

درس گفتار

# دوره‌ی آشنایی مقدماتی با نظریه‌ی نسبیت عام انیشتین



ارائه کننده: دکتر فرهنگ لران

تهیه کننده: مریم اشرفی

## فضا-زمان

### ❖ چگونگی شکل‌گیری یک نظریه

یکی از سؤال‌هایی که در بررسی فرآیند شکل‌گیری یک نظریه مطرح می‌شود این است که، برای توصیف جهان ابتدا آزمایش انجام می‌دهیم و سپس با تحلیل داده‌های آزمایش نظریه می‌سازیم، یا این که ابتدا طرح کلی نظریه در ذهن پژوهش‌گر وجود دارد سپس او با توجه به آن، از آزمایش‌گر تقاضا می‌کند که صحت درستی آن را مورد بررسی قرار دهد. به عنوان مثال نظریه‌ی مربوط به سقوط آزاد را در نظر بگیرید. در این مورد نظریه‌پرداز ابتدا چندین بار جسمی را در مجاورت زمین پرتاب می‌کند سپس داده‌ها را جمع‌آوری و دسته‌بندی می‌کند و در نهایت نظریه‌ی مربوط به گرانش را فرمولبندی می‌کند، یا اینکه نظریه‌پرداز کاملاً برعکس عمل می‌کند. یعنی او ابتدا با مشاهده‌ی سقوط اجسام در مجاورت زمین، یک نظریه برای جهان در نظر می‌گیرد. نظریه پرداز فرض می‌کند در این جهان جاذبه وجود دارد، سقوط آزاد رخ می‌دهد و کمیت‌هایی به نام مکان و زمان وجود دارند. با محاسبه‌ی تغییرات مکان نسبت به زمان کمیتی به نام سرعت تعریف می‌کند. همچنین با محاسبه‌ی تغییرات سرعت نسبت به زمان کمیتی به نام شتاب معرفی می‌کند. سپس با به‌کارگیری این مفاهیم، یک رابطه‌ی ریاضی برای توضیح سقوط آزاد اجسام ارائه می‌دهد و در پایان از آزمایش‌گر تقاضا می‌کند، مطابق دستورالعملی که به او می‌دهد، کمیت‌های قابل اندازه‌گیری نظریه را اندازه‌گیری کند و صحت درستی روابط را مورد بررسی قرار دهد.

در نگاه اول به نظر می‌رسد که هر دو امکان وجود دارد. اما مطالعه‌ی فرآیند به‌وجود آمدن نظریه‌های موجود، ظاهراً گویای این واقعیت است که ابتدا نظریه‌پرداز به مدل‌سازی پدیده‌ی مشاهده شده می‌پردازد سپس درستی مدل را از طریق آزمایش مورد بررسی قرار می‌دهد و پس از انجام آزمایش، نقاط ضعف نظریه مشخص شده و نظریه‌پرداز به اصلاح نظریه می‌پردازد. با گذشت زمان و پیشرفت تجهیزات آزمایش‌گاهی ممکن است به این نتیجه برسیم که این مدل ناکارآمد است و مدل‌های بهتری را جایگزین آن کنیم.

*در درک پدیده‌ها، آزمایش‌ها برای ما فهم ایجاد نمی‌کنند بلکه این مدل‌ها هستند که برای ما فهم ایجاد می‌کنند.*

بدین ترتیب ابتدا نظریه‌ها ساخته می‌شوند و این نظریه‌ها هستند که سؤال مطرح می‌کنند. سپس ما برای یافتن پاسخ این سؤالات در آزمایش‌گاه، آزمایش انجام می‌دهیم.

## ❖ طرح چند سؤال در مورد مفهوم فضا و زمان

▪ آیا در جهان تهی از هر نوع ماده‌ای فضا وجود دارد؟

پاسخ نسبت عام اینشتین به این سؤال مثبت است. جواب معادله‌ی اینشتین برای جهان تهی از هر نوع ماده و انرژی، فضای تخت مینکوفسکی است.

▪ آیا فضا-زمان پیوسته است؟

گسسته بودن زمان به این معنا است که زمان مانند اعداد طبیعی شمارش‌پذیر است و از واحدهای بسیار ریزی تشکیل شده است. پیش‌بینی فعلی فیزیک این است که کوچکترین واحد زمانی  $10^{-43}$  ثانیه است.

▪ آیا زمان آغاز دارد؟

در نظریه‌ی مهبانگ آغاز زمان  $t=0$ ، لحظه‌ی انفجار بزرگ است. در این نظریه ابتدا فضا و زمان سپس ماده و انرژی به وجود آمدند. این نظریه جهان را به ساده‌ترین شکل توضیح می‌دهد. در چارچوب این نظریه می‌توان به سوال‌های زیادی از جمله نسبت هیدرژن به هلیوم، عمر ستاره‌ها و نحوه‌ی شکل‌گیری کهکشان‌ها پاسخ داد.

در این نظریه، عالم از یک نقطه‌ی داغ و بسیار چگال شروع شده و سپس با سرعت بسیار زیاد شروع به انبساط نموده است. برای درک انبساط عالم موجوداتی که روی یک بادکنک زندگی می‌کنند را در نظر بگیرید. هنگامی که بادکنک را باد می‌کنیم جهان این موجودات منبسط می‌شود، اما چون در این جهان همه‌چیز منبسط می‌شود این موجودات متوجه انبساط نمی‌شوند.

▪ آیا فضا-زمان صلب است یا دینامیک دارد؟

در نسبیت گالیله‌ای اعتقاد بر این است که فضا، مطلق است. فضای مطلق معیار لختی است. چیزی که نسبت به فضای مطلق دارای سرعت ثابت باشد لخت و در غیراین صورت نالخت نامیده می‌شود و حرکت آن شتاب‌دار است. همه‌ی اجسام می‌توانند با فضای مطلق اندرکنش داشته باشند اما در اثر این اندرکنش تغییری در فضای مطلق ایجاد نمی‌شود. درحالی که در نسبیت عام فضا مطلق نیست و فضا-زمان تحول دارد.

## ❖ اندازه‌گیری فاصله

میله‌ی صلبی را در نظر بگیرید. می‌خواهیم طول این میله را اندازه‌گیری کنیم. یکی از راه‌های اندازه‌گیری طول میله این است که با به‌کارگیری خط‌کشی که نسبت به میله ساکن است طول آن را اندازه بگیریم. مشکل این روش این است که برای اطمینان از ساکن بودن خط‌کش نسبت به میله باید زمان بی‌نهایت صرف شود. زیرا ممکن است که این دو، سرعت بسیار کمی نسبت به هم‌دیگر داشته باشند. برای رفع این مشکل باید به طریقی هر دو سر میله را به‌طور هم‌زمان اندازه بگیریم. بدین ترتیب، در اندازه‌گیری فاصله‌ها باید مفهوم هم‌زمانی را نیز در نظر بگیریم.

خط‌کش‌هایی که با سرعت‌های متفاوت نسبت به میله در حال حرکت هستند را در نظر بگیرید. با دانستن سرعت هر یک از خط‌کش‌ها نسبت به میله و همچنین داشتن فاصله‌ی زمانی میان اندازه‌گیری ابتدا و انتهای میله، می‌توان طول میله را اندازه‌گیری کرد. آشکار است برای این‌که میان طول اندازه‌گیری شده توسط خط‌کش‌های مختلف توافق وجود داشته باشد، باید میان فاصله‌ی زمانی بین اندازه‌گیری ابتدا و انتهای میله توسط خط‌کش‌های مختلف، توافق وجود داشته باشد. در نتیجه یک رابطه‌ی تنگاتنگ میان فضا و زمان وجود دارد.

