تاریخچه‌ی کوتاهی از نسبیت

پروفسور استفان هاوکینگ[1]
استاد دانشگاه کمبریج
برگردان: محمد داوودی

- نظریه‌ی نسبیت چیست؟
- چگونه عمل می‌کند؟
- چرا همه چیز را عوض می‌کند؟

[درکتابی که به‌وسیله‌ی مشهورترین فیزیک‌دانی که تاکنون در جهان زندگی کرد، نوشته شده است. در پایان سده‌ی نوزدهم، دانشمندان باور داشتند هر توضیح در مورد کیهان را به‌پایان رسانده‌اند.] آن‌ها تصور می‌کردند فضای بین کره‌ها در همه جا به‌وسیله ماده‌ای به‌نام «اتر» پر شده است. شعاع‌های نورانی و علامت‌های رادیویی در این «اتر» موج داشتند، درست به‌همان‌گونه که صدا در هوا پخش می‌شود. همه‌ی آن‌ها احتیاج داشتند این نظریه را با اندازه‌گیری دقیق بر مبنای ویژگی‌های الاستیکی «اتر» کامل کنند. یک باره از انتشار آن‌ها جلوگیری کردند. هر چیز دیگر ممکن بود در مکان سقوط کند.

هرچند اختلاف‌ها با تمام دیدگاه‌های رایج دیگر پدید آمده بود، با این حال هم چنان انتظار می‌رفت نور با سرعت ثابتی از میان اتر حرکت کند. اگر در امتدادی همانند نور در حرکت بودید، انتظار داشتید سرعت آن به‌مقدار کم‌تری نمایان شود و اگر در امتدادی مخالف حرکت نور، در حرکت بودید، آنگاه سرعت نور در دید شما بیش‌تر ظاهر می‌شد.

هنوز یک رشته از آزمایش‌ها برای دستیابی به‌هر ملاکی در راه ایجاد اختلاف در سرعت انجام شده‌ی متحرک از میان اتر به‌نتیجه نرسیده بود. بیش‌ترین دقت‌ها در این آزمایش‌ها به‌وسیله‌ی آلبرت مایکلسون و ادوارد مورلی در انستیتوی کلولند، در اهایو در ۱۸۸۷ انجام شد. آن‌ها سرعت نور را در امتداد دو ضلع یک مستطیل با یکدیگر مقایسه کردند. همان گونه که

---

۱. پروفسور هاوکینگ مولف «تاریخچه‌ی کوتاه زمان»، صاحب کرسی ریاضیات در دانشگاه کمبریج است. زمانی این کرسی در اختیار ایساک نیوتن بود.

زمین حول محور خود و نیز در مدار خود به‌دور خورشید دوران می‌کند ممکن است از میان اثر [فرضی] حرکت کند و سرعت نور در این دو مسیر از هم واگراییده شود. اما مایکلسون و مورلی، اختلافی روزانه و یا سالانه بین سرعت نور در این دو امتداد نیافتند.

دلیل آن بود که اگر نور همیشه با سرعت ثابتی نسبت به‌شما حرکت می‌کرد، این که خود شما با چه سرعتی حرکت می‌کنید مورد نظر نبود.

فیزیک‌دان ایرلندی «جرج فیتز جرالد» و فیزیکدان هلندی، «هنریک لارنس» اولین کسانی بودند که پیشنهاد کردند در اثر حرکت اجسام از میان اثر، منقبض [جمع] و در آن بسیار کند خواهد شد. این جمع شدن و کاهش سرعت آن‌گونه است که هرکس می‌تواند سرعت مشابه را برای نور اندازه بگیرد. موردی ندارد که خود آن‌ها چگونه در ارتباط با اثر حرکت می‌کنند، به‌گونه‌ای که فیتز جرالد و لارنس، آن را به‌عنوان موضوعی حقیقی مطرح کردند.

اما یک متشی جوان به‌نام آلبرت اینشتین وجود داشت که در یک موسسه در بن کار می‌کرد. او حرکت از میان اثر را قطع کرد و مساله‌ی سرعت نور را یک باره و برای همیشه حل کرد.

در ژوئن ۱۹۰۵ یکی از سه مقاله‌ای را که سبب شناسایی او به‌عنوان یکی از رهبران دنیای دانش شد، نوشت؛ در جریان آغاز دو انقلابی که درک ما را از فضا و زمان و حقیقت تغییر داد.

در آن مقاله در سال ۱۹۰۵، اینشتین اشاره کرد به‌دلیل آن که شما نتوانستید «آری یا نه»ی حرکت خود را از میان اثر آشکار کنید تمام تصورتان از اثر نادرست است. به‌علاوه اینشتین با این فرض که قانون‌های دانش برای تمام ناظران متحرک یکسان، به‌طور مشابه ظاهر می‌شوند، کار خود را آغاز کرد. به‌علاوه این ناظران همگی خواهند توانست سرعت یکسانی برای نور اندازه‌گیری کنند و این موردی ندارد که آن‌ها خود چگونه حرکت می‌کنند. [این دیدگه که یک کمیت جهانی که زمان نامیده می‌شود، وجود دارد و تمام ساعت‌ها آن را اندازه می‌گیرند.] به‌علاوه هرکس زمان ویژه‌ی خود را خواهد داشت. ساعت‌های دو نفر، در صورتی مطابق هم خواهند بود که آن‌ها نسبت به‌هم در وضع یکسانی باشند (اما نه در حالی که آن‌ها نسبت به‌هم در حرکت باشند). این مورد بررسی از سوی تعدادی از آزمایش‌کنندگان گواهی شده بود، به‌انضمام یکی که در آن در نهایت دقت، مقداری از زمان را در حرکت به‌دور دنیا با حالتی که شخص در جای خود متوقف است، مقایسه کرده بود. اگر شما می‌خواهید زمان زیادی زندگی کنید، می‌توانید پرواز خود را به‌سمت شرق با آن سرعت از هواپیما ادامه دهید، در این حالت سرعت هواپیما به‌سرعت زمین در مدار اضافه می‌شود و هر ساعت به‌اندازه‌ی کسر کوچکی از ثانیه از زمان جلو می‌روید که بیش‌تر از گذشت زمان هنگام خوردن یک وعده غذا در خط هوایی خواهد بود.

این فرضیه‌ی اصلی اینشتین که قانون‌های طبیعت برای همه‌ی ناظران در حال حرکت مشابه به‌طور یکسان ظاهر خواهد شد مبنای نظریه‌ی «نسبیت» بود. به‌این دلیل «نسبیت» نامیده شد که

بر این که، تنها، حرکت‌های نسبی مهم است، اشاره داشت. آسانی و زیبایی آن برای بسیاری از دانشمندان و فیلسوفان متقاعد کننده بود. اما مخالفت‌های زیادی هم باقی ماند. اینشتین دو مفهوم مطلق از دانش مربوط به‌سده‌ی نوزدهم را برانداخت. یکی مفهوم مطلق معرفی شده به‌وسیله «اتر» و دیگر مفهوم مطلق «زمان جهانی» که همه‌ی ساعت‌ها می‌توانستند آن را اندازه بگیرند.

تشریق دانشمندان در خلال سال‌های ۱۹۲۰ و ۱۹۳۰ ادامه پیدا کرد. اینشتین جایزه‌ی نوبل را در سال ۱۹۲۲ برد. در سال ۱۹۰۵ در کارهای اینشتین اندیشه‌ای از نسبیت که خیلی با ستیزه‌جویی ارتباط داشته باشد، نبود. هنوز هر هفته دو یا سه نامه به‌دست من می‌رسد با این مضمون که اینشتین در اشتباه بوده است. هرچند نظریه‌ی نسبیت هم‌اکنون به‌طور کامل توسط انجمن‌های علمی پذیرفته و پیش‌گویی‌های او در کاربردهای بی‌شماری گواهی شده است. یک جنبه‌ی مهم نسبیت، همان نسبیت بین توده و کارمایه است. فرض اصلی اینشتین ـ که سرعت نور برای همه به‌طور یک‌نواخت ظاهر خواهد شد ـ اشاره‌ی تلویحی به‌این دارد که هیچ چیز نمی‌تواند تندتر از سرعت نور حرکت کند. [یک رویداد این است که کارمایه‌ای که برای شتاب دادن به‌یک ذره، با یک سفینه‌ی فضایی به‌کار می‌رود، توده را منقبض می‌کند و آن را برای شتاب‌گیری هرچه بیش‌تر آماده می‌سازد.] شتاب دادن به‌یک ذره برای رساندن سرعت آن به‌سرعت نور ممکن نیست، زیرا مقدار بسیار زیادی کارمایه تولید می‌کند. مقدار توده و کارمایه در معادله‌ی مشهور اینشتین کنار هم می‌آیند: «$E = mc^2$» این فرمول به‌احتمالی تنها معادله‌ی فیزیک است که آن را در خیابان هم می‌شود فهمید.

مفهوم این قانون چنین است: اگر هسته‌ی یک اتم اورانیوم به‌در نیمه‌ی کمتر از مجموع توده، شکافته شود، مقدار بسیار زیادی انرژی آزاد خواهد شد.

در سال ۱۹۳۹ با آغاز جنگ جهانی دوم، گروهی از دانشمندان که این استنباط اینشتین را درک کرده بودند، او را وادار کردند بر تمایل صلح‌جویانه‌اش غالب شود و نامه‌ای به‌پرزیدنت روزولت بنویسد و به‌آمریکا برای آغاز یک برنامه‌ی پژوهش هسته‌ای فشار بیاورد. این پروژه بعدها «منهاتان» نامیده شد. بمب اتمی در ۱۹۴۵ روی هیروشیما منفجر شد. این که بعضی از مردم به‌خاطر رابطه‌ی بین توده و کارمایه که منجر به‌ساخت بمب اتمی شد، اینشتین را سرزنش می‌کنند، مانند این است که نیوتن را به‌خاطر سقوط هواپیمایی، سرزنش کنند.

اینشتین در پروژه‌ی منهاتان شرکت نکرد و به‌خاطر انفجار ترسید. با وجود این نظریه‌ی نسبیت با قانونی که بر مبنای حکمرانی الکتریسیته و مغناطیس بود، جا افتاده بود. این قانون با قانون جاذبه‌ی نیوتن سازگار نبود. این قانون می‌گفت اگر شما پخش ماده را در ناحیه‌ای از فضا تغییر دهید، تغییر در میدان جاذبه در همه جای دیگر کیهان به‌طور ناگهانی احساس خواهد شد، و نه تنها این معنا را خواهد داد که شما می‌توانستید سیگنال‌هایی سریع‌تر از نور بفرستید (چیزی

که به‌وسیله‌ی نظریه‌ی نسبیت لغو شده بود)، [برای آن هم چنین زمانی مطلق یا جهانی مناسب بدانید، که نسبیت آن را در مناسبت با زمان مشخص یا نسبی، منسوخ کرد.]

اینشتین به‌این شکل در ۱۹۰۷، وقتی که او هنوز در اداره‌ی ثبت اختراع‌ها بود، آگاهی داشت. اما اندیشیدن به‌طور جدی در مورد این مساله را آغاز نکرده بود، تا زمانی که او در یک دانشگاه آلمانی در ۱۹۱۱ در پراگ بود. او درک کرد یک دور نسبی بسته بین میدان جاذبه و شتاب وجود دارد. اگر کسی در یک جعبه‌ی دربسته باشد، نمی‌تواند بگوید در میدان جاذبه زمین نشسته یا در فضای آزاد توسط یک موشک به‌شتاب رسیده است! این زندگی بیش از سن ستاره‌ی کوچنده است... اینشتین درباره‌ی وضعیت شخص در آسانسور بیش‌تر از ساکنین کشتی فضایی اندیشید. اما شما نمی‌توانید در یک آسانسور، بدون یک تصادم مرگبار با شتاب سقوط آزاد کنید.

اگر زمین یک‌نواخت بود، یک نفر می‌توانست به‌راحتی بگوید که سیب به‌خاطر وجود نیروی گرانش روی سر نیوتن می‌افتد و یا سر نیوتن به‌سیب ضربه می‌زند، به‌دلیل این که او در سطح زمین در حال شتاب به‌سمت بالا است. این تعادل بین شتاب و نیروی گرانش به‌نظر نمی‌رسد روی یک حرکت دورانی زمین عمل کنند. هرچند مردم در آن‌سوی کره‌ی زمین مجبورند در جهت مخالف در شتاب باشند، اما با این حال در فاصله‌ی ثابتی از ما قرار دارند.

اینشتین، در برگشت به‌زوریخ در ۱۹۱۲، یک تراوش مغزی تازه داشت. او درک کرد، اگر مقداری بدهبستان هندسی به‌طور حقیقی وجود داشته باشد، نیروی گرانش و شتاب می‌توانند به‌طور تعادل کار کنند. به‌عنوان جوهر ترکیب فضا ـ زمان، اینشتین وحدت خانواده‌ی فضای سه بعدی را با یک بعد جدید به‌عنوان بعد چهارم به‌نام زمان کشف کرد که نه یک‌نواخت، بلکه خمیده بود. دیدگاه او آن بود که توده و کارمایه با چنان رفتاری که قرار است بعدها مشخص شود، فضا ـ زمان را پیچ و تاب خواهد داد. چیزهایی مانند سیب در حال سقوط یا سیاره‌ها، کوشش خواهند کرد در حیطه‌ی فضا ـ زمان خود در یک خط مستقیم حرکت کنند. اما مسیر آن‌ها در یک میدان گرانش، به‌طور خمیده ظاهر خواهد شد، به‌دلیل آن که فضا ـ زمان خمیده است.

اینشتین با کمک دوست خود «مارسل گراسمان» نظریه‌ی فضاهای خمیده و سطح‌هایی را که به‌وسیله‌ی «برنهارد ریمان» توسعه داده شده بود، مورد مطالعه قرار داد. این سطح‌ها به‌عنوان یک قطعه ریاضی به‌طور فشرده برای دنیای حقیقی مناسب است. در ۱۹۱۳، اینشتین و گراسمان در مقاله‌ای، این نکته را پیش کشیدند که آن‌ها در مورد این که نیروهای گرانشی تشریحی از این حقیقت‌اند که فضا ـ زمان خمیده است، چگونه می‌اندیشند. هرچند به‌خاطر یک اشتباه به‌وسیله‌ی اینشتین قادر نبودند معادله‌ای را که خم فضا ـ زمان را با توده و کارمایه‌ی نهفته

در آن در نسبت قرار دهد، بیابند. اینشتین، کار روی این مساله را در برلین، بدون اضطراب و بدون تاثیرهای موضوعیِ مربوط به‌جنگ، در سطح وسیع انجام داد. تا آن‌که سرانجام معادله‌ی درست را در ۱۹۱۵ یافت. اینشتین دیدگاه خود را با دیوید هیلبرت ریاضی‌دان، در خلال یک ملاقات در دانشگاه گوتینگن در تابستان ۱۹۱۵، در میان‌گذاشت. هرچند همان‌گونه که هیلبرت پذیرفت، خلق نظریه‌ی جدید از آن اینشتین برد، که آن، دیدگاهش برای نسبت دادن نیروی جاذبه با فضا ـ زمان خمیده بود این همه ستایش بزرگی برای تمدن آلمانی بود که حتا در هنگامه‌ی جنگ، در آن مقطع زمانی، چنین گفتمان‌های دانشی می‌توانست پا بگیرد. آن کار چه تابینی یا بیست سال بعد می‌توانست داشته باشد؟

نظریه‌ی جدید، «خم فضا ـ زمان» نامیده شد. برای تمایز آن با نظریه‌ی اصلی بدون نیروی جاذبه، اکنون به‌عنوان نظریه‌ی «نسبیت ویژه» نامیده می‌شود. در ۱۹۱۹ به‌عنوان یک اسلوب تماشایی گواهی شده بود. وقتی که یک گروه اعزامی انگلیسی به‌آفریقای غربی، هاله‌ای از نور را در موقعیت ستاره‌ها، در خلال یک «خورگرفت» در نزدیکی خورشید دید، نور آن‌ها وقتی که از خورشید گذشته بود، همان گونه که اینشتین اشاره کرده بود، خم شد. این مدرک مستقیمی بود که فضا و زمان در آن جا منحرف شده است. بزرگ‌ترین تغییر در درک و احساس ما مربوط به‌آن است که ما از زمانی که اقلیدس اصل‌های مقدماتی را در سیصد سال پیش از میلاد مسیح نوشت، زندگی می‌کنیم. نظریه‌ی نسبیت عمومی اینشتین، مفهوم‌های فضا و زمان را از یک حالت مفعولی که در آن رویدادها جای گرفته‌اند، به‌شرکت فعالانه در قوای جهان پیش آورد. این، ما را به‌یک مساله‌ی بزرگ که هنوز در برابر دانش فیزیک در پایان سده‌ی بیستم قرار دارد، رهنمون می‌شود. جهان پر از توده است و توده که همراه با زمان در پیچ و تاب است و به‌طرف هم‌دیگر سقوط می‌کنند.

اینشتین دریافت راه حلی که جهانی را در زمان توجیه کند وجود ندارد. بیش‌تر از «علم‌الحرکات» و «جهان جاودانی» که بیش‌تر مردم آن را در آن زمان باور داشتند. او معادله‌ها را با اضافه کردن ضریبی که به‌آن «ثابت جهانی» می‌گفت کامل کرد. توده را به‌دیگر راه‌ها به‌طوری که جدا از هم حرکت کنند، پیچ و تاب می‌داد. اثرهای دفع‌کننده «ثابت جهانی»، جاذبه روی توده را متعادل می‌کند و اجازه می‌دهد جهان برای هر زمان باقی بماند.

این یکی از بزرگ‌ترین فرصت‌های از دست رفته را در فیزیک نظری نتیجه می‌دهد. اگر اینشتین در معادله‌ی خود در جا می‌زد، می‌توانست نشان دهد جهان در حال انبساط یا در حال انقباض است. همان گونه که امکان یک جهان همراه با زمان مستقل، خیلی جدی گرفته نشد. تا آن که مشاهده‌هایی به‌وسیله‌ی تلسکوپ صد اینچی در «مونت ویلسون» در سال‌های ۱۹۲۰،

انجام شد. این آزمایش‌ها آشکار کرد کهکشان‌های دیگر خیلی دورتر از ما هستند. آن‌ها که سریعترند، از ما دور می‌شوند. به‌بیانی دیگر جهان در حال توسعه است و فاصله بین هردو کهکشان با گذشت زمان افزایش می‌یابد. اینشتین بعدها «ثابت جهانی» را بزرگ‌ترین اشتباه در سراسر عمر خود نامید.

نسبیت عمومی به‌گونه‌ای کامل گفتمان آغاز و انجام جهان را تغییر داد. یک جهان متحرک در شکل کنونی خود می‌توانست در زمانی در گذشته به‌وجود یاید. از دید دیگر اگر کهکشان‌ها به‌گونه‌ای جدا از هم تا امروز حرکت می‌کردند، باید در گذشته، خیلی با هم نزدیک بوده باشند. حدود پانزده بلیون سال پیش‌تر، آن‌ها باید به‌هم چسبیده باشند و تراکمی بی‌اندازه زیاد داشته باشند. از دید نظریه‌ی نسبیت عام این «مهبانگ» سرآغاز جهان و نیز سرآغاز زمان بود. نظریه‌ی نسبیت عام همچنین ماندگاری درون «حفره‌های سیاه» را روشن کرد. این حفره‌ها محلی از فضا ـ زمان هستند که منحرف‌کننده‌اند و نور نمی‌تواند از آن‌ها فرار کند. اما هم در آغاز و هم در پایان زمان در جایی جای می‌گیرد که معادله‌های نسبیت عام از آن منتزع می‌شود. بنابراین، این نظریه نمی‌تواند روشن کند که از «مهبانگ» چه ناشی خواهد شد. بعضی این مورد را به‌عنوان اشاره‌ای بر آزادی خداوند برای آغاز خلقت جهان می‌دانند. هم ممکن است بر مبنای قانون‌هایی منظم شده باشد که در دیگر زمان‌ها نیز ادامه پیدا کرده است. ما پیش‌رفت‌هایی به‌سوی هدف کرده‌ایم. اما هنوز درک کاملی از آغاز پیدایش جهان نداریم.

دلیلی که با آن نظریه‌ی نسبیت عام در نظریه مهبانگ شکسته می‌شود، این است که با نظریه‌ی کوانتوم، دیگر با مفهوم انقلابی آغازین سده بیستم هم‌خوانی نداشت. اولین پله به‌سوی نظریه‌ی کوانتوم در ۱۹۰۰ پیش آمد، وقتی ماکس پلانک در برلین کار می‌کرد، کشف کرد شعاع‌های صادره از یک جسم که قرمز و داغ بود، می‌توانست توجیه بشود، به‌شرطی که نور آمده تنها در بسته‌ی کوچکی از یک اندازه معین که کوانتا نامیده می‌شود آمده باشد و این همان شعاع‌هایی بود که همانند شکر بسته‌بندی شده بود. شما نمی‌توانید هر مقدار دلخواه، از شکر نرم را از یک سوپر مارکت بخرید، ولی تنها می‌توانید آن را به‌صورت یک بسته با جرم معین (یک پوندی) بخرید. اینشتین در یکی از مقاله‌های زمینه‌ساز نوشته شده توسط او در ۱۹۰۵، وقتی هنوز در اداره‌ی ثبت اختراع‌ها بود، نشان داد فرضیه‌ی کوانتوم پلانک می‌توانست اثر فتوالکتریک را توجیه کند. وقتی نور به‌فلز می‌افتد آن فلز الکترون‌ها را پس می‌دهد و این مبنای عمل آشکارسازی نور و دوربین‌های تلویزیونی است و برای همین کار بود که اینشتین در ۱۹۲۲ جایزه‌ی نوبل در فیزیک را برد.

اینشتین کار روی فرضیه کوانتوم را در طول سال‌های ۱۹۲۰ ادامه داد، اما او در اضطراب

بود، به‌وسیله‌ی کارهای «ورنر هایزنبرگ» در کپنهاک، «پاول دیراک» در کمبریج و «اروین شرودینگر» در زوریخ که تصویر تازه‌ای از حقیقت را گسترش دادند و نام آن را مکانیک کوانتوم گذاشتند، در زمانی نه چندان طولانی، ذره‌های کوچک دارای موقعیت و سرعتی ویژه بودند، از دیدی دیگر بیش‌ترین دقتی که با آن موقعیت ذره مشخص می‌شود. کم‌ترین زمانی که می‌توانید مشخص کنید سرعت آن را مشخص کنید، و تا آخر. اینشتین به‌خاطر این موضوع خیلی به‌هراس افتاده بود. گفتمانی غیرقابل پیش‌گویی از نظر قانون‌های مبنایی و نه به‌طور کامل مورد انتظار به‌نام مکانیک کوانتوم.

هرچند اغلب دانشمندان دیگر به‌ارزشمندی قانون جدید کوانتوم نظر داشتند، به‌این دلیل که در مشاهده‌ها، توافق داشتند. آن‌ها مبانی گسترش‌های نوین در شیمی، بیولوژی مولکولی و الکترونیک و مبانی فن‌آوری بودند که دنیا را در نیم سده‌ی گذشته تغییر داد.

وقتی نازی‌ها در سال ۱۹۳۳ در آلمان به‌قدرت رسیدند، اینشتین کشور را ترک کرد. او ۲۲ سال باقی مانده از عمر خود را در موسسه مطالعات پیش‌رفته‌ی دانشگاه پرینستون (N.J) گذراند. نازی‌ها علیه دانشمندان یهودی تعصب شدید به‌خرج دادند، بسیاری از دانشمندان آلمانی، یهودی بودند.

خروج آن‌ها بخشی از دلیل‌هایی بود که آلمان قادر نشد بمب اتمی بسازد. اینشتین و نظریه‌ی نسبیت هدف‌های اصلی برای این ضدیت بودند. وقتی به‌او چاپ کتاب «یک‌صد نویسنده علیه اینشتین» را خبر دادند، پاسخ داد:

- چرا صد نفر؟ اگر من در اشتباه بودم تنها یک نفر کافی بود.

بعد از جنگ جهانی، او با پافشاری، دولت‌ها را برای برقراری احکام جهانی جهت کنترل بمب اتمی وادار کرد. او به‌فرماندهی حکومت تازه تشکیل شده‌ی اسراییل در ۱۹۵۲ هم پیشنهاد کرد که پذیرفته نشد. او نوشت:

- سیاست‌ها لحظه‌ای هستند، اما یک «معادله»، برای همیشه می‌ماند.

معادله‌ی نسبیت عام بهترین نوشته برای سنگ گور و یادمانش بود که برای تمام عمر جهان، باقی خواهد ماند.

جهان در طول یکصد سال گذشته خیلی بیش‌تر از تمام سده‌ها در طول تاریخ، تغییر یافت. دلیلش مسایل سیاسی یا اقتصادی نبود، بلکه فن‌آوری‌هایی بود که در پی پیش‌رفت‌های دانش پایه به‌وجود آمد. به‌روشنی هیچ دانشمندی بهتر از آلبرت اینشتین، این پیش‌رفت‌ها را معرفی نکرده است: «مرد قرن».