Důkaz rozpínání vesmíru - reliktní záření

Na konci éry záření vývoje vesmíru, v níž vznikají první neutrální atomy s rozsáhlými elektronovými obaly, se stává vesmír průhledný pro záření. Neutrální atomy totiž pohlcují a rozptylují záření podstatně méně než volné elektrony.

> Vesmír je už řidší a je tedy i průhlednější.

Ze standardního modelu vývoje vesmíru tedy vyplývá, že by vesmír měl být vyplněn elektromagnetickým zářením, které je pozůstatkem (reliktem) právě zmíněného rozmezí ve vývoji raného vesmíru.

První předpověď tohoto záření učinili tvůrci standardního modelu vývoje vesmíru - teorie Velkého třesku (tj. Gamow, Alpher, Bethe a Herman). Tito fyzikové odhadli, že záření má charakter záření absolutně černého tělesa o teplotě 5 K až 10 K. Objev tohoto **reliktního záření** byl učiněn vlastně náhodou až v roce 1965, protože toto záření nikdo nehledal, ač by to technické prostředky umožňovaly. Nikdo ale Gamowovu teorii horkého vesmír v té době nebral vážně.

Reliktní záření objevili americký fyzik Arno Allan Penzias (narozen 1933) a americký astronom Robert Woodrow Wilson (narozen 1936) v letech 1964 - 1965 a potvrdili tím vlastně celou Gamowovu teorii vývoje vesmíru. V roce 1977 získali za svůj objev Nobelovu cenu.

> Penzias s Wilsonem pracovali v Bellových laboratořích v New Jersey v USA na vysoce citlivém kryogenním mikrovlnném přijímači určeném k využití v radioastronomii. V roce 1964 se setkali s vysokofrekvenčním šumem, který nemohli nijak uspokojivě vysvětlit. Byl mnohem méně energetický než elektromagnetické záření vznikající v Mléčné dráze a toto záření mělo ve všech směrech stejné vlastnosti. Penzias s Wilsonem předpokládali, že jejich přijímač je rušen nějakým pozemským zdrojem. To se nakonec nepotvrdilo. Prohlídka antény přijímače ukázala, že je zde plno holubího trusu (který Penzias popsal jako „bílý dielektrický materiál“). I když byl tento trus odstraněn, mikrovlnný šum zůstal. Protože odmítli ostatní zdroje rušení, vydali zprávu o svém objevu. Rušení bylo později identifikováno jako přirozené kosmické záření na pozadí, tzv. reliktní záření.

Záření mělo teplotu 2,7 K, což se shodovalo s předpovědí, navíc se ukázalo, že záření má v širokém rozsahu vlnových délek vskutku tepelný charakter přesně podle Planckova zákona. Tepelný charakter reliktního záření je odrazem tepelné rovnováhy záření a látky v době, kdy záření vznikalo, tj. v době, kdy se fotony naposledy srážely s volnými elektrony. Na základě intenzity reliktního záření byl určen poměr mezi počtem fotonů a baryonů $10^9:1$, který je stejný jako poměr částic a antičástic z hadronové éry vývoje vesmíru. Tyto poměry se ovšem nastolily už v čase 10^{-35} s po Velkém třesku (tj. během kvantové éry vývoje vesmíru).

Směrová nezávislost reliktního záření (izotropie reliktního záření) je důkazem izotropie velmi raného vesmíru. To znamená, že oddělené oblasti vesmíru měly stejnou teplotu a hustotu, ačkoliv tehdy od Velkého třesku uplynulo příliš málo času.

> Za tak krátkou dobu vývoje vesmíru by si totiž různé oblasti nestihly vzájemně vyměnit informace o tom, jaká je kde teplota a hustota, aby se mohla ustanovit rovnováha. Tento problém pomohla vyřešit až teorie inflační kosmologie.

Teprve až když vymizel vliv tlaku záření v éře látky, mohla se narušit izotropie a mohly se začít vyvíjet první zárodky (nehomogenity) hvězd, galaxií, ...

Takové zárodky se ale stěží mohly vytvořit z dokonale promísené (izotropní a homogenní) látky - náhodné fluktuace hustoty by neumožnily vznik zárodků budoucích hvězd. Velké kolísání hustoty ovšem izotropie reliktního záření vylučuje. Takže na konci éry záření musely být ve vesmíru přítomny zárodky látky přiměřených rozměrů a hmotností, tj. malé, aby nezpůsobily porušení izotropie reliktního záření, ale dost velké na to, aby se z nich vyvinula známá struktura vesmíru.

Teoreticky předpověděné rozměry zárodků (stotisíciny až miliontiny střední hodnoty hustoty látky raného vesmíru) potvrdila měření kosmické sondy COBE v roce 1992.

Byla-li původní teplota reliktního záření na počátku éry látky 3000 K a dnešní činí necelé 3 K, svědčí to o tom, že se vlivem rozpínání vesmíru prodloužila vlnová délka tohoto záření v poměru obou teplot. Na základě toho vypočítaný rudý posuv potvrzuje, že reliktní záření podává informaci o ranějším období vývoje vesmíru než např. např. kvasary, které patří k nejvzdálenějším objektům ve vesmíru. Proto je tedy můžeme pozorovat v čase jejich raného vývoje.

Elektromagnetické záření, které přináší pozorovatelům informaci o kvazarech, se šíří rychlostí o velikosti rychlosti světla ve vakuu. Za dobu existence vesmíru toto záření stihlo urazit jen omezenou vzdálenost. Kvasary patří mezi nejvzdálenější objekty ve vesmíru, proto k nám záření od nich putuje velmi dlouhý čas. Záření, které k nám z kvasarů dopadá, je opustilo v době, kdy byly kvasary „mladé“. To znamená, že tímto způsobem vlastně vidíme do minulosti vesmíru: vidíme vesmír ne takový, jaký je dnes, ale jaký byl v době, kdy elektromagnetické záření daný vesmírný objekt opustilo.

© Encyklopedie Fyziky (http://fyzika.jreichl.com); Jaroslav Reichl, Martin Všetička
Licence http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/ zakazuje úpravy a komerční distribuci.