بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه آزاد اسلامی

واحد تهران مرکزی

دانشکده علوم پایه، گروه فیزیک

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد (M.Sc)

گرایش: فیزیک نجومی

عنوان:

بررسی طیف توان زاویه ای تابش میکروموج زمینه کیهانی

استاد راهنما:

دکتر مجید محسن زاده گنجی

استاد مشاور:

دکتر سپهراربابی

پژوهشگر:

سمیه صالحی

اسفند ۱۳۹۰

تقدیم به پدر و مادر عزیزم

خدای را بسی شاکرم که از روی کرم پدر و مادری فداکار نصیبم ساخته تا در سایه درخت پربار وجودشان بیاسایم و ریشه آنها شاخ و برگ گیرم و از سایه وجودشان در راه کسب علم و دانش تلاش نمایم والدینی که بودنشان تاج افتخاری است بر سرم و نامشان دلیلی است بر بودنم چراکه این دو وجود پس از پروردگار مایه هستی ام بوده اند دستم را گرفتند و قدم در این وادی زندگی پر افراز و نشیب به من آموختند.

تقدیم به اساتیدی که برایم زندگی؛ بودن و انسان بودن را معنا کردند حال این برگ سبزی است تحفه درویش تقدیم آنانیه پاس تعبیر عظیم و انسانی شان امنه گلیثاریاریشان، به پاس عاطفه سرشار و گرمای امید بخش وجودشان که در این سردترین روزگاران بهترین پشتیبان است

و در آخر تقدیم به همسرم که نشانه لطف الهی در زندگی من است و به پاس قلب بزرگش که فریادرس است و سرگردانی و ترس در پناهش به شجاعت می گراید به پاس محبت های بی دریغش که هرگز فروکش نمی کند .

جناب آقایان دکتر محسن زاده و دکتر اربابی بید گلی اساتید راهنما و مشاور م:

شما روشنایی بخش تاریکی جان، هستی و ظلمت اندیشه را نور می بخشی چگونه سپاس گویم مهربانی و لطف شما را که سرشار از عشق و یقین است چگونه سپاس گویم تاثیر علم آموزی شما را که چراغ روشن هدایت را بر کلبه ی محقر وجودم فروزان ساخته است آری در مقابل این همه عظمت و شکوه شما، مرا نه توان سپاس است و نه کلام وصف

معاونت پژوهش و فناوری

به نام خدا

منشور اخلاق پژوهش

بیاری از خداوند سبحان و اعتقاد به این که عالم محضر خدا ست و همواره ناظر بر اعمال انسان و به منظور پاس داشت مقام بلند دانش و پژوهش و نظر به اهمیت جایگاه دانشگاه در اعتلای فرهنگ و تمدن بشری، ما دانشجویان و اعضاء هیات علمی واحدهای دانشگاه آزاد اسلامی متعهد می گردیم اصول زیر را در انجام فعالیت های پژوهشی مد نظر قرار داده و از آن تخطی نکنیم:

۱- اصل برائت: التزام به برائت جویی از هرگونه رفتار غیر حرفه ای و اعلام موضع نسبت به کسانی که حوزه علم و پژوهش را به شائبه های غیر علمی می آلایند.

۲- اصل رعایت انصاف و امانت: تعهد به اجتناب از هرگونه جانب داری غیر علمی و حفاظت از اموال، تجهیزات و منابع در اختیار.

۳- اصل ترویج: تعهد به رواج دانش و اشاعه نتایج تحقیقات و انتقال آن به همکاران علمی و دانشجویان به غیر از مواردی که منع قانونی دارد.

۴- اصل احترام: تعهد به رعایت حریم ها و حرمت ها در انجام تحقیقات و رعایت جانب تعدد و خودداری از هرگونه حرمت شکنی.

۵- اصل رعایت حقوق: التزام به رعایت کامل حقوق پژوهشگران و پژوهیدگان (انسان، حیوان و نبات) و سایر صاحبان حق.

۶- اصل رازداری: تعهد به صیانت از اسرار و اطلاعات محرمانه افراد، سازمان ها و کشور و کلیه افراد و نهاد های مرتبط با تحقیق.

۷- اصل حقیقت جویی: تلاش در راستای پی جویی حقیقت و وفاداری به آن و دوری از هرگونه پنهان سازی حقیقت.

۸- اصل مالکیت مادی و معنوی: تعهد به رعایت کامل حقوق مادی و معنوی دانشگاه و کلیه همکاران پژوهش.

۹- اصل منافع ملی: تعهد به رعایت مصالح ملی و در نظر داشتن پیشبرد و توسعه کشور در کلیه مراحل پژوهش.

تعهد نامه اصالت پایان نامه کارشناسی ارشد

اینجانب سمیه صالحی دانش آموخته مقطع کارشناسی ارشد نا پیوسته به شماره دانشجویی ۸۷۰۸۵۱۲۳۱۰۰ در رشته فیزیک نجومی که در تاریخ ۹۰/۱۲/۱ از پایان نامه خود تحت عنوان : بررسی طیف توان زاویه ای تابش میکروموج زمینه کیهانی با کسب نمره ۱۷/۲۵ و درجه خوب دفاع نموده ام بدینوسیله متعهد می شوم :

۱- این پایان نامه حاصل تحقیق و پژوهش انجام شده توسط اینجانب بوده و در مواردی که از دستاوردهای علمی و پژوهشی دیگران (اعم از پایان نامه ، کتاب ، مقاله و ...) استفاده نموده ام ، مطابق ضوابط و رویه های موجود ، نام منبع مورد استفاده و سایر مشخصات آن را در فهرست ذکر و درج کرده ام .

۲- این پایان نامه قبلاً برای دریافت هیچ مدرک تحصیلی (هم سطح ، پایین تر یا بالاتر) در سایر دانشگاهها و موسسات آموزش عالی ارائه نشده است .

۳- چنانچه بعد از فراغت از تحصیل ، قصد استفاده و هرگونه بهره برداری اعم از چاپ کتاب ، ثبت اختراع و ... از این پایان نامه داشته باشم ، از حوزه معاونت پژوهشی واحد مجوزهای مربوطه را اخذ نمایم .

۴- چنانچه در هر مقطع زمانی خلاف موارد فوق ثابت شود ، عواقب ناشی از آن را بپذیرم و واحد دانشگاهی مجاز است با اینجانب مطابق ضوابط و مقررات رفتار نموده و در صورت ابطال مدرک تحصیلی ام هیچگونه ادعایی نخواهم داشت .

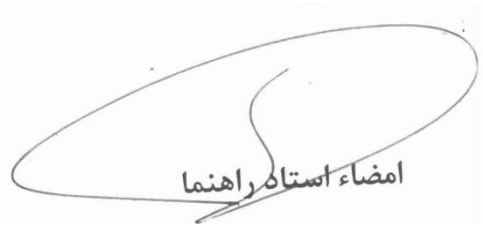
نام و نام خانوادگی :سمیه صالحی

تاریخ و امضاء : ۹۲/۱۰/۵

بسمه تعالی

در تاریخ :۹۰/۱۲/۱

دانشجوی کارشناسی ارشد آقای / خانم سمیه صالحی از پایان نامه خود دفاع نموده وبا نمره ۱۷/۲۵ بحروف هفده و بیست و پنج و با درجه خوب مورد تصویب قرار گرفت .



بسمه تعالی

دانشکده علوم پایه

****

(این چکیده به منظور چاپ در پژوهش نامه دانشگاه تهیه شده است)

نام واحد دانشگاهی : تهران مرکزی کد واحد: ۱۰۱	**کد شناسایی پایان نامه :10130224892005**
عنوان پایان نامه :بررسی طیف توان زاویه ای تابش میکروموج زمینه کیهانی	
نام و نام خانوادگی دانشجو :سمیه صالحی **شماره دانشجوئی :۸۷۰۸۵۱۲۳۱۰۰** **رشته تحصیلی :فیزیک نجومی**	**تاریخ شروع پایان نامه :۸۹/۱۱/۲۷** **تاریخ اتمام پایان نامه :۹۰/۱۲/۱**
استاد / استادان راهنما : دکتر مجید محسن زاده گنجی **استاد / استادان مشاور: دکتر سپهر اربابی بیدگلی**	
آدرس و شماره تلفن : اراک خیابان شهدا کوچه شهید محمود جابری بن بست صالحی – ۰۸۶۳۴۲۵۰۲۷۶	

چکیده پایان نامه (شامل خلاصه، اهداف، روش های اجرا و نتایج به دست آمده) :

کدر بودن جهان در زمانهای اولیه در واقع مانع از دیدن مستقیم آنسوی قرمزگرایی های$z \approx 10^3$ می باشد. پس تنها ابزار رسیدگی به تاریخچه اولیه جهان استفاده از نتایج مربوط به فراوانی هسته های سبک و نیز مشاهدات تابش میکروموج زمینه کیهانی است. در سالهای اخیر با بررسی های انجام شده بر روی تابش میکروموج زمینه کیهانی توسط ماهواره ها، دانشمندان متوجه شدند که اختلالات دمایی درحدود ۱۰ تا ۱۰۰ میکروکلوین در تابش این میکروموجها در دو جهت متفاوت وجود دارد، که بنابر آن $\frac{\Delta T}{T} \approx 10^{-5}$ است. از اینرو ما در این پایان نامه قصد داریم تا با مروری بر فرایندهای فیزیکی ای که تصور می شوند تولید کننده این اختلالات دمایی هستند، طیف توان زاویه ای تابش میکروموج زمینه کیهانی را مورد ارزیابی قرار دهیم.. بعنوان نمونه، با توجه به بستگی طیف توان زاویه ای تابش میکروموج زمینه کیهانی به پارامترهای کیهان‌شناسی، این امکان فراهم می شود تا با مقایسه طیف توانی نظری با طیف توانی مشاهده شده تابش زمینه، پارامترهای کیهان شناسی را تعیین کنیم.

نظراستادراهنما برای چاپ درپژوهش نامه دانشگاه مناسب است تاریخ وامضا:

فهرست

فهرست عنوانها.....أ

فهرست شکلها.....و

فهرست جدول ها.....ط

چکیده.....ی

فصلاول.....۱

۱ ۱) تاریخچه ای از پس زمینه ی ریز موج کیهانی.....۱

۱ ۲) تابش جسم سیاه.....۶

۱ ۳) اندازه گیری های CMB.....۱۴

۱-۳-۱) نوسانات دمایی.....۱۶

۱-۳-۲) اندازه گیری های آتی.....۱۷

۱ ۴) ساختارها در جهان.....۱۷

۱-۴-۱) ساختار مشاهده شده.....۱۸

۱ ۵) بی ثباتی گرانشی.....۲۰

۱ ۶) خوشه بندی کهکشان ها.....۲۲

فصل ۲.....۲۶

۲-۱) تشکیل CMB و ویژگیهای آن.....۲۶

۲-۲) سازوکار (مکانیزم) همسانگردی و تورم.....۲۷

۲-۳) تشکیل ساختار مقیاس های افت و خیز.....۲۸

۲-۳-۱) *مقیاس های زاویه ای بزرگ* ($10^\circ \leq \theta$).....۲۸

۲-۳-۲) *مقیاس های زاویه های میانی* ($1 \leq \theta \leq 10^\circ$).....۲۸

۲-۳-۳) *مقیاس های زاویه ای کوچک* ($\theta \ll 1^\circ$).....۲۹

۲-۴) طیف توانی CMB ۲۹
۲-۴-۱) نخستین قله و هندسه ی جهان ۳۱
۲-۴-۲) خویشاوندی بالای قله ها با ماده ی تاریک ۳۲
۲-۵) داده های مشاهده شده ۳۲
۲-۶) ناهمسانگردی دو قطبی ۳۴
۲-۷) نوسانات اولیه در CMB ۳۶
۲-۷-۱) منطقه صعود ISW، $\ell \lesssim 10$ ۳۹
۲-۷-۲) پیک های صوتی، $100 \lesssim \ell \lesssim 1000$ ۴۳
۲-۷-۳) دنباله ی تضعیف شده $\ell \gtrsim 1000$ ۴۳
۲-۸) توصیف آماری ناهمسانگردی ها ۴۴
۲-۹) برآورد C_ℓ ۴۶
۲-۱۰) مشاهده ی ریزموج زمینه ۴۸
۲-۱۱) هندسه ی فضایی ۵۰
۲-۱۲) ارزیابی طیف انرژی ناهمسانی زمینه میکروموج کیهانی از طریق آرکوپز ۵۱
۲-۱۲-۱) مشاهدات و پردازش اطلاعات ۵۳
۲-۱۲-۲) تجزیه و تحلیل ۵۴
۲-۱۲-۳) نتایج و آزمایشات همنواختی ۵۶
۲-۱۲-۴) تیجه گیری ۶۰
فصل ۳ ..... ۶۲
۳-۱) مدلهای کیهان شناسی ۶۲
۳-۱-۱) آنتروپی CMB و پیامدهای آن ۶۶
۳-۱-۲) تکامل زمانی دمای CMB ۶۸
۳-۲) از CMB تا مدل استاندارد کیهان شناسی ۷۱

۳-۲-۱) مدل کیهان شناسی استاندارد (SCM)..... ۷۲
۳-۲-۱-۱) همگن و همسانگردی..... ۷۲
۳-۲-۱-۲) سیالات کامل باروتروپیک (Barotropic)..... ۷۴
۳-۲-۱-۳) معادلات فریدمن- لماتر..... ۷۹
۳-۲-۲) مقدار ماده ی SCM..... ۸۳
۳-۲-۳) آینده ی جهان..... ۸۶
۳-۲-۴) گذشته ی جهان..... ۹۱
۳-۲-۴-۱) باز ترکیب هیدروژن..... ۹۲
۳-۲-۴-۲) پراکنش کولن..... ۹۶
۳-۲-۴-۳) پراکنش تامسون: سیال باریون- فوتون..... ۹۸
۳-۳) مسائل مربوط به مدل استاندارد کیهان شناسی..... ۱۰۰
۳-۳-۱) مسأله افق..... ۱۰۲
۳-۳-۲) مسأله ی انحنای فضایی..... ۱۰۵
۳-۳-۳) مسأله ی آنتروپی..... ۱۰۷
۳-۳-۴) مساله تشکیل ساختار..... ۱۰۸
۳-۳-۵) مساله تکینی (نقطه ای منفرد)..... ۱۱۰
۳-۴) فرای SCM..... ۱۱۱
۳-۴-۱) مسائل مسطح و افقی بودن..... ۱۱۲
۳-۴-۲) نوسانات کوانتومی و کلاسیک..... ۱۱۹
۳-۴-۳) مساله ی آنتروپی..... ۱۲۱
۳-۴-۴) مساله ی تمامیت ژئودزی (زمین پیمایی)..... ۱۲۵
فصل ۴..... ۱۲۷
۴-۱) طیف توان زاویه ای تابش زمینه ریز موج کیهان..... ۱۲۷

۴-۲) ویژگی های ابزاری..... ۱۳۰
۴-۲-۱) توابع دریچه..... ۱۳۲
۴-۲-۲) ویژگی های نویز ابزار..... ۱۳۳
۴-۲-۳) خطاهای سیستماتیک..... ۱۳۵
۴-۳) داده ها..... ۱۳۶
۴-۳-۱) پیش زمینه کهکشانی وخارج کهکشانی..... ۱۳۶
۴-۴) ماتریس کواریانس کامل..... ۱۴۰
۴-۵) طیف توانی ترکیبی..... ۱۴۳
۴-۵-۱) روش-Iترکیب بهینه از طیف توانی متقابل..... ۱۴۳
۴-۵-۲) روشII – نقشه آسمانی ترکیبی..... ۱۴۶
۴-۵-۳) مقایسه نتایج..... ۱۴۷
فصل ۵..... ۱۶۴
۵-۱)بحث..... ۱۶۴
۵-۲) نتیجه گیری..... ۱۶۵
۵-۳) روش برآوردطیف توانی..... ۱۶۶
پیوستها..... ۱۶۷
A-1) برآورددرجه دوم..... ۱۶۷
A-1-1)طیف توانی خودکار و متقابل از اطلاعاتWMAP..... ۱۶۸
A-1-2) انتخاب وزن..... ۱۶۹
A-2)ازروش حداکثر احتمال..... ۱۷۰
A-2-1) رابطه $C^{-1}m$..... ۱۷۳
B)کاهش منبع نقطه..... ۱۷۴
B-1)برآورد دامنه نقطه منبع..... ۱۷۴

B–2) حاشیه گذاری در دامنه منبع نقطه..... ۱۷۶
C) وزن بهینه طیف چندکاناله..... ۱۷۹
D) ماتریس فیشربرش آسمانی..... ۱۸۲
D–1)ماتریس فیشر برش آسمان: ارزیابی تحلیلی..... ۱۸۲
D–1–1) ماتریس فیشر برش آسمان در زمانی که حد نویز غالب است..... ۱۸۴
D–1–2) ماتریس فیشر برش آسمان در زمانی که حد سیگنال غالب است..... ۱۸۵
D–2) درون یابی ماتریس فیشر در برش آسمان..... ۱۸۷
D–3)طیف توان کواریانس:مونت کارلو ارزیابی..... ۱۸۸
E) برخی از ویژگی های اصلی هارمونیک کروی..... ۱۹۰
منبع و مرجع ها..... ۱۹۲

فهرست شکلها

فصل اول..... ۱

۱ ـ ۱) رابرت ودرو ویلسون و آرنو پنزایس در جلوی رادیومتر..... ۲

۱ ـ ۲) پراکنش کامپتون..... ۳

۱ ـ ۳) پراکنش کولنی..... ۳

۱ ـ ۴) نمودار همدیسی از جهان منبسط شده..... ۴

۱-۲-۱) تابش زمینه کیهانی..... ۹

۱-۳-۱) مدار WMAP..... ۱۵

۱-۳-۲) تصویر ۵ ساله ی WMAP از تابش پس زمینه ی کیهانی..... ۱۶

۱-۳-۳) وضوح های مختلف از اندازه گیری های مختلف CMB..... ۱۷

۱-۵-۱) افزایش بی نظمی های نخستین..... ۲۱

۱-۶-۱) نقشه ی کامل دوبعدی انتقال به سرخ کهکشانی..... ۲۳

فصل ۲..... ۲۶

۲-۱) طیف توانی CMB..... ۳۱

۲-۲) طیف توان پس زمینه ی ریزموج کیهانی..... ۳۸

۲-۳) طیف نظری توان CMB..... ۳۹

۲-۴) پیشگویی ویژه برای ناهمسانگردی ریزموج کیهانی..... ۴۷

۲-۵) طیف توانی تابش زاویه ای که با ماهواره WMAP..... ۵۰

۲-۶) بخش کهکشان شمالی آسمان را که در هنگام پرواز مشاهده شده است..... ۵۳

۲-۷) طیف انرژی آرکوپز..... ۵۶

۲-۸) طیف انرژی آرکوپزهمراه با خطاهای آماری..... ۵۸
۲-۹) بویژه ارزیابی های انرژی COBE/DMR..... ۶۰
فصل ۳..... ۶۲
۳-۱) گزارش داده های ناهمسانگردی CMB..... ۶۳
۳-۲) معیار فاصله به عنوان تابعی از انتقال به سرخ برای سه مختلف از جهان..... ۸۹
۳-۳) فاصله زاویه ای قطر به عنوان تابعی از انتقال به سرخ برای نمونه مشابهی..... ۹۰
۳-۴) فاصله ی تابندگی به عنوان تابعی از انتقال به سرخ برای نمونه ی مشابهی..... ۹۰
۳-۵) تکامل کسرهای بحرانی از ماده، تابش و انرژی تاریک به عنوان تابعی از لگاریتم..... ۹۱
۳-۶) کسر یونیزاسیون به عنوان تابعی..... ۹۶
۳-۷) نسبت کولن در یک تساوی وقتی $x_e = 1$ استو وقتی $x_e(T)$ است طبق معادله ی ساها... ۹۷
۳-۸) نسبت تامسون در این تساوی وقتی $x_e = 1$ است و وقتی $x_e(T)$ است از معادله ی ساها.. ۹۹
۳-۹) تصویر خلاصه شده از قطعه ای از هابل که در زمان پلانک دچار انتقال به آبی شده است.... ۱۰۳
۳-۱۰) تکامل افق ذره در SCM با تکامل ضریب مقیاس..... ۱۰۵
۳-۱۱) طیف ها برای همبستگی TT, TE ,EE..... ۱۰۹
۳-۱۲) شکل گیری افق ذره در مورد تورم..... ۱۱۵
۳-۱۳) شکل گیری لگاریتم $|\Omega_t - 1|$..... ۱۱۸
۳-۱۴) شکل گیری شعاع هابل هنگامی که طول تورم در مقدار حداقل است..... ۱۲۰
۳-۱۵) شکل گیری شعاع هابل هنگامی که طول تورم غیر حداقل است..... ۱۲۰
فصل ۴..... ۱۲۷
۴-۱)نویز موثر به عنوان یک تابع از ℓبرای۸ تجمع نسبی..... ۱۴۹
۴-۲)مجموعهای کامل طیف توانی متقابل برای زمانی که ℓ کوچکتر از ۵۰۰..... ۱۵۰
۴-۳)مجموعه مشابه طیف توانی متقابل..... ۱۵۱
۴-۴)مجموعهای مشابه از طیفهای توانی ترکیبی..... ۱۵۲

۴-۵)طیف توانی خودکارنقشه Q + V + W باسه‌طرح وزنی ارزیابی شده..... ۱۵۳
۴-۶) مقایسه طبیف توانی خودکار با طیف توانی متقابل بهینه..... ۱۵۴
۴-۷)مقایسه طیف توانی محاسبه شده با دادهها سطح دایره البروج..... ۱۵۵
۴-۸)طیف توانی نهایی زاویه ای..... ۱۵۶
۴-۹)تلفیق با اندازه گیریهای طیف توانی CDM..... ۱۵۷
۴-۱۰)طیف توانی ترکیبی WMAP درفضای خالی..... ۱۵۸
۴-۱۱)طیف توانی ترکیبی WMAP درمقایسه بامنبع طیف پیش بینی شده..... ۱۵۹
۴-۱۲)مقایسه دوطیف توانی محاسبه شده ازیک نقشه با باند مجزای V..... ۱۶۰
۴-۱۳)مقایسه طیف توانی محاسبه شده بادادههاسطح وقطب دایره البروج..... ۱۶۱
۴-۱۴)برش ازفضاسرماتریس (یا انحنا) نرمال شده..... ۱۶۲

فهرست جداول

جدول ۲-۱) محاسبات C_ℓ ۵۶
جدول ۴-۱) WMAP Power Spectrum Noise Model ۱۶۳

چکیده:

کدر بودن جهان در زمانهای اولیه در واقع مانع از دیدن مستقیم آنسوی قرمزگرایی های $z \approx 10^3$می باشد. پس تنها ابزار رسیدگی به تاریخچه اولیه جهان استفاده از نتایج مربوط به فراوانی هسته های سبک و نیز مشاهدات تابش میکروموج زمینه کیهانی است.

در سالهای اخیر با بررسی های ا نجام شده برروی تابش میکروموج زمینه کیهانی توسط ماهواره ها، دانشمندان متوجه شدند که اختلالات دمایی درحدود ۱۰تا ۱۰۰ میکروکلوین در تابش این میکروموجها در دوجهت متفاوت وجود دارد، که بنابر آن $\frac{\Delta T}{T} \approx 10^{-5}$ است. از اینرو ما در این پایان نامه قصد داریم تا با مروری بر فرایندهای فیزیکی ای که تصور می شوند تولید کننده این اختلا لات دمایی هستند، طیف توان زاویه ای تابش میکروموج زمینه کیهانی را مورد ارزیابی قرار دهیم .همچنین این مطلب را نیز باید متذکر شد که از فواعد بررسی این طیف توانی آنست که از مقایسه پیش گوییهای نظری مر بوط به این طیف توان زاویه ای با مشاهدات تجربی می توان اطلاعات کیهان شناسی مهم ی بدست آورد. بعنوان نمونه، با توجه به بستگی طیف توان زاویه ای تابش میکروموج زمینه کیهانی به پارامترهای کیهان‌شناسی، این امکان فراهم می شودتا با مقایسه طیف توانی نظری با طیف توانی مشاهده شده تابش زمینه، پارامترهای کیهان شناسی را تعیین کنیم.

فصل اول:

۱ ـ۱) تاریخچه ای از پس زمینه ی ریز موج کیهانی

تابش پس زمینه ی ریز موج کیهانی در سال ۱۹۴۸ توسط جورج گامو و رالف آلفر پیش بینی شد. علاوه بر این آنها توانستند دمای تابش ۵ کلوین را برآورد کنند. دو سال بعد آن مجدداً این دما را ۲۸ کلوین محاسبه کردند. در مورد این نتایج تحقیقات وسیعی صورت نگرفته است. فقط در اوایل ۱۹۶۰ این موارد مجدداً توسط یاکوزل دویچ کشف شد.

در همین زمان رابرت دیک به مستقل بودن این نتایج پی برد . در سال ۱۹۶۴تادوید کینسون و پیتر رول، دو نفر از همکاران دیک در دانشگاه پرینستون، ساخت رادیومتر (تابش سنج) دیک را برای اندازه گیری تابش پس زمینه ی کیهانی شروع کردند.

در سال ۱۹۶۵، آرنوپنزایس و رابرت وودر و ویلسون نیز ساخت رادیومتر دیک را آغاز کردند، آن ها خیلی دور از ویلکسون و رول در کرافورد هیل واقع در آزمایشگاه های تلفن بل در نیوجرسی بودند . آن ها قصد داشتند از این رادیومتر برای نجوم رادیویی (رادیو اختر شناسی) و آزمایشات ارتباط ماهواره ای استفاده کنند. این رادیومتر دارای دمای آنتن اضافی ۳/۵ کلوین بود به طوریکه آن ها نمی توانستند علت آن را درک کنند.

انرژی این نویز کمتر از تابشی بود که از راه شیری می آمد و علاوه براین همسانگرد بود . آن ها این طور تصور می کردند که این دستگاه در معرض اختلالات منابع زیرزمینی قرار می گیرد. در ابتدا فکر کردند که نویز آن ها از شهر نیویورک است . اما طولی نکشید که این فرضیه رد شد . سپس آن ها آنتن شان را بررسی کردند و متوجه شدند که پر از فضله های کبوتر است و فکر کردند که این نویز به خاطر کبوترهاست. اما پس از تمیز کردن آنتن و کشتن تمام کبو ترها، نویز باقی ماند . پس از رد تمام منابع ممکن برای نویز، پنزاس و ویلسون یافته های خود را منتشر کردند . سیگنالی که آن ها در حال دریافت آن بودند کمی پس از انتشارشان، با پس زمینه ی ریزموج کیهانی شناسایی شد.

به پنزایس و ویلسون در سال ۱۹۷۸ به خاطر این کشف جایزه نوبل اعطا شد.

(شکل۱-۱)رابرت ودرو ویلسون و آرنو پنزایس در جلوی رادیومتر دیک خود.

تفسیر آن ها از پس زمینه ی ریز موج کیهانی در دهه ی ۱۹۶۰ به شدت مورد بحث و اختلاف قرار گرفت.

طرفداران نظریه ی حالت دائم، مدلی که در آن یک ماده ی جدید در هنگام گسترش جهان، به ط ور دائم ایجاد می شود، ادعا کردند که CMB در نتیجه پراکنده شدن نور ستارگان از کهکشان های دور است . اما ارزیابی های جدید در دامنه ای از فرکانس ها ثابت کرد که طیف پس زمینه ی ریزموج یک طیف جسم سیاه است و نظریه ی حالت دائم قادر به تولید مجدد این نتیجه نیست . بنابراین یک اتفاق نظر، در طی دهه ی ۱۹۷۰ شکل گرفت مبنی براین که CMB، باقی مانده ی انفجار بزرگ است[1].

هریسون، پیبل ویو و زلدویچ متوجه شدند که جهان اولیه باید از ناهمگنی های کوچک برخوردار بوده باشد. این ناهمگنی های در نهایت به ناهمسانگردهای کوچک در پس زمینه ی ریزموج کیهان منتهی خواهد شد. ناهمسانگردی پس زمینه کیهانی در ابتدا توسط ماهواره ی COBE شناسایی شد. از زمان این