



## سرمقاله

### فیزیک تجربی، فیزیک نظری: یک بررسی مقایسه‌ای

ایزاک نیوتن که بنیانگذار فیزیک مدرن است، آزمایش‌های معروف بسیاری انجام داد. مثلاً او پرتوهای نور را از منشورها عبور داد و و خمیده شدن نور در مسیر خود را مطالعه کرد. او و گوتفرید لایبنیتس به طور مستقل حساب دیفرانسیل و انتگرال را ابداع کردند و نیوتن از آن در توسعه نظریه‌هایی که نتایج آزمایش‌هایش در مورد حرکت اجسام را توضیح می‌داد، استفاده کرد.

امروزه، تعداد کمی از فیزیکدانان به طور همزمان در هر دو حوزه نظری و تجربی کار می‌کنند. هر دو حوزه به دانش و مهارت‌های بسیار تخصصی نیاز دارند. اما فیزیکدانان نظری و تجربی با همکاری نزدیک با یکدیگر به پیشبرد فیزیک کمک می‌کنند. همواره این همکاری باعث تولید ایده‌های ناب و موضوعات نوین در فیزیک شده است.

فیزیکدانان رفتار جهان فیزیکی را در اساسی‌ترین سطح مطالعه می‌کنند و راه‌های عملی برای به‌کارگیری دانش جدید به‌دست‌آمده از تحقیقات خود در زمینه‌های علم و فناوری پیدا می‌کنند. در این زمینه می‌توان به مثال‌هایی مانند ادوات و دستگاه‌هایی که بیماری‌ها را تشخیص داده و راه‌های درمان را ارائه می‌کنند، توسعه سوخت‌های ایمن و پاک برای مصارف در خودروها و منازل، محاسبه حرکت یخچال‌های قطبی کره زمین، و ساخت قطعات الکترونیکی در ابعاد کم و پرسرعت و مدارهای مجتمع الکترونی اشاره کرد.

فیزیکدانان، همچنین در اکتشافات اساسی قرن بیستم که جهان را متحول کرد، پیشگام بودند. ترانزیستور، لیزر، عدسی‌های نوری، شکافت هسته‌ای، تلویزیون و رادیو، اسکن MRI، و حتی کشف ساختار مولکول DNA نیز توسط فیزیکدانان انجام شده است.

با توجه به مقاله‌های چاپ شده در جلد‌های ۲۳ و ۲۴ مجله فیزیک ایران، دیده می‌شود از مجموع ۹۵ مقاله، ۱۵ مقاله آن در حوزه فیزیک تجربی است و مابقی مقاله‌های نظری هستند. این نسبت کم و بیش در شماره‌های دیگر برقرار است. در بین مقاله‌های نظری، سهم مقاله‌های فیزیک ماده چگال بیش از همه است و بعد از آن مقاله‌های در حوزه اختر فیزیک و کیهان‌شناسی، اپتیک و اخیراً اپتیک کوانتومی و اطلاعات کوانتومی سهم بیشتری دارند. از این آمار احتمالاً بتوان نتیجه گرفت که در ایران فعالیت در فیزیک نظری بیشتر از فیزیک تجربی است و بیشتر فیزیکدانان در حوزه فیزیک نظری فعالیت دارند. از دلایل مهمی که چرا فیزیکدانان نظری اکثریت را دارند می‌توان به هزینه‌بر بودن آزمایش‌ها و همچنین به گرانی تجهیز یک آزمایشگاه تحقیقاتی اشاره کرد. به علاوه آزمایش‌های تحقیقاتی امروزی بسیار پیچیده شده‌اند و به گروه تحقیقاتی بزرگی نیاز دارند و معمولاً آزمایشگاه‌های مختلف، حتی بین چند کشور، در یک تحقیق سهیم هستند. همچنین نتایج تحقیقات تجربی زود بازده نیست و در مقایسه با کارهای نظری، به زمان بیشتری برای به نتیجه رسیدن تحقیق نیاز دارند.

لازم به ذکر است که این نسبت فعالیت در بیشتر کشورهای توسعه‌یافته با نسبت مزبور در ایران کاملاً متفاوت است؛ مثلاً در کشورهای آمریکا، انگلیس و استرالیا، فیزیکدانان تجربی معمولاً اکثریت را تشکیل می‌دهند و در آزمایشگاه‌های تحقیقاتی پیشرفته فعالیت می‌کنند.

در این مقاله، تلاش داریم تفاوت‌ها و تعاملات بین فیزیک تجربی و فیزیک نظری را به‌طور مختصر بررسی کنیم.

پیش از اواسط قرن بیستم، بیشتر فیزیکدانان هم به عنوان تجربی‌کار و هم نظریه‌پرداز فعالیت می‌کردند. به عنوان مثال،

همان گونه که گفته شد فیزیک یکی از بنیادی‌ترین علوم طبیعی است که به مطالعه جهان فیزیکی و پدیده‌های آن می‌پردازد. این علم به دو شاخه اصلی تقسیم می‌شود: فیزیک نظری و فیزیک تجربی. هر کدام از این شاخه‌ها نقش مهمی در پیشبرد دانش ما از جهان بازی می‌کنند و به‌طور مؤثر به هم وابسته هستند، اما رویکردها و اهداف آنها متفاوت است. می‌دانیم فیزیک نظری شاخه‌ای از فیزیک است که از مدل‌های ریاضی استفاده می‌کند تا پدیده‌های طبیعی را تبیین، توضیح و پیش‌بینی کند. فیزیکدانان نظری سعی می‌کنند که الگوها و قوانین کلی حاکم بر طبیعت را کشف کنند. این قوانین می‌توانند از نیروهای بنیادین مانند الکترومغناطیس و نیروهای قوی و ضعیف که در سطح زیراتمی رخ می‌دهند گرفته تا گرانش که در سطح کیهان‌شناسی نیروی غالب است، گسترده باشند.

فیزیک نظری نه تنها به توضیح مشاهدات موجود می‌پردازد، بلکه گاهی اوقات پیش‌بینی‌هایی را ارائه می‌دهد که هنوز به‌طور تجربی تأیید نشده‌اند. برای مثال، نظریه نسبیت عام اینشتین پیش‌بینی‌هایی مانند خمیدگی نور در میدان گرانشی و وجود امواج گرانشی داشت که دهه‌ها بعد از طریق فیزیک تجربی تأیید شدند. بنابراین، مطالعه در فیزیک نظری تأثیر زیادی بر توسعه ایده‌ها و نظریه‌های جدید دارد که می‌تواند درک ما از جهان را به‌طور واضح تغییر دهد.

اما فیزیک تجربی شاخه‌ای از فیزیک است که با طراحی و اجرای آزمایش‌ها به منظور آزمایش و تأیید نظریه‌های فیزیکی و کشف پدیده‌های نوین سروکار دارد. فیزیکدانان تجربی از ابزارهای پیشرفته‌ای مانند شتاب‌دهنده‌های ذرات، تلسکوپ‌های فضایی و تجهیزات دقیق آزمایشگاهی برای مطالعه مواد پیشرفته استفاده می‌کنند تا داده‌هایی را جمع‌آوری کنند که بتوانند به‌طور مستقیم نظریه‌های علمی را تأیید یا رد کنند و رفتارهای جمعی که در سامانه بروز می‌کنند را کشف کنند.

یک نمونه اخیر از فیزیک تجربی، پروژه LIGO است که در سال ۲۰۱۶ موفق به رصد اولین امواج گرانشی شد؛ امواجی که اینشتین تقریباً یک قرن قبل پیش‌بینی کرده بود. این کشف نه تنها تأییدی بر نظریه نسبیت عام بود، بلکه دریچه‌ای جدید به

سوی مطالعه کیهان باز کرد. فیزیک تجربی بی‌شک نقش حیاتی در تأیید یا رد نظریه‌های فیزیکی دارد و بدون داده‌های تجربی، نظریه‌ها فقط در حد حدس و گمان باقی می‌مانند. بنابراین، بسیاری از اکتشافات علمی که تغییرات عمده‌ای در فناوری‌ها و زندگی روزمره ایجاد کرده‌اند، از طریق آزمایش‌های فیزیک تجربی به دست آمده‌اند. فیزیک تجربی می‌تواند نظریه‌های موجود را به چالش بکشد و حتی زمینه‌های جدیدی از علم را باز کند.

ممکن است به نظر برسد که فیزیک نظری و تجربی دو رویکرد جداگانه هستند، اما این دو شاخه در واقع به‌شدت به هم وابسته‌اند. نظریه‌پردازان اغلب به داده‌های تجربی نیاز دارند تا نظریه‌های خود را تأیید کنند یا اصلاحات لازم را انجام دهند. از سوی دیگر، فیزیکدانان تجربی به راهنمایی‌های نظری نیاز دارند تا بدانند چه چیزهایی را باید مورد آزمایش قرار دهند، به دنبال چه پدیده‌ای باشند و چگونه نتایج خود را تفسیر کنند. به‌عنوان مثال، نظریه نسبیت عام اینشتین به عنوان یک چارچوب نظری آغاز شد، اما تأیید تجربی آن از طریق مشاهدات نجومی و آزمایش‌های دقیق امکان‌پذیر شد. به همین ترتیب، فیزیک کوانتومی که به وضوح مبتنی بر چارچوب ریاضی است، بر اساس نتایج تجربی از جمله اثر فوتوالکتریک، تابش جسم سیاه و آزمایش‌های پراکندگی ذرات توسعه یافت.

با وجود تعاملات نزدیک بین این دو شاخه، نوعی رقابت علمی نیز بین فیزیک نظری و تجربی وجود دارد. اما در دنیای واقعی، این رقابت به شکلی سازنده منجر به پیشرفت‌های علمی بزرگ شده است. فیزیک نظری و فیزیک تجربی دو روی یک سکه‌اند که هر کدام نقش حیاتی در درک ما از جهان دارند. همکاری و تعامل مداوم بین این دو شاخه، علم فیزیک را به سمت جلو سوق داده است و به ما کمک می‌کند تا درک بهتری از جهان پیرامونمان داشته باشیم.

فیزیک تجربی و فیزیک نظری تأثیر مهمی بر پیشرفت علم داشته‌اند و هر دو نقش‌های بسیار مهمی ایفا می‌کنند. اما این که کدام یک بیشترین تأثیر را دارد، بستگی به نوع نگاه و زمینه‌های علمی مختلف دارد.

تجربی بیشتر بوده است، اما این نکته به هیچ وجه از اهمیت و تأثیرات بنیادی دستاوردهای فیزیک نظری نمی‌کاهد. در انتها باید اشاره کرد فیزیک تجربی در ایران کمتر مورد توجه قرار گرفته است و برای توسعه فیزیک تجربی در ایران باید کوشید. همان‌طور که اشاره شد، این دو حوزه مکمل یکدیگر هستند و بهترین شرایط زمانی خواهد بود که فیزیکدانان تجربی و نظری با یکدیگر کار تحقیقاتی مشترک انجام دهند و جلسات تحقیقاتی مشترک داشته باشند. وقتی این دو گروه با هم همکاری می‌کنند، فیزیکدانان نظری می‌توانند با استفاده از داده‌های تجربی به اصلاح و بهبود نظریه‌های موجود و یا در حال توسعه بپردازند، و فیزیکدانان تجربی نیز می‌توانند از راهنمایی‌های نظریه‌های موجود برای طراحی آزمایش‌های دقیق‌تر و معنی‌دارتر استفاده کنند. علاوه بر این، همکاری میان این دو گروه فیزیکی می‌تواند به توسعه فناوری‌های نوین نیز منجر شود. نظریه‌های فیزیکی که توسط فیزیکدانان نظری ارائه می‌شود، می‌تواند پایه‌گذار توسعه فناوری‌های جدیدی باشد که در آزمایشگاه‌ها توسط فیزیکدانان تجربی مورد بررسی و آزمون قرار می‌گیرند و نتیجه آن ساخت دستگاه‌هایی باشد که در زندگی روزمره مردم به کار رود.

رضاعسگری

سردبیرمجله

۲۰ مرداد ۱۴۰۳

تعیین این که کدام یک از دو شاخه فیزیک، یعنی فیزیک تجربی یا فیزیک نظری، برای یک محقق بهتر است، بستگی به معیارها و زمینه‌های مورد نظر او دارد و اغلب به ترجیحات شخصی و اهداف علمی افراد بستگی دارد. هر دو شاخه به طور متمایز و مکمل هم به پیشرفت علم کمک می‌کنند. هر دو شاخه ضروری‌اند و بسیاری از فیزیکدانان مهارت‌هایی در هر دو زمینه دارند. به همین دلیل نمی‌توان یکی را بهتر از دیگری دانست؛ بلکه بهترین انتخاب به علاقه‌ها، مهارت‌ها و اهداف فرد بستگی دارد. فیزیک نظری بستر لازم را برای نوآوری و گسترش دانش فراهم می‌کند، در حالی که فیزیک تجربی ایده‌ها را به واقعیت تبدیل می‌کند و آنها را با دنیای واقعی تطبیق می‌دهد. بنابراین، بیشترین تأثیر را می‌توان در همکاری و تعامل این دو شاخه مشاهده کرد، چرا که هر یک بدون دیگری ناقص خواهد بود. اگرچه هر دو شاخه علم فیزیک جوایز بین‌المللی مهمی دریافت کرده‌اند، به‌طور کلی، تعداد بیشتری از جوایز نوبل به کشفیات و دستاوردهای تجربی تعلق گرفته است. این شاید به دلیل ماهیت ملموس‌تر و عملی‌تر نتایج تجربی باشد که معمولاً به سرعت تأیید می‌شوند و تأثیرات گسترده‌ای در علم و فناوری دارند.

در مقابل، جوایز نوبل در فیزیک نظری معمولاً به کسانی اعطا می‌شود که نظریه‌هایی با تأثیرات عمیق و بلندمدت ارائه داده‌اند، اگرچه ممکن است این نظریه‌ها زمان زیادی برای تأیید تجربی لازم داشته باشند. به‌طور کلی، تعداد جوایز نوبل در فیزیک