بسم الله الرحمن الرحیم

دانشگاه آزاد اسلامی

واحد تهران مرکزی

دانشکده علوم، گروه فیزیک

پایان‌نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد (M.Sc)

گرایش: فیزیک نجوم

عنوان:

گرانش f(R) جهان‌شامه‌ای

استاد راهنما:

جناب دکتر حمید رضا سپنجی

استاد مشاور:

جناب دکتر شهرام جلال‌زاده

پژوهشگر:

سارا رضایی قوام‌آبادی

بهمن ۱۳۹۰

تقدیم به:

پدر و مادر مهربان و دلسوزم

تشکر و قدر دانی:

از اساتید راهنما و مشاور بزرگوارم ، **جناب آقای دکتر حمید رضا سپنجی** و **جناب آقای دکتر شهرام جلال زاده** که با راهنمایی های بی شائبه شان مرا در این امر یاری فرمودند کمال تشکر و قدر دانی را دارم.

همچنین از پدر و مادر خوبم نهایت تشکر را دارم.

بسمه تعالی

تعهد نامه اصالت پایان نامه کارشناسی ارشد

اینجانب سارا رضائی قوام آبادی دانشجوی کارشناسی ارشد رشته فیزیک نجوم

با شماره دانشجویی ۸۸۰۶۵۱۲۴۱۰۰ اعلام می نمایم که کلیه مطالب مندرج در این پایان نامه

با عنوان : گرانش $f(R)$ جهان شامه ای

حاصل کار پژوهشی خود بوده و چنانچه دستاوردهای پژوهشی دیگران را مورد استفاده قرار داده باشم، طبق ضوابط و رویه های جاری، انرا ارجاع داده و در فهرست منابع و ماخذ ذکر نموده ام، علاوه بر آن تاکید می نماید که این پایان نامه قبلا برای احراز هیچ مدرک هم سطح، پایین تر یا بالاتر ارائه نشده و چنانچه در هر زمان خلاف آن ثابت شود، بدینوسیله متعهد می شوم، در صورت ابطال مدرک تحصیلی ام توسط دانشگاه، بدون کوچکترین اعتراض آنرا بپذیرم.

تاریخ و امضاء

بسمه تعالی

در تاریخ : ۱۳۹۰/۱۱/۲۵

دانشجوی HV; آقای / خانم سارا رضائی قوام آبادی از رساله خود دفاع نموده

و با نمره بحروف و با درجه

مورد تصویب قرار گرفت.

امضاء استاد راهنما

بسمه تعالی

دانشکده .....

****

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

نام واحد دانشگاهی: تهران مرکزی کد واحد:۱۰۱	**کد شناسایی پایان نامه:** ۱۰۱۳۰۲۲۴۸۹۲۰۰۳
عنوان پایان نامه: گرانش F(R) جهان شامه ای	
نام و نام خانوادگی دانشجو: سارا رضائی قوام آبادی **شماره دانشجویی:** ۸۸۰۶۵۱۲۴۱۰۰ **رشته تحصیلی:** فیزیک نجوم	**تاریخ شروع پایان نامه:** زمستان ۱۳۸۹ **تاریخ اتمام پایان نامه:**زمستان ۱۳۹۰
استاد / استادان راهنما: دکتر حمید رضا سپنجی **استاد / استادان مشاور:** دکتر شهرام جلال زاده	
آدرس و شماره تلفن:	

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

در سال های اخیر نظریه های جهان شامه ای مورد توجه ویژه قرار گرفته اند. در این نظریه ها ، جهان چهار بعدی قابل مشاهده به صورت یک رویه در یک فضای پنج بعدی که هندسه آن آنتی دو سیتر است در نظر گرفته می شود . هندسه جهان پنج بعدی این امکان را می دهد که گرانش در اطراف رویه چهار بعدی باقی بماند. ضمنا ماده معمولی که روی جهان چهار بعدی قرار دارد نمی تواند وارد فضای پنج بعدی که به آن فضای توده می گویند وارد شود ولی گرانش می تواند و همانطور که در بالا اشاره شد در اطراف شامه باقی می ماند و به طور نهایی دور از شامه به سمت صفر می رود. چنین نظریه هایی موفق به توصیف مسئله سلسله مراتب یعنی اختلاف عظیمی که بین قدرت چهار نیروی طبیعی وجود دارد، شده است . از طرف دیگر معادلات دینامیکی حاصل از چنین نظریه هایی یعنی معادلات فریدمان، شامل جملاتی هستند که در مدل استاندارد کیهانشناسی به چشم نمی خورند و وجود چنین جملاتی به یک توصیف هندسی از یک ماده کمک می کند . همچنین در سال های اخیر نظریات گرانشی که بر پایه جایگزینی جمله R در کنش انیشتن – هیلبرت با F(R) عرضه شده اند توجه زیادی را به خود معطوف کرده اند . در این پایان نامه با کنش F(R) در فضای توده شروع می کنیم و سپس معادلات حاصل از چنین کنشی را در فضای شامه بدست می آوریم. تبعات کیهانشناسی از چنین مدلی را نیز مورد بحث قرار می دهیم.

نظر استاد راهنما برای چاپ در پژوهش نامه دانشگاه **مناسب است** / **مناسب نیست** **تاریخ و امضا:**

فهرست

عنوان **صفحه**

مقدمه ۱

فصل اول: کیهان‌شناسی ۸

۱-۱ تصویر ما از کیهان..... ۹

۱-۲ اصول کیهان شناسی ۱۰

۱-۳ کیهانشناسی FRW..... ۱۲

۱-٤ تحول عالم با محتوای شاره‌ی کامل ۱٤

۱-۵ شواهدی در مورد شتاب مثبت جهان ۱۷

۱-٦ مشاهداتی کیهانی و نجومی..... ۲۰

۱-۷ انرژی تاریک..... ۲٤

۱-۷-۱ فاصله درخشندگی..... ۲٤

۱-۷-۲ رصد ابرنواختر a I (SNIa)..... ۲۸

۱-۷-۳ عمر عالم و ثابت کیهانشناسی ۲۹

۱-۸ ثابت کیهانشناسی و مشکلات آن ۳۲

فصل دوم: معادلات اینشتین تصویر شده روی شامه ۳۸

مقدمه: ۳۹

۲-۱ چرایی ابعاد اضافی..... ۳۹

۲-۲ معادلات اینشتین تصویر شده روی شامه: ٤۱

فصل سوم: گرانش $f(R)$ جهان شامه‌ای ٤٦
چکیده: ٤٧
٣-١ نظریه $f(R)$ ٤٧
٣-٢ معرفی: ٥٠
٣-٣ معادلات میدان موثر روی شامه ٥٢
٣-٤ راه حل‌های $f(R)=R^n$ ٥٦
٣-٥ راه‌حل‌های کیهانشناسی ٥٨
نتیجه‌گیری: ٦١
پیوست (الف) ٦٢
پیوست (ب) ٦٥
پیوست (پ) ٧٠
منابع و مأخذ: ٧٤

چکیده

در این پایان نامه ابتدا به مقدمه‌ای از نسبیت خاص و نسبیت عام اینشتین و چرایی استفاده از نظریات تعمیم یافته و بخصوص نظریه f(R) می‌پردازیم. سپس در فصل اول به کیهانشناسی و بحث در مورد مشکلات آن خواهیم پرداخت تا بخش عمده‌ای از انگیزه‌ها برای نظریات تعمیم یافته را بررسی کنیم. بعد از آن، در فصل دوم معادلات اینشتین روی شامه[1] را بررسی می‌کنیم. در مدل ارائه شده، با در نظر گرفتن گرانش f(R) روی توده[2] و تصویر توده روی شامه، معادلات میدان روی شامه بدست می‌آیند. در آخر به بررسی معادلات f(R) روی شامه برای دو حالت راه حل متقارن کروی و راه حل کیهان شناسی می‌پردازیم و به این نتیجه میرسیم که راه حل متقارن کروی برای توضیح منحنی های چرخشی کهکشان و راه حل کیهانشناسی برای توضیح رفتار فاکتور مقیاس در زمان های قدیم به کار می رود.

[1] . Brane
[2] . Bulk

مقدمه

در سال ۱۹۰۵ اینشتین نظریه نسبیت خاص[1] خود را کامل کرد که این نظریه گرانش نیوتن را با چالش جدی روبرو می‌کرد. به نظر می‌رسید نسبیت خاص باید بگونه‌ای تعمیم داده شود تا بتواند چارچوب های غیر اینرسی را نیز شامل شود. در سال ۱۹۰۷ انیشتین هم ارزی بین گرانش و اینرسی را مطرح نمود و توانست با استفاده از آن پدیده انتقال به سرخ[2] را پیش بینی کند. بالاخره در ۱۹۱۵ نظریه نسبیت عام را ارائه کرد که تعمیمی از نسبیت خاص بود و گرانش را نیز در برداشت.

نظریه نسبیت عام[3] استاندارد اینشتین بدون شک یکی از معتبرترین و با اهمیت‌ترین نظریه‌هایی است که تا کنون مطرح شده است، این نظریه برای توصیف بسیاری از مشاهدات کیهانشناسی کارآمد بوده و می‌باشد. البته محدودیت‌هایی نیز داشته که دانشمندان را به فکر واداشته تا پیشنهاداتی برای اصلاح و تکامل این نظریه ارائه کند. در نسبیت عام استاندارد، دانشمندان برای توجیه برخی از مسایل از جمله انبساط شتابدار کیهان در عصر حاضر- که از مشاهدات اخیر در کیهانشناسی مستقیماً اثبات می‌شود- و همچنین تورم[4] در جهان اولیه مفاهیمی مانند انرژی تاریک[5] و ماده تاریک[6] را تعریف می‌کنند که بنا بر این نظریه، این اجزا حدود 96% از جهان را اشغال نموده اند. اگر چه تا کنون دلیل قطعی مبتنی بر مشاهدات مستقیم برای اثبات وجود این اجزا در کیهان بدست نیامده است. حتی اگر بتوان در آینده بنابر بعضی فرضیات ماده تاریک را بر پایه وجود برخی ذرات ابر متقارن پایدار مشاهده نمود هنوز 70% از کیهان که توسط انرژی تاریک اشغال شده است همچنان مبهم و مورد سؤال است. امروز، در پایان دهه اول قرن ۲۱ میلادی، مدل استاندارد کیهانشناسی می‌تواند تا حد بسیار خوبی مشاهدات تجربی از کیهان را توصیف کند. مشاهداتی مانند تابش پس‌زمینه کیهانی،

---

1 . Special gravity
2 . Red shift
3 . General relativity (GR)
4 . inflation
5 . Dark energy
6 . Dark matter

هسته‌زایی، فراوانی عناصر اولیه در کیهان، تشکیل ساختارهای بزرگ مقیاس کیهانی، دوره‌های متفاوت کیهانشناسی و دینامیک تحول کیهان در چارچوب این مدل توصیف می‌شوند. از طرف دیگر سؤالاتی مانند ماهیت مؤلفه‌های تاریک تشکیل دهنده کیهان و یا مشکل تکینگی‌های گرانشی و ... از سؤالاتی است که در برابر مدل استاندارد کیهانشناسی قرار دارد. یکی از سؤالات باز در کیهانشناسی، مشاهده انبساط تند شونده کیهان و عامل این انبساط است. اندازه‌گیری فواصل کیهانی مانند مشاهده ابرنواخترهای نوع یک به عنوان شمع استاندارد و یا اندازه‌گیری خط‌کش‌های استاندارد کیهانی مانند قله‌های طیف توان تابش پس‌زمینه کیهانی و یا نوسانات اکوستیکی باریون‌ها نشان می‌دهند که کیهان در فاز تند شونده قرار دارد. از طرف دیگر مشاهدات مربوط به ساختارهای بزرگ مقیاس کیهانی، در تطابق خوبی با مدل‌های تئوری انبساط تند شونده کیهان دارد. پس از مشاهدات ابرنواخترهای نوع یک در سال ۱۹۹۸، مدل‌های نظری بسیاری برای توجیه این پدیده مطرح شده است. ثابت کیهانشناسی، ساده‌ترین جواب مسئله است که می‌تواند این مشکل را حل کند. اما مسائلی مانند تنظیم ظریف، تطابق کیهانی و تفاوت انرژی خلاء از نظریه‌های میدان‌های کوانتومی با مقدار حاصل از مشاهدات، باعث شده است که مدل‌های جایگزینی برای ثابت کیهانشناسی مطرح شود. مدل‌های جایگزین ثابت کیهانشناسی را در دو دسته کلی زیر می‌توان دسته‌بندی کرد:

الف) مدل‌های انرژی تاریک:

در این دسته از مدل‌ها، کیهان از سیال کاملی با فشار منفی تشکیل شده است که در مقیاس‌های کیهانی همگن است. معادله حالت خاص این سیال کیهانی، دینامیک تند شونده کیهان را ایجاد می‌کند. همانند زمان تورم، این انبساط نیز از میدان اسکالری به دست می‌آید، که جرم آن از مرتبه پارامتر هابل در زمان حال است. یکی از مهم‌ترین تمایزهای این مدل با ثابت کیهانشناسی این است که معادله حالت این سیال می‌تواند تابعی از زمان باشد، به طوری که مشکل تطابق کیهانی را بتواند به

این طریق حل کند. البته مسئله منشأ این میدان اسکالر چالش اصلی این مدل‌هاست. رصدهای آینده‌ی کیهانشناسی، مانند ابرنواخترهای نوع یک، نوسانات اکوستیکی باریون‌ها، همگرایی ضعیف کیهانی و شمارش کهکشان‌ها می‌تواند قیدهای بسیار دقیقی بر روی دینامیک معادله حالت انرژی تاریک بگذارند.

ب) مدل‌های گرانش تعمیم یافته:

یکی دیگر از مدل‌های جایگزین ثابت کیهانشناسی، مدل‌های گرانش تعمیم یافته است. گرانش اولین نیرو از ٤ نیروی بنیادی فیزیک است که کشف و فرمولبندی شد. علاوه بر این، گرانش ملموس‌ترین نیرو در زندگی روزمره است ولی هنوز ناشناخته‌ترین نیرو باقی مانده است. گالیله در اواخر قرن ١٦ میلادی اولین آزمایش مدرن را برای شناخت گرانش (آزمایش آونگ) انجام داد. این آزمایش از اولین قدم‌ها در فیزیک به عنوان یک علم تجربی بود. البته مهم‌ترین اتفاق در مورد شناخت و فرمولبندی گرانش، پس از یونان باستان، در سال ١٦٦٥ توسط ایزاک نیوتن[1] انجام شد. قانون عکس مجذوری[2] توانست قانون جاذبه را برای اجرام آسمانی و زمینی در یک چارچوب یکسان تعریف کند و پیش‌بینی‌های متفاوتی را برای آزمایش این قانون در مقیاس‌های مختلف ارائه دهد. البته به جز قانون عکس مجذوری، نیوتن دو اصل مهم مرتبط با گرانش را نیز وضع کرد:

الف) فضا به صورت ظرف مطلقی در نظر گرفته شد که تمام رویدادهای فیزیکی در آن انجام می‌شد و خود بدون تغییر و ثابت می‌ماند.

ب) اصل برابری جرم گرانشی و جرم اینرسی است که با بیان امروزی اصل هم‌ارزی ضعیف[3] است. قانون جاذبه نیوتن به مدت دو قرن، تمام مشاهدات و شواهد تجربی در مورد گرانش را با دقت بسیار

[1] . Isaac Newton
[2] . Inverse Square Law
[3] . Weak Equivalence Principle

خوبی جواب داد. در سال ۱۸۵۵ اوربین لو ویریر[۱] در مدار عطارد به مقدار ۳۵ ثانیه قوسی با پیش‌بینی نظریه نیوتنی اختلاف دید. این اندازه‌گیری به صورت دقیق‌تر در سال ۱۸۸۲ توسط سیمون نیوکمب[۲] انجام شد و میزان اختلاف به ٤۳ ثانیه قوسی رسید. ویریر در همان زمان ادعا کرد که سیاره دیگری در مدار داخلی عطارد قرار دارد که باعث این عدم تطابق در مشاهده می‌شود. همانطوری که وی و همچنین جان کوچ آدامز[۳] در سال ۱۸٤٦ نپتون را توسط انحراف مداری اورانوس کشف کرده بودند. علاوه بر مشاهده تجربی، از نظر فلسفی نیز ارنست ماخ[٤] جمله‌ای را بیان کرد که بعدها به عنوان اصل ماخ، گرانش نیوتنی را به چالش کشید. اصل ماخ به این صورت بیان می‌شود که: «منشأ جرم لختی از اندرکنش با سایر اجرام به دست می‌آید.» اصل ماخ مهم‌ترین چالش فکری برای نظریه نیوتن از زمان بحث‌های لایبنیز[٥] و کلارک[٦] (به عنوان نماینده نیوتن) بود.

بعدها دیکی[۷] اصل ماخ را به این صورت بیان کرد: «ثابت گرانشی می‌تواند تابعی از جرم کل کیهان باشد.» این برداشت از اصل ماخ در تضاد کامل با جهانشمول[۸] بودن ثابت گرانش است. اما مهم‌ترین اتفاق برای نظریه گرانش در سال ۱۹۰۵ و با نسبیت خاص اینشتین به وقوع پیوست. نسبیت خاص مفاهیم بنیادی تبدیلات و سرعت‌ها را که توسط گالیله و نیوتن وضع شده بود را به چالش کشید. در سال ۱۹۰۷ اینشتین با استفاده از هم‌ارزی گرانش و دستگاه لخت، انتقال به سرخ گرانشی را پیش‌بینی کرد و سرانجام در سال ۱۹۱۵ با تعمیم نظریه نسبت خاص به دستگاه‌های شتابدار، نظریه نسبیت عام را به دست آورد و پس از ۲۵۰ سال جایگزینی برای نظریه گرانشی نیوتن شد. اگر چه نسبیت عام با تمام آزمایشات و شواهد رصدی تطابق خوبی دارد، ولی نظریه نیوتن همچنان به عنوان حدی از این

---

1. Urbain Le Verrier
2. Simon Newcomb
3. John Couch Adams
4. Ernest Mach
5. Leibnitz
6. Clark
7. Dicke
8. Universality

نظریه قابل استفاده است. نظریه نسبیت عام اینشتین، دیدگاه مطلق بودن فضا را به عنوان ظرف بدون تغییر رویدادها کنار گذاشت، در حالی که اصل هم‌ارزی همچنان در این نظریه وجود دارد.

امروزه نیز دست کم به ٤ دلیل می‌توان نظریه نسبیت عام را مورد پرسش و چالش قرار داد:

الف) امروز مشاهدات رصدی در مقیاس کیهانی دال بر وجود ماده و انرژی تاریک دارد به طوری که 96% از مؤلفه‌های تشکیل دهنده انرژی ـ تکانه کیهان را نمی‌شناسیم. از آنجایی که گرانش را در قالب نسبیت عام تا مقیاس‌های منظومه شمسی تست کردیم، این سؤال مطرح می‌شود که آیا واقعاً نظریه نسبیت عام اینشتینی، نظریه صحیح کلاسیک در مقیاس کهکشانی و یا فراکهکشانی هست یا خیر؟ با توجه به ماده معمولی که ٤ شرط انرژی را ارضا می‌کند و در قالب نسبیت عام، کیهان همواره در فاز انبساط کند شونده قرار خواهد گرفت، این بدان معنا است که برای توجیه مشاهدات رصدی مربوط به انبساط تند شونده یا باید یکی از شرایط انرژی را نقض کرد و یا نسبیت عام اینشتینی را تعمیم داد.

ب) مسئله تطابق با میدان‌های کوانتومی، چالش دیگری برای نسبیت عام می‌تواند باشد. در مقیاس‌های بسیار کوچک (ابعاد پلانک) و جرم بسیار بالا، دو نظریه نسبیت عام و کوانتوم در نظریه واحد جمع نمی‌شوند. نسبیت عام ذرات را بدون خاصیت کوانتومی می‌بیند و نظریه میدان‌های کوانتومی بر روی فضا ـزمان تخت (و یا خمیده) نوشته می‌شوند که نسبیت عامی نیست. مسئله نظریه واحد گرانش کوانتومی می‌تواند سؤالی باشد برای درجه اعتبار نسبیت عام به عنوان نظریه کلاسیک گرانش.

ج) مسئله یکتایی نظریه نسبیت عام: آیا کنش اینشتین ـ هیلبرت تنها گزینه گرانش کلاسیک است؟

د) مسئله ثابت کیهانشناسی قدیم، ممکن است راه حلی در تعمیم گرانش اینشتینی داشته باشد، بدین معنا که با تعمیم گرانش بتوان اثر انرژی خلاء را از معادلات میدان حذف کرد.

مدل‌هایی که فرض می‌کنند که گرانش در مقیاس‌های کیهانی و چگالی‌های کم، رفتار متفاوتی از گرانش اینشتینی دارد، نمونه‌ای از مدل‌های f(R) و یا مدل‌های کیهانشناخت شامه‌ای است. یکی از مهم‌ترین سؤالات این است که آیا گرانش اینشتینی نظریه صحیح گرانش در مقیاس‌های کیهانی است یا نه؟ از آنجا که مدل‌هایی از گرانش تعمیم یافته می‌توانند دینامیک انبساط تند شونده کیهانی را تولید کنند. از این رو مشاهدات کیهانشناسی که بتوانند انحراف از کنش اینشتین ـ هیلبرت را نشان دهند، از اهمیت برخوردار است.

گروهی بر این معتقدند که با اعمال تغییراتی در کنش استاندارد می‌توان بسیاری از مسائل موجود را که نسبیت عام قادر به توجیه آن نیست به راحتی حل نمود. همچنین اخیراً محاسبات بسیاری انجام شده است که نشان می‌دهد وقتی تصحیحات کوانتومی و یا نظریه ریسمان در نظر گرفته شود آنگاه کنش گرانشی کلاسیک نیز باید شامل مرتبه های بالاتری از اسکالر انحنا(R) باشد.

از بین نظریه های تصحیح شده گرانشی ارائه شده، نظریه f(R) [۱] در توضیح شتاب جهان و ماده تاریک بسیار توانمند است. عملاً:

۱. نظریه ی f(R) راه حل های گرانشی برای انرژی تاریک ارائه می‌دهد. [۳ و ۲]

انبساط شتابدار عالم به صورت ساده با در نظر گرفتن گسترش جهان در جاهایی که جملاتی مثل 1/R در انحناهای کوچک خودشان را نشان می‌دهند توضیح داده می‌شود. [٤]

۲. نظریه f(R) به خوبی تورم عالم اولیه و شتاب کنونی عالم را توصیف می‌کند. این با در نظر گرفتن جملاتی از f(R) که در انحناهای کوچک یا بزرگ خودنمایی می‌کنند به خوبی امکان پذیر است. قابل ذکر است که نظریه ریسمان تعدادی از مدل های f(R) را پیش بینی می‌کند.[۵]

۳. نظریه f(R) می‌تواند به عنوان یک پایه برای توصیف یگانه‌ای از انرژی تاریک و ماده تاریک در نظر گرفته شود. برخی پدیده های کیهان شناسی مثل منحنی چرخش کهکشان ها[1] می‌توانند در نظریه f(R) توصیف شوند. [۷ و ٦]

٤. نظریه f(R) به خوبی تحول جهان را از یک جهان شتابدار با شتاب منفی به یک جهان شتابدار با شتاب مثبت توصیف می‌کند. [۹و ۸]

۵. انتظار می‌رود که گرانش f(R) در انرژی های بالا مفید واقع شود. برای مثال در توصیف مسئله hierarchy یا سلسله مراتب.

٦. مدل هایی از f(R) وجود دارند که با مدل استاندارد گرانش در تست منظومه شمسی در رقابتند. در واقع آزمون های بسیار دقیق با استفاده از داده های مشاهده شده برای این مدل‌ها ضروری به نظر می‌رسد. در [۱۰] بیشتر به این موضوع پرداخته شده است.

[1] . Galaxy Rotation curves

فصل اول

کیهان شناسی

نسبیت عام در توصیف ساختار طبیعت در ابعاد کیهانی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. کیهانشناسی[1] شناخت و توصیف عالم با استفاده از قوانین فیزیک است و منظور از عالم یک پدیده‌ای واحد است که ساختار و تحول کلی آنرا بررسی می‌کنیم.

با توجه به اینکه دیگر نیروهای طبیعت در مقایسه با گرانش بسیار کوتاه برد هستند، فقط مقادیر میانگین آنها در این ابعاد ظاهر می‌شود. بنابراین گرانش باید بتواند تحول جهان را توضیح دهد.

۱-۱ تصویر ما از کیهان

امروزه در ابتدای دهه دوم قرن ۲۱ میلادی، تصویر انسان از عالمی که در آن زندگی می‌کند به شدت از آنچه در سده‌ها و حتی دهه‌های قبلی می‌انگاشت، فاصله دارد. در قرن ۲۰ میلادی با دو نظریه نسبیت عام و مکانیک کوانتومی، بزرگ‌ترین جهش انسان در شناخت از طبیعت اتفاق افتاده است، که این شناخت با ساختن ابزارهای آزمایشی، که موفق‌ترین نمونه‌های آن تلسکوپ‌های فضایی و شتاب‌دهنده بزرگ هادرونی در سرن[2] است وارد مرحله جدیدی شده است. امروز می‌دانیم که زمین سیاره‌ای است که به دور یک ستاره معمولی از $۱۰^{۱۱}$ ستاره‌ی کهکشان راه شیری که در فاصله 8kpc یا 25000lyr از مرکز کهکشان با سرعت v~220km/s در حال چرخش است قرار دارد. راه شیری نیز، یکی از میلیاردها کهکشان موجود در کیهان است. امروز ۹۰ سال از بحث‌های جدل‌انگیز شاپلی[3] و کرتیس[4] درباره مقیاس کیهان و آیا این که کل کیهان در کهکشان راه شیری خلاصه می‌شود یا خیر گذشته است. امروز به کمک رصد امواج الکترومغناطیس در طول موج‌های مختلف، تصویری متفاوت از آنچه نیوتن آن را فضای ایستا می‌دانست، داریم. با رصد اجرام کیهانی فراتر از کهکشان راه شیری،

---

1. Cosmology
2. Large Hardron Collider
3. Shapley
4. Curtis

دریافته‌ایم که کیهان در حال انبساط تند شونده است. کهکشان‌ها به عنوان بلوک‌های سازنده کیهـان از هم دور می‌شوند و علاوه بر آن تقریب خوبی می‌دانیم که این انبساط 13.7 میلیارد سال قبـل، از یـک انفجار بزرگ (مهبانگ) آغاز شده است.

فضا و زمان اینشتینی، ظرف مطلق و ثابتی نیست که رویدادهای فیزیکی در آن رخ می‌دهند بلکه خود دارای دینامیک است. نسبیت عام، هندسه فضا و زمان را به انرژی و تکانه مواد تشکیل دهنـده کیهـان ربط داده است. اما داستان به اینجا ختم نمی‌شود زیرا امروز بر اساس شواهد رصدی فقط فیزیک 4% از کل انرژی و ماده کیهان را که شامل انسان، زمین، ستاره‌هـا و کهکـشان‌هـا اسـت را مـی‌تـوانیم بـا مدل‌های استاندارد فیزیک قرن گذشته توضیح دهیم و مابقی 96% کیهـان از مؤلفـه‌هـای ناشـناخته‌ای تشکیل شده است که امروزه آن را ماده و انرژی تاریک می‌نامیم.

اگر چه امروز کیهانشناسی با سؤالات اساسی روبروست که همان سؤالات فیلـسوفان یونـان قـدیم در مورد منشأ کیهان و مواد تشکیل دهنده آن است و اطلاعات مـا از کیهـان هماننـد دوران طلایـی آتـن ناچیز است، اما از طرفی به دلیل تمام ابزارهای رصدی موجود در حال و آینده نزدیـک، کیهانـشناسی به یک علم دقیق و تجربی بیش از پیش نزدیک می‌شود و به بیانی دیگر حجم وسیع اطلاعـاتی را کـه امروز از کیهان داریم ما را در عصر طلایی کیهانشناسی قرار داده است.

۱-۲ اصول کیهان شناسی

در قرون وسطی تصور بر این بود که عالم یک مجموعه ی ثابت است که زمین مرکز آن است و همه چیز از جمله ماه، خورشید، سیارات و دیگر ستارگان در مدارهای دایره‌ای حول آن می‌چرخند. بعدها کوپر نیکوس این تصور را با جانشین کردن خورشید به جای زمین در مرکز عالم تغییر داد. با تکنیـک های مشاهده ای، مرکز عالم به تدریج دورتر و دورتر شد تا اینکه امروزه ما معتقدیم که هیچ مرکـزی برای عالم نیست. حتی تا قبل از سال ۱۹۲۰ تصور بر این بود که کهکـشان راه شـیری تنهـا کهکـشان