آلبرت اینشتین

بخش دوم

کارهای بزرگ

گردانیده‌ی منیژه شیبانی

یک طوفان، بی‌قیدی را در اعماق وجود من شکست

مارس ۱۹۵۰

اینشتین مقاله‌ای به‌ماهنامه آلمانی فیزیک «آنالن در فیریک» فرستاد که در آن استنباط تازه‌ای از ساختار و ماهیت نور ارائه شده بود. وی ادعا کرده بود که نور می‌تواند مانند ذرات انرژی مجزا و مستقل، حتی در بعضی موارد مشابه ذرات گاز عمل کند. چند سال قبل در اثر پژوهش‌های ماکس پلانک اولین نظریه‌ی ناپیوستگی ذرات حامل انرژی عنوان شده بود، ولی اینشتین گامی فراتر برداشت.

طرح انقلابی وی که به‌نظر می‌رسید با نظریه مورد توافق اکثریت که نور را متشکل از امواج الکترومغناطیسی نوسان کننده می‌دانستند، تناقض داشته باشد ولی اینشتین نشان داد که کوانتوم نور ـ نامی که او به‌ذرات انرژی اطلاق کرد ـ می‌تواند به‌توضیح پدیده‌های نورانی که تحت مطالعه‌ی فیزیکدانان تجربی در آن زمان بود، کمک کند. مثلاً وی چگونگی پدیده‌ی پرتاب الکترون از سطح فلزات در اثر تابش‌های نورانی را به‌روشنی توضیح دهد (اثر فوتوالکتریک).

مه ۱۹۰۵

ماهنامه‌ی «آنالن در فیزیک» مقاله‌ی دیگری از اینشتین دریافت کرد که طی آن توضیح می‌داد که بنا به‌نظریه‌ی معروف انرژی جنبشی، چگونه گرما بر حرارت دائمی و بدون وقفه اتم‌ها تأثیر می‌کند. اینشتین روشی برای اثبات قاطعانه و مشاهده‌ی تجربی این نظریه پیش‌نهاد کرد که اگر ذره‌ی بسیار کوچک و قابل رؤیت با چشم مسلح را در یک مایع غوطه‌ور سازیم، این ذره در اثر ضربات مداوم و بی‌وقفه اتم‌های غیرقابل مشاهده‌ی مایع که با سرعت حرکت می‌کنند، می‌تواند باعث حرکت ذره به‌هر سوی دلخواهی شوند و ذره‌ی قابل رؤیت، حرکت کاتوره‌ای و بی‌قاعده پیدا می‌کند. یک چنین رقص کاتوره‌ای ذرات میکروسکوپی مدت‌ها قبل به‌وسیله‌ی زیست‌شناسان مشاهده و به‌معمایی بدون پاسخ به‌نام حرکت براونی معروف شده بود، اکنون اینشتین این حرکت را به‌طور مشروح توضیح داد که بر پایه‌ی انرژی جنبشی گازها استوار است و یک وسیله‌ی نیرومند و جدید برای مطالعه‌ی این حرکت اتم‌ها ابداع کرد.

وقتی جوانه زدن نسبیت خاص در ذهن من آغاز شد من درگیر مقابله با انواع کشمکش‌های عصبی بودم.... و برای هفته‌ها به‌وادی پریشان‌حالی فرار کردم.

ژوئن ۱۹۰۵

اینشتین مقاله‌ای پیرامون الکترومغناطیس و حرکت به‌ماهنامه‌ی «آنالن در فیزیک» فرستاد. از زمان گالیله و نیوتن فیزیکدان‌ها می‌دانستند که اندازه‌گیری‌های آزمایشگاهی از فر ایندهای مکانیکی هرگز نمی‌توانند تفاوت زمانی بین دستگاه‌هایی که در سطح ساکن قرار داشته و دستگاه‌هایی که بر روی سطوح متحرک با سرعت ثابت در امتداد خط مستقیم قرار دارند، نشان دهند و حرکت اجسام در سطح یک کشتی ساکن در ساحل و در سطح یک کشتی متحرک در امتداد خط راست با سرعت ثابت همواره یکسان بود و به‌اصول نسبیتی معروف شده بود ولی نظریه‌ی الکترومغناطیس که توسط ماکسول کشف و لورنتس آنرا تأیید کرده بود، از این قاعده پیروی نمی‌کرد. بنابراین نظریه اندازه‌گیری‌های سرعت نور باید اثرات حرکتی را نشان دهد

ولی آزمایش‌ها هر چند که دقیق و ماهرانه انجام شوند تأثیر آشکار و مشهودی بر تغییرات سرعت نور نشان ندادند و سرعت نور در جهت‌های مختلف یکسان بود.

اینشتین از مدت‌ها قبل متقاعد شده بود که اصول نسبیتی باید بر روی تمامی پدیده‌های مکانیکی یا غیرمکانیکی انطباق داشته باشد. در این زمان بود که وی راهی پیدا کرد که نشان دهد اصول نسبیتی با نظریه‌ی الکترومغناطیس سازگار است. وی پیشتر نیز تذکر داده بود که برای سازگاری این دو نظریه‌ای که ظاهراً مغایر یکدیگرند، لازم است یک فرض دقیق و تازه‌ای از مفهوم زمان ارائه شود. این نظریه‌ی جدید وی بعدها به «نظریه نسبیتی خاص» معروف شد که بر پایه‌ی تجزیه و تحلیل تازه‌ای از فضا و زمان استوار شد. یک توضیح موجز و روشن که هر دانشجوی سال اول علوم نیز به‌وضوح می‌توانست درک کند.

سپتامبر ۱۹۰۵

اینشتین بارزترین نتیجه‌ی نظریه‌ی نسبیت خاص خودش را چنین گزارش داد: اگر از جسمی مقدار معینی انرژی ساطع شود باید جرم آن متناسب با مقدار معینی کاهش یابد. در همین ایام به‌دوستی نوشت: «اصول نسبیتی در ارتباط با معادلات ماکسول ایجاب می‌کند که جرم مقیاس و معیاری برای انرژی حامل آن باشد. نور جرم را منتقل می‌کند...

این فکر هم مشغول کننده است و هم مسری، ولی من نمی‌توانم بدانم که آیا خدای خوب مهربان به‌آن نمی‌خندد و مرا به‌مسیر بهشتی هدایت می‌کند یا نه»

اینشتین و بسیاری از دانشمندان دیگر آن زمان به‌زودی متقاعد شدند که این مفهوم واقعیت دارد و رابطه‌ی بین جرم و انرژی با معادله‌ی $E = MC^2$ بیان شد.

«بدیهی است روشنی شگرفی که از موفقیت رسیدن به‌نور علم حاصل می‌شود، انسان را سرمست می‌کند که هر دانشجوی باهوشی با نه چندان رنج و زحمتی می‌تواند به‌آن برسد. ولی سال‌های طولانی و پراضطراب در تاریکی و سر در گمی خسته کننده‌ی آن و سپس ورود ناگهانی به‌ملکوت علم آنقدر متعالی و غرورآمیز است که فقط آنانی که این حلاوت را تجربه کرده‌اند، درک می‌کنند.»

نظریه‌های اینشتین از زمینه‌ی عقایدی منبعث گردید که از نتایج ده‌ها آزمایش قبلی آماده شده بود. مهم‌ترین نقطه‌ی قوت آنها آزمایش‌هایی بود که مدت‌ها قبل در کلیولند اوهایو، آلبرت مایکلسن و ادوارد مورلی انجام داده بودند. دستگاهی که آنان برای انجام این آزمایش به‌کار برده بودند از یک قالب سنگی پر جرمی با آینه‌های نصب شده بر روی صفحه تشکیل شده بود که پرتوهای نور را به‌طور مورب از سطح یکی بر روی دیگری بازتاب می‌کند. این آینه‌ها می‌توانستند اندازه‌ی دقیقی از هر تغییر ایجاد شده در سرعت نور را مشخص نمایند. مایکلسن و مورلی در پی مشاهده‌ی تغییر مکان پرتوهای نورانی در اثر حرکت بسیار سریع زمین در فضا بودند ولی در کمال تعجب و شگفتی آنان هیچ‌گونه تغییر مکانی در پرتوهای نورانی را مشاهده نکردند، اینکه اینشتین شخصاً این آزمایش را انجام داده یا نه مشکوک است ولی مطالعات و توضیحات وی، نتیجه‌ی غیرقابل انتظاری را ارائه کرد که درک تازه‌ای از زمان و فضا بود.

چنانکه گفته شد وقتی اینشتین معادله‌ی خود را برای مطالعه‌ی حرکت یک جسم به‌کار برده، آنان واقعیت وحشت‌انگیز جرم جسم و انرژی درونی آنرا به‌وی متذکر شدند.

رابطه‌ی عمیقی را که اینشتین بین جرم و انرژی کشف کرد با معادله‌ی $E = MC^2$ بیان می‌شود که در آن E نماد میزان انرژی و m نماد جرم جسم و C^2 عدد بسیار بزرگی است که مجذور سرعت نور می‌باشد. تأیید کامل آن با تأخیر بسیار عاید شد.

در سال ۱۹۳۳ در پاریس ایرن و فردریک ژولیت کوری عکسی تهیه کردند که تبدیل انرژی به‌ماده را نشان می‌داد. یک کوانتوم نورانی که در اینجا دیده نمی‌شود حامل انرژی از پایین به‌طرف بالاست که در وسط تصویر به‌دو ذره مادی تازه خلق شده تبدیل می‌شود و در یک مسیر از هم دور شده‌اند.

ضمناً در دانشگاه کمبریج انگلستان فرایند معکوسی نیز مشاهده شد. این تبدیل ماده به‌انرژی خالص. جان کوک کرافت و دالتون یک اتم را شکافتند و مشاهده نمودند که جرم ذرات حاصل مجموعاً به‌مقدار بسیار ناچیزی کمتر از جرم اتم اولیه است ولی مقدار زیادی انرژی از آن حاصل شده است.

اساس و مبانی فیزیکی که مرا قادر به‌کشف نظریاتم ساخت، بر شانه‌های این چهار رادمرد قرار دارد: ایزاک نیوتن، گالیله‌ئو گالیله‌ای، هنریک آنتون لورنتس و جیمز کلارک ماکسول.

وقتی اینشتین و دیگران نتایجی که از نظریه نسبیت خاص حاصل می‌شد، کشف کردند، از همان سال‌های ۱۹۰۷ به‌بعد افکار اینشتین روی چگونگی عمومیت بیشتر آن نظریه متمرکز شد. نظریه‌ی نسبیت خاص نشان داد که چگونه اندازه‌گیری در یک آزمایشگاه به‌اندازه‌گیری‌هایی که در آزمایشگاه‌های دیگر که نسبت به‌آن حرکت یک‌نواخت دارند، مربوط می‌شود. وی به‌این نکته فکر کرد که چگونه می‌تواند نظریه‌ی فوق را تا ناظرانی که در هر مسیر و هر جهت دلخواه حرکت کنند و یا تغییر سرعت دهند، تعمیم دهد. اینشتین احساس کرد باید ارتباط روشنی بین حرکت‌های شتابدار و نیروی معرفی شده گرانش وجود داشته باشد و در این راستا به‌طور عمیقی تحت تأثیر واقعیت‌هایی قرار گرفت که قبلاً توسط گالیله و نیوتن کشف شده بود، ولی کسی قبل از وی تمرکز و کنجکاوی لازم بر روی نظریه‌های آنان انجام نداده بود. گالیله با قاطعیت عنوان کرد که همه‌ی اجسام به‌هر شکل و با هر جرمی که داشته باشند وقتی از ارتفاعی از سطح زمین رها شوند (در صورت عدم هوا) شتاب سقوط آنها مساوی خواهد بود. در نظریه‌ی نسبیت خاص مشابه نظریه‌ی گالیله یک کمیت ثابت دیگر که همان ثابت سرعت نور است، عنوان شد که اینشتین آن‌را کشف کرد. در این‌جا نیز یک کمیت‌ثابت‌دیگر می‌توانست آغازگر ظهور یک نظریه‌ی دیگر باشد.

فیزیک‌دان‌ها به‌سادگی فلاسفه تسلیم تفکرات بحرانی نخواهند شد. زیرا فیزیکدان به‌خوبی می‌داند و با اطمینان احساس می‌کند که نقاط ضعف کجا قرار دارد! وی برای آن که بتواند قضاوت کند، موضوع را به‌روشنی در ذهن مطرح می‌کند و آزمایش کند و... همه‌ی علوم چیزی جز پالایش افکار روزمره نیست.

اینشتین در این‌جا نیز چنان‌که معمول او بود یک آزمایش مجازی (فکری) مطرح کرد. فرض کنید دانشمندی در یک فضای محدود محصور شده باشد و سنگی را از ارتفاعی از سطحی که در آن قرار دارد رها کند. مشاهده می‌کند که سنگ با شتاب ثابت سقوط می‌کند. بنابراین نتیجه‌گیری وی وجود یک نیروی گرانشی به‌طرف پایین است که در آن فضا وجود دارد. ولی این استنتاج می‌تواند واقعیت نداشته باشد و آن فضای محصور می‌تواند از نیروی گرانشی آزاد بوده و در یک موشک که به‌طرف بالا شتابدار است، قرار داشته باشد. در این صورت سنگ ساکن و کف آن فضا به‌طرف سنگ حرکت شتابدار خواهد داشت. اینشتین در این‌جا اظهار داشت که دانشمند درون آن فضا نمی‌تواند تفاوتی را بین این دو وضعیت تمیز دهد، اینشتین دریافت که باید ارتباط عمیقی بین حرکت‌های شتابدار و نیروی گرانش وجود داشته باشد. ولی یافتن نتیجه نهایی آن تا سال‌ها باقی ماند. برای اطلاعات بیشتر به‌مقاله «جهان‌بینی انشتین» از: جرالد هولتون مراجعه کنید.

اینشتین تحقیقات خود را روی معادلات خاصی آغاز کرد. یکی از آن معادلات مربوط به‌اندازه‌گیری‌هایی بود که دو ناظر نسبت به‌هم در هر مسیر دلخواه حرکت می‌کنند، توصیف کند. یک تحقیق و کند و کاو پر زحمت و دشواری بود که چندین سال در بن‌بست و بدون جواب باقی ماند. اینشتین ناچار شد از معادلات ریاضی در سطح بالاتر از آنچه از قبل تصور می‌کرد، استفاده نماید و در این شرایط کمک‌ها و هم‌فکری‌های دوست قدیمی وی میشل بسو اساسی و کارساز بود. ضمن آنکه زندگی خصوصی وی سخت آشفته و مغشوش بود از همسرش جدا شد و مشارکت وی در جریانات سیاسی بعد از جنگ جهانی اول آغاز شده بود،مزید بر علت بود.

در سال ۱۹۱۵ در نامه‌ای به‌پسرش هانس آلبرت نوشت: «من دقیقاً با شکوه‌ترین کار زندگیم را به‌اتمام رساندم!»

در سال ۱۹۱۵ اینشتین به‌تکمیل نظریه‌ی نسبیت عام توفیق یافت. معادلات تازه‌ای ارائه کرد که با وجود قالب ریاضی نامأنوس خود از سادگی و منطق خاصی برخوردار بود. معادلات به‌وضوح عملکرد گرانش را توضیح می‌دادند که چگونه حضور جرم و تراکم ماده قالب استوار فضا و زمان را منحنی می‌کند و این انحنا تعیین کننده‌ی حرکت اجسام است. اینشتین با استفاده از همین معادلات توانست اختلاف مسیر ناچیزی را که در انتقال سیاره‌ی عطارد هنگام عبور از مقابل خورشید ایجاد می‌شود، محاسبه کند. این اختلاف‌مسیر،سال‌هااخترشناسان ازتوضیح‌آن عاجز ساخته بود.