

فیزیک و طبیعت

نگاه فیزیکدان به طبیعت

ورنر هایزنبرگ

ترجمه
مزدا موحد

فرهنگ‌نشر نو
با همکاری نشر آسیم
تهران - ۱۴۰۰

فهرست مطالب

۷	درباره نویسنده	
۹	مفهوم طبیعت در فیزیک معاصر	۱
۱۱	مسأله طبیعت	
۱۷	فتاوری	
۲۰	علم به عنوان جزئی از تعامل انسان و طبیعت	
۲۹	فیزیک اتمی و قانون علیت	۲
۳۱	مفهوم علیت	
۳۳	قوانین آماری	
۳۵	خاصیت آماری نظریه کوانتوم	
۳۹	تاریخچه فیزیک اتمی جدیدتر	
۴۱	نظریه نسبیت و زوال جبرگرایی	
۴۵	آموزش کلاسیک، علم و غرب	۳
۴۷	دلایل سنتی در دفاع از آموزش کلاسیک	
۴۹	توصیف ریاضی طبیعت	

- ۵۱ اتم‌ها و آموزش کلاسیک
 ۵۴ علم و آموزش کلاسیک
 ۵۶ ایمان به وظیفه خود

- ۴
 ۵۹ آغاز علم نوین
 ۶۱ یوهان کپلر (۱۵۷۱-۱۶۳۰)
 ۷۳ گالیله‌تو گالیله‌ئی (۱۵۶۴-۱۶۴۲)
 ۹۴ اسحاق نیوتن (۱۶۴۳-۱۷۲۷)
 ۹۸ اصول ریاضی فلسفه طبیعی (کتاب سوم)
 ۱۰۱ اصول ریاضی فلسفه طبیعی (پایان کتاب سوم، بخش پنجم)

- ۵
 ۱۰۳ ریشه‌های جهان بینی مکانیکی و ماتریالیستی
 ۱۰۵ به کارگیری روش های نیوتن
 ۱۰۵ کریستیان هویگنس (۱۶۲۹-۱۶۹۵)
 ۱۰۹ گاسندی، بویل، دکارت
 ۱۱۱ ژان لورون دالامبر (۱۷۱۷-۱۷۸۳)
 ۱۱۷ ژولین اوفری دلامتری (۱۷۰۹-۱۷۵۱)
 ۱۱۹ ویلهلم اوستوالد (۱۸۵۳-۱۹۳۲)

- ۶
 ۱۳۳ بحران مفهوم مکانیکی-ماتریالیستی
 ۱۳۶ هاینریش هرترس (۱۸۵۷-۱۸۹۴)
 ۱۴۰ لویی دوبروی (۱۸۹۴-۱۹۸۲)

- ۱۵۹ خلاصه
 ۱۶۱ کتابشناسی
 ۱۶۷ نمایه

درباره نویسنده

ورنر کارل هایزنبرگ به تاریخ ۱۵ دسامبر ۱۹۰۱ در وورتزبورگ^۱ به دنیا آمد. پدر او آگوست هایزنبرگ دبیر دبیرستان بود. در ۱۹۰۹ پدرش استاد زبان یونانی میانی و مدرن دانشگاه مونیخ شد. ورنر هایزنبرگ در این شهر و در مدرسهٔ ماکسیمیلیان درس خواند و در ۱۹۲۰ فارغ‌التحصیل شد. سپس در مونیخ فیزیک خواند. استاد‌های اصلی او سامرفلد، وین^۲، پرینگسهام^۳ و روزنتال بودند. در ترم زمستان ۲۳-۱۹۲۲ تحت نظر بورن، فرانک و هیلبرت در گوتینگن درس خواند و در ۱۹۲۳ هنگامی که در مونیخ تحت نظر سامرفلد بود مدرک دکترای خود را گرفت. سپس در گوتینگن همکار بورن شد. در زمستان ۲۵-۱۹۲۴ با بورس راکفلر تحت نظر نیلز بور در کپنهاگ مشغول بود. در تابستان ۱۹۲۵ در گوتینگن کار کرد. در ۱۹۲۶ به‌عنوان استادیار فیزیک نظری در دانشگاه کپنهاگ منصوب شد. در پاییز ۱۹۲۷ استادیار فیزیک نظری در دانشگاه لایپزیگ شد. در ۱۹۲۹ برای سخنرانی، سفری طولانی به ایالات متحد، ژاپن و هندوستان کرد. در ۱۹۳۲ و ۱۹۳۹ باز در ایالات متحد سخنرانی کرد. در ۱۹۳۳ جایزهٔ نوبل سال ۱۹۳۲ را دریافت کرد. در ۱۹۴۱ به دانشگاه برلین رفت و در ضمن مدیر انستیتو قیصر ویلهلم در برلین-داهلم^۴ شد. پس از جنگ او و چند فیزیکدان اتمی دیگر

1. Wurzburg

2. Wilhelm Wien

3. Ernst Pringsheim

4. Berlin-Dahlem

را سربازهای آمریکایی دستگیر کردند و به انگلستان فرستادند. در بهار ۱۹۴۶ بازگشت و همراه با چند همکار پیشین، «انستیتوی فیزیک قیصر ویلهلم» را در گوتینگن دوباره راه انداخت. این انستیتو از ۱۹۴۶ در چهارچوب انجمن ماکس پلانک (که به‌عنوان جانشین انجمن قیصر ویلهلم ایجاد شد)، مشغول فعالیت بوده است و از ۱۹۴۸ به نام انستیتوی فیزیک ماکس پلانک شناخته می‌شود. این انستیتو عمدتاً در مورد اشعه کیهانی تحقیق می‌کند و از این طریق فیزیک اتمی پرنرژی‌ترین ذرات بنیادین را بررسی می‌کند. در بهار ۱۹۴۸، هایزنبرگ چند ماه در دانشگاه کمبریج سخنرانی کرد و در پاییز سال‌های ۱۹۵۰ و ۱۹۵۴ برای سخنرانی در چندین دانشگاه ایالات متحد دعوت شد. در سال تحصیلی ۱۹۵۵-۶ کرسی گیفورد در دانشگاه سنت اندروز را داشت و از ۱۹۵۸ نیز مدیر انستیتو فیزیک ماکس پلانک در گوتینگن بود. در یکم فوریه ۱۹۷۶ درگذشت.

گفته‌اند که دیدگاه انسان معاصر به طبیعت آن قدر نسبت به گذشته دگرگون شده است که تمامی روابط ما با طبیعت، حتی روابط هنرمندان با آن، باید بر اصول جدیدی استوار شود. در قرون پیشین، فلسفه طبیعی جمع‌وجوری دیدگاه‌های انسان را بیان می‌کرد، اما امروزه، نظرگاه انسان عمدتاً با علوم جدید و فناوری نوین معین می‌شود. به همین دلیل، بررسی مفهوم طبیعت در علم معاصر و به‌خصوص در فیزیک معاصر، نه تنها برای محققان علم، بلکه برای همه مهم است. دگرگونی‌های بنیادین دانش‌های نوین را باید نشانه تغییر در نحوه زیست خود بدانیم و همین بر تمامی جنبه‌های زندگی ما اثر دارد. این نکته سبب می‌شود حتی کسانی که می‌کوشند جوهر طبیعت را با کمک فلسفه یا خلاقیت درک کنند، دگرگونی‌های دیدگاه دانشمندان را در مورد طبیعت در نظر بگیرند؛ تغییراتی که در چند دهه اخیر روی داده است.

مسأله طبیعت

تغییر دیدگاه محقق به طبیعت

نقطه شروع بحث ما، بررسی ریشه‌های تاریخی دانش نوین است. کپلر، گالیله و نیوتن دانش امروزی را در قرن هفدهم پایه نهادند. در آن دوران، دیدگاه قرون وسطایی در مورد طبیعت هنوز دیدگاه مسلط بود. طبیعت

را مخلوق خدا می‌دانستند و پرسش در مورد عالم مادی بدون ارجاع به خدا بی‌معنی بود. عبارت پایانی کپلر در کتاب هم‌نوايي کائنات را به عنوان شاهدهی از آن زمانه نقل می‌کنم: «منت بر تو باد ای خدای خالق ما، که با صنعت خویش به من توان دیدن زیبایی اعطا فرمودی. با حاصل تلاش این دست‌ها که متعلق به تو هستند، تو را می‌ستایم. آری، اکنون کاری که برای آن خلق شدم پایان یافت. از آن‌چه به من اعطا کردی بهره بردم و تا حدی که این بندهٔ قاصر را توان درک بود، شکوه خلقت را برای خوانندگان این مکتوب بیان کردم».

اما تنها چند دهه بعد بود که دیدگاه انسان در مورد طبیعت به شکلی اساسی دگرگون شد. دانشمندان بیش از پیش در جزئیات پدیده‌های طبیعی تحقیق کردند و به این نتیجه رسیدند که اگر بشر بخواهد فرایندهای طبیعی منفرد را از طریق ریاضی توصیف کند و توضیح دهد، باید آن‌ها را کاملاً از محیط جدا کند. نخستین کسی که به این نتیجه رسید گالیله بود. عظمت کاری که در برابر علم نوین قرار داشت در همین دوران مشخص شد. نیوتن دیگر طبیعت را کلیتی نمی‌دانست که تنها به عنوان مخلوق خداوند قابل درک باشد. بهترین راه برای جمع‌بندی دیدگاه او در مورد طبیعت، نقل این گفتهٔ اوست: «نمی‌دانم دنیا مرا چگونه می‌بیند، اما من خود را کودکی می‌دانم که در ساحل دریا بازی می‌کند. گاهی پیدا کردن سنگی صیقلی‌تر یا گوش‌ماهی‌ای زیباتر مرا سرگرم می‌کند، اما اقیانوس بزرگ حقایق ناشناخته پیش روی من است».

شاید بهترین روش برای درک دگرگونی نگرش دانشمندان به طبیعت، به یاد آوردن این نکته باشد که طبق عقاید مسیحی آن دوران، خداوند در خُلد برینی بر فراز زمین تصور می‌شد. این باور باعث می‌شد که بتوانیم به زمین بنگریم بی‌آنکه ناگزیر از ارجاع به خداوند باشیم. پس می‌توانیم خود را محق بدانیم که (همان گونه که ظاهراً کاملاً^۱ خود را محق می‌دانست)

۱. Wilhelm Kamlah (۱۹۰۵-۱۹۷۶): ویلهلم کاملا متأله و فیلسوف آلمانی. - م.

علم نوین را نوعی مسیحی از غیاب خدا بدانیم. شاید به همین دلیل باشد که مشابه این تحول در فرهنگ‌های دیگر صورت نگرفته است. هنرهای تجسمی آن دوران، طبیعت را بدون اشاره به مفاهیم مذهبی تصویر می‌کردند و این نیز به هیچ وجه اتفاقی نبود. دانشمند طبیعت را مستقل از خدا و حتی مستقل از انسان در نظر می‌گرفت و می‌کوشید از آن توصیف یا توضیحی عینی ارائه کند و با این عمل، دقیقاً با همان گرایش هم‌نوایی می‌کرد. به هر روی باید با تأکید به یاد داشت که حتی برای نیوتن، اهمیت گوش‌ماهی تنها به دلیل بیرون آمدن آن از اقیانوس عظیم حقیقت بود. مشاهده آن هنوز به خودی خود هدف نبود، ارتباطش با اقیانوس بود که به آن ارزش می‌داد.

در سال‌های آتی، شیوه‌های نیوتن در علم مکانیک با موفقیت در دیگر گستره‌های طبیعت به کار گرفته شد. سعی شد جزئیات فرایندهای طبیعی را با آزمایش کشف و به شکل عینی مشاهده کنند و از این طریق قوانین حاکم بر آن‌ها درک شود. تلاش کردند روابط را از طریق ریاضی بیان کنند و «قوانینی» به دست آورند که در تمامی عالم بی‌هیچ محدودیت صادق باشد. دانشمندان با این کار موفق شدند قوانین طبیعت را تابع اهداف انسان کنند. توسعه درخشان علم مکانیک در قرن هجدهم و توسعه فناوری نور، حرارت و ترمودینامیک در آغاز قرن نوزدهم، همگی نشانه‌های قدرت این رویکرد است.

تغییرات مفهوم واژه «طبیعت»

دانش نوین موفق شد از محدوده تجربیات روزمره خارج و به گستره طبیعت وارد شود؛ گستره‌ای که تنها راه صحیح ورود به آن، یاری گرفتن از فنونی بود که با توسعه خود علم به دست می‌آمد. گام تعیین‌کننده، حتی برای نیوتن، درک این حقیقت بود که قوانین مکانیکی تعیین‌کننده چگونگی سقوط

سنگ را می‌شد به حرکت ماه دور زمین نیز تعمیم داد. این به معنی کارایی قوانین علمی در تمامی عالم بود. در دوران بعد، شاهد پیشرفت سریع علم در گستره‌ای وسیع بودیم و علم به محدوده‌های دوردست طبیعت هم وارد شد؛ به سرزمینی که تنها با به‌کارگیری فنآوری و با استفاده از ابزارهای نسبتاً پیچیده در دسترس بود. نجوم توانست با به‌کارگیری دوربین‌هایی که هر روز قوی‌تر می‌شد، از کیهان پهناور آگاه شود. شیمیدان‌ها کوشیدند با مطالعه ماده به هنگام تغییرات شیمیایی، فرایندها را در مقیاس اتمی درک کنند. آزمایش‌هایی که با دستگاه القا و پیل ولتا انجام گرفت، پدیده‌های الکتریکی را برای همگان آشکار کرد؛ پدیده‌هایی که پیش از آن درکشان برای همگان ناممکن بود. این پیشرفت‌ها سبب شد اهمیت طبیعت به عنوان موضوعی برای مطالعه دانشمندان به تدریج دگرگون شود. طبیعت مفهومی کلی شد، مفهومی برای تمامی گستره‌های تجربی که انسان می‌توانست با علم و فنآوری به آن وارد شود. مفهومی که دیگر ارتباطی با حس عینی نداشت. ترکیب «توصیف طبیعت» نیز اهمیت پیشین خود را به عنوان روایتی زنده و معنا دار از طبیعت از دست داد. مفهوم این ترکیب بیش از پیش به توصیفی ریاضی از طبیعت، یعنی مجموعه‌ای دقیق و فشرده اما جهان‌شمول از اطلاعات در مورد روابط موجود در طبیعت، نزدیک می‌شد. اما هنوز نباید چنین تصور کنیم که توسعه نیمه‌آگاهانه مفهوم طبیعت، جدا شدن کامل از اهداف اولیه علم بود. حتی در این گستره وسیع نیز مفاهیم اساسی با مفاهیم تجربه عینی یکسان می‌شد. در قرن نوزدهم، طبیعت هنوز هم مجموعه‌ای از قوانین در فضا و زمان به نظر می‌رسید؛ قوانینی که بر مبنای آن می‌شد از انسان و دخالتش در طبیعت، اگر نه در عمل، در اصول صرف نظر کرد.

ماده را تنها با توجه به جرمش در نظر می‌گرفتند که در تمامی دیگرگونی‌ها ثابت می‌ماند و برای حرکت دادنش باید نیرویی اعمال می‌شد. پس از قرن هجدهم، آزمایش‌های شیمی را می‌شد با در نظر گرفتن فرضیات اتمی