňovat počáteční podmínky?

Peebles:

Vzpomínám si na poznámku Eugena P. Wignera před mnoha lety, [řekl k astronomii], ve které řekl: „Mysleli jsme si, že je zájem o fyziku, fyzikální zákony a že počáteční podmínky mohou být ponechány inženýři.“ Myslím, že to je postoj, který prostupuje hodně z fyziky. Zajímavé je, že v astronomii nemám stejný postoj téměř stejně silně. Nenajdu tam nervozitu s počátečními podmínkami, které si všimnu mezi mnoha fyziky.

Lightman:

Proč si myslíte, že to je?

Peebles:

Jak poznamenal Eugene P. Wigner, jeden si myslí, že zajímavou částí fyziky jsou zákony fyziky a počáteční podmínky jako provincie inženýrů, kteří věci nastavili.

Lightman:

Proč jsme tedy vynaložili tolik úsilí jak v ustáleném stavu, tak v inflačních modelech, abychom se obešli tím, že jsme museli určit počáteční podmínky?

Peebles:

Myslím, že jsme nedůvěřovali technikům.

Lightman:

Myslím, že ne. [Smích]

Peebles:

K ustálenému stavu bych nakreslil další analogii, a to, že vynález nebyl v první řadě motivován pozorováním. Místo toho to byl krásný nápad, který vyřešil některé problémy možná, ale ne něco, co bylo vedeno [pozorováním]. Například když Lemaitre [12] znovu představoval rozšiřující se vesmírnou myšlenku, myslím, že byl silně poháněn pozorováním - červeným posunem, ustupující mlhovinou. To bylo ostře zaměřené. Řekl bych, že tady je

příklad, kdy byl někdo veden k revolučnímu obrazu docela přímými pozorováními, která ho v tomto směru prosazovala. Nemyslím si, že existují nějaká pozorování, která nutila lidi k vymyšlení teorie ustáleného stavu. To byl jen krásný nápad. Myslím, že je pravda, že neexistují žádná velmi blízká pozorování, která by vedla k inflačnímu konceptu. To byla teorie, těžká dávka. Dobře motivovaná teorie, abych si byl jistý, a myslím, že by to mohlo být velmi dobře. Ve skutečnosti máme další příklad toho, že Einstein zavedl předpoklad homogenity v kosmologii. Určitě nebyl motivován žádnými pozorováními - právě naopak. Záměrně je ignoroval. Takže tato cesta může fungovat. Samozřejmě to není zaručeno.
Lightman:

Tím se dostáváme k některým novějším objevům, ale pamatujete si své počáteční reakce na práci [13] de Lapparent a Huchra a Geller na rozsáhlé struktuře?