

## اصطلاحات (۱۱)

### اشاره

منبع اصلی مورد استفاده در این بخش کتاب راهنمای معرفت شناسی است که دو تن از اساتید معرفت شناسی، یعنی جانانان دنسی و ارنست سوسا آن را ویرایش کرده‌اند و ۱۳۷ تن از اساتید دانشگاه‌های جهان در نوشتن آن همکاری داشته‌اند. کتاب نخستین بار در سال ۱۹۹۲ توسط انتشارات بلک‌ول منتشر و پس از آن بارها تجدید چاپ شده‌است. البته در نوشتن مقاله‌های این بخش علاوه بر کتاب گفته شده از سه منبع زیر

نیز استفاده می‌شود:

- I. *A Dictionary of Philosophy*, edited by Thomas Mautner, Oxford: Blackwell, 1996.
- II. *The Cambridge Dictionary of Philosophy*, General editor, Robert Audi, Cambridge: Cambridge University Press, 1995.
- III. *The Oxford Companion to Philosophy*. Edited by Ted Hondrich. Oxford: Oxford University Press, 1995.

\*\*\*

### Philosophy of Science

### فلسفه علم

تعبیر «فلسفه...» از چند جهت مبهم است: این تعبیر گاهی بر حوزه پژوهش و گاهی بر یک نظریه خاص اطلاق می‌شود؛ به‌طور مثال «فلسفه ذهن» بر یک حوزه پژوهش دلالت می‌کند، درحالی‌که «فلسفه ذهن ارسطو» بر نظریه‌ای معین دلالت می‌کند. از سوی دیگر، در تعبیر «فلسفه تاریخ» ابهام دیگری وجود دارد: فلسفه تاریخ ممکن است با جریان کلی وقایع در طول زمان سر و کار داشته باشد، یا ممکن است به ماهیت و روش‌های تاریخ‌نگاری بپردازد. همچنین تعبیر «فلسفه دین» نیز دارای ابهام است، و ممکن است به معنای اصل دین یا مطالعه باورهای دینی باشد. همین ابهام عیناً در خصوص تعبیر «فلسفه حقوق» نیز وجود دارد، این تعبیر را می‌توان به معنای مجموعه‌ای از

اصول حقوقی (احتمالاً براساس یک نظریه عقلانی درباره عدالت) یا به معنای بررسی و مطالعه ماهیت قوانین و نظام‌های حقوقی و قضایی به کار برد.

فلسفه علم، آن گونه که امروز ساخته شده است، شاخه‌ای از فلسفه است که بر بررسی انتقادی متمرکز است: این بررسی هم شامل روش‌ها و مبادی تصویری و تصدیقی علوم می‌شود هم شامل نتایج حاصل از آنها. یکی از شاخه‌های اصلی فلسفه علم، روش‌شناسی (methodology) است که پیوند نزدیکی با نظریه معرفت دارد. روش‌شناسی در باب روش‌هایی تحقیق می‌کند که علم به وسیله آنها به حقایق مفروض درباره جهان دست می‌یابد، به تعبیر دیگر، روش‌شناسی دلایل عقلانی و منطقی مربوط به روش‌های علم را به نحو انتقادی بررسی و مطالعه می‌کند. مسائلی از قبیل معنای پذیرش نظریه‌ها در علم، و نسبت بین شاهد و فرضیه، و درجه ابطال‌گری داده‌های مشاهده‌ای در باب مدعیات علمی، مسائلی هستند که روش‌شناسی به بررسی آنها می‌پردازد.

بعضی دیگر از شاخه‌های فلسفه علم، معنا و محتوای نتایج علمی مقبول را بررسی می‌کنند و به این ترتیب با مابعدالطبیعه و فلسفه زبان پیوند نزدیک دارند. نمونه مسائلی که در این شاخه‌ها بررسی می‌شود عبارت‌اند از مسئله ماهیت قوانین علمی، و محتوای شناختی نظریه‌های علمی مربوط به مشاهده‌ناپذیرها (unobservables)، و مسئله ساختار تبیین‌های علمی.

فلسفه علم همچنین مسائلی بنیادی برخاسته از نتایج خاص علوم را مطالعه و بررسی می‌کند از قبیل پیش‌فرض‌های مابعدالطبیعی نظریه‌های مربوط به زمان - مکان، و نقش احتمالات در فیزیک آماری، و تفسیر اندازه در نظریه کوانتوم، و ساختار تبیین‌ها در زیست‌شناسی تکاملی و غیره. مفاهیمی که در فلسفه علم مطرح هستند به حسب موضوعات و حوزه‌های اطلاعاتشان به چند دسته تقسیم می‌شوند:

### ۱. مفاهیم مربوط به اعتبار فرضیه‌ها

وقتی مسئله اعتبار فرضیه‌های علمی بررسی می‌شود چند مفهوم بسیار مهم مطرح می‌شوند که عبارت‌اند از:

*استقرائگرایی (inductivism)*. برطبق این دیدگاه جزئیاتی که تحت فرضیه‌ها واقع می‌شوند می‌توانند از راه پیش‌بینی این فرضیه‌ها آنها را حمایت و تقویت کنند. به تعبیر دیگر، فرضیه‌ها درواقع حاصل تفحصات جزئی هستند و از انباشت این تفحصات است که فرضیه‌ها تولید می‌شوند. اگر کسی این اصل استنتاج استقرایی را به این معنا تلقی کند که آینده، شبیه گذشته

خواهد بود؛ و اگر او در این خصوص «هر نوع شباهت» را جایز بداند، در معرض این اعتراض شک‌گرایانه خواهد بود که این اصل عاری از محتوا، و اصلاً حتی با خود متناقض است. بارها گفته‌اند که برای اینکه این اصل دارای محتوا و سازگاری باشد باید فقط *انواع طبیعی* (natural kinds) یعنی به‌واقع اوصاف ذاتی امور، در صورت‌بندی فرضیه‌های علمی دخالت داده شود، و جداً از مغالطه «اخذ بالعرض به‌جای بالذات» پرهیز گردد.

در مقابل استقراگرایی، دیدگاه مرسوم به *الگوی فرضی قیاسی* (*hypothetico-deductive model*) علم مطرح است. براساس این دیدگاه، نظریه‌های علمی نخست بر پایه تخیل خلاق دانشمندان پدید می‌آیند و سپس با هدف توجیه آنها، بر پیش‌بینی‌های مشاهده‌ای استنتاج‌شده از این نظریه‌ها عرضه می‌شوند.

**استنتاج محتمل** (*abduction*) در یونانی *ἀπαγωγή*، *آپا‌گو‌گه*، مفهوم استنتاج محتمل در منطق ارسطو (*تحلیلات اولی*، ۲، ۲۵، ۶۹ الف ۲۰ و بعد) این است که استنتاج محتمل، استنتاجی است که در آن «حد نخستین [یعنی اکبر] به‌وضوح به حد وسط تعلق می‌گیرد، اما تعلق حد وسط به حد آخر [یعنی اصغر] غیر یقینی است، هرچند این رابطه به اندازه نتیجه یا بیش‌تر از آن متقاعدکننده باشد» (همان، ۶۹ الف ۲۲ - ۲۱). به این ترتیب در استنتاج محتمل مقدمه کبری، یقینی است اما مقدمه صغری فقط محتمل است؛ و بنابراین نتیجه آن نیز محتمل خواهد بود. اما در فلسفه علم، این دیدگاه را که فرضیه‌ها تا آنجا قطعی تلقی می‌شوند که «بهترین تبیین» داده‌ها را فراهم آورند استنتاج محتمل یا گاهی استنتاج بهترین تبیین می‌نامند.

**تأیید** (*confirmation*). تأیید بیانگر نسبت بین شاهد و فرضیه است. اگر کسی معتقد شود که شواهدی که فرضیه را به بار می‌آورد حقایق آن را تضمین می‌کنند بی‌آنکه آنها را به‌طور کلی تثبیت کنند، در این صورت به نظریه **تأیید** معتقد شده است. تبیین‌های روش‌شناختی از قبیل استقراگرایی بر این‌گونه تضمین‌ها صحه می‌گذارند و شواهد را سازنده فرضیه محتمل می‌دانند بی‌آنکه آن را با قطعیت تثبیت شده بدانند.

**احتمال** (*probability*). در زمینه تأیید، احتمال را نسبت بین گزاره‌های کمی‌ای می‌دانند که نظریه‌های صوری احتمالات این نسبت را توصیف می‌کند. به این ترتیب «درجه حمایت» یک گزاره از گزاره دیگر را اندازه می‌گیرند؛ به‌طور مثال، معین می‌کنند که گزاره‌های مشاهده‌ای تا چه اندازه می‌توانند فرضیه برخاسته از آنها را حمایت کنند.

**همگرایی (convergence).** متخصصان روش علمی اغلب ادعا می‌کنند که همگرایی ویژگی اصلی علم است و مقصودشان این است که نظریه‌های علمی در نظم و بستر تاریخی‌شان در یک نظریه نهایی و غایی و آرمانی به هم می‌رسند. برطبق تبیین واقع‌گرایانه همگرایی، نظریه نهایی صادق است زیرا مطابق «جهان واقعی» است؛ اما بر پایه روایت عمل‌گرایانه همگرایی، نظریه نهایی صرفاً معین‌کننده شاخص صدق است.

**سادگی (simplicity).** گاهی ادعا شده است که یکی از دلایل گزینش یک نظریه مقبول، علاوه بر مطابقت آن با داده‌های مشاهده‌ای، سادگی نظریه است. این دیدگاه روایت‌های گوناگون دارد، که در برخی از آنها بر عناصر صوری نظریه تأکید می‌شود، و در پاره‌ای دیگر بر محتوای آن. به طور مثال، در بعضی از این روایت‌ها معیار سادگی نظریه، این است که در آن عناصر هستی‌شناختی کمتری وجود داشته باشد.

**محافظه‌کاری روش‌شناختی (methodological conservatism).** گاهی می‌گویند جامعه علمی آن نظریه‌ای را می‌پذیرد که با داده‌هایی که در نظریه قبلی کمترین دگرگونی را پدید می‌آورند سازگار باشد. این دیدگاه به نام محافظه‌کاری روش‌شناختی معروف شده است. کسانی که به محافظه‌کاری روش‌شناختی باور دارند از آن به‌عنوان دیدگاهی معقول دفاع می‌کنند.

**آزمایش قاطع (crucial experiment).** آزمایش و تجربه‌ای که بتواند به طور قاطع نشان دهد که یک فرضیه علمی کاذب است نسبت به آن فرضیه، آزمایش قاطع نامیده می‌شود. بسیاری از فیلسوفان معتقدند برای یک فرضیه علمی، وقتی با فرضیه‌های نظری دیگر به طور مرتبط لحاظ شود، نمی‌تواند آزمایش مطلقاً قاطع وجود داشته باشد.

## ۲. مفاهیم مربوط به ساختار فرضیه

وقتی ساختار فرضیه علمی مطالعه و بررسی می‌شود چند مفهوم اساسی پدید می‌آید که عبارت‌اند از:

**نظریه (theory).** علم در مقام تبیین جهان، هستارها و اوصافی نو وضع می‌کند که می‌گویند این هستارها و اوصاف در مشاهده مستقیم در دسترس نیستند. نظریه عبارت است از مجموعه‌ای از فرضیه‌هایی که این‌گونه هستارها و اوصاف را وضع می‌کنند. بعضی از فیلسوفان نتایج منطقی یک نظریه را به دو بخش تقسیم می‌کنند: بخشی که فقط بر چیزها و اوصاف مشاهده‌پذیر دلالت

دارند، و بخشی که علاوه بر این، بر مشاهده‌ناپذیرها نیز دلالت می‌کنند. رویکردهای گوناگون تحویل‌گرایان (reductionists) و حذف‌گرایان (eliminationists) و ابزارانگاران (instrumentalists) در باب نظریه‌های علمی در این امر با یکدیگر توافق دارند که کل محتوای شناختی یک نظریه در نتایج مشاهده‌ای آن، که در جملات مشاهده‌ای گزارش می‌شود، خلاصه می‌گردد. اما در مقابل این رویکردها، فیلسوفانی وجود دارند که در باب نظریه‌های علمی، واقع‌گرا هستند و معتقدند که حتی مشاهده‌ناپذیرهای یک نظریه، واقعیت دارند و محتوای علمی نظریه را نمی‌توان به جملات مشاهده‌ای آن محدود ساخت.

**ابزارانگاری (instrumentalism).** ابزارانگاری بر آن است که آن بخش‌هایی از نظریه علمی را که به طور مستقیم با نتایج مشاهده‌ای مرتبط نیست نباید اصلاً ارجاعی تلقی شود، بلکه باید بیش‌تر «ابزار زبانی صرف» تلقی شود که استنتاج نتایج مشاهده‌ای از فرانهش‌های (posits) معین را مجاز می‌دارند. از نظرگاه ابزارانگاری اصطلاحاتی که بر مشاهده‌ناپذیرها دلالت می‌کنند فاقد ارجاع اصیل هستند و جملاتی که این‌گونه اصطلاحات را شامل می‌شوند در واقع به‌تنهایی نه صادق‌اند نه کاذب.

**تحقیق‌پذیرگرایی (verificationism).** تحقیق‌پذیرگرایی، نامی است عمومی برای این آموزه که محتوای معناشناختی یک اظهار در شرایطی خلاصه می‌شود که پذیرش یا رد آن اظهار را تضمین می‌کنند. روایت‌های گوناگونی از تحقیق‌پذیری وجود دارد که می‌کوشند در عین حال هم این ادعایی تجربه‌گرایانه را حفظ کنند که محتوای یک اظهار عبارت است از کل پیامدهای تجربی آن، و هم حق تنوع وسیع شهودهای فراتحویل‌گرایانه در باب معنا را ادا کنند.

**عملیات‌گرایی (operationalism).** نام عملیات‌گرایی بر این آموزه اطلاق شده است که جملات نظری، چون دارای محتوای شناختی اصیل هستند، باید به جملاتی که فقط اصطلاحات مشاهده‌ای دارند دقیقاً ترجمه‌پذیر باشند.

**کل‌گرایی معناشناختی (semantic holism).** بر طبق دیدگاه کل‌گرایی معنی‌شناختی، معنای اصطلاحات موجود در نظریه‌های علمی را نقش این اصطلاحات در کل نظریه تثبیت می‌کند. بنابراین، نمی‌توان با توسل به اصطلاحات مشاهده‌ای اصطلاحات نظری (theoretical) را تعریف کرد بلکه همه اصطلاحات نظری معنای‌شان را «به‌عنوان گروه» از ساختار نظریه به‌عنوان یک کل به دست می‌آورند. نظریه تأییدی که با کل‌گرایی معنی‌شناختی متناظر است این است که تأیید یک

نظریه شامل کل نظریه می‌شود نه شامل تک تک جملات آن. این نظریه تأیید را نیز **کل‌گرایی** تأییدی (confirmational holism) می‌نامند.

**جمله رمزی (Ramsey's sentence).** جمله رمزی که فرانک پلومپتون رمزی (Frank Plumpton Ramsey, ۱۹۰۳ - ۳۰)، فیلسوف منطق و ریاضی‌دان انگلیسی آن را ابداع کرده است (نگا. رمزی، **مبانی ریاضیات (The Foundations of Mathematics)**، ۱۹۳۱، صص ۳۶ - ۲۱۲)، با هدف حذف اصطلاحات نظری در علم طراحی شده است. برای به دست آوردن جمله رمزی همه جملات یک نظریه علمی را گرد می‌آورند، سپس به جای هر اصطلاح نظری یک متغیر محمولی (predicate variable) می‌گذارند و بر سر جمله یک سور وجودی (existential quantifier) می‌گذارند تا متغیر را مقید سازد. این جمله در واژگان مشاهده‌ای تنها، همان نتایجی را دارد که نظریه دارد. بعضی‌ها ادعا کرده‌اند که محتوای شناختی نظریه رد جمله رمزی خلاصه می‌شود. تصور بعضی این است که جمله رمزی هم معنای اصطلاحات نظری را «معین» می‌کند و هم نتایج تجربی نظریه را دارد. به طور مثال، در جمله «باران حاصل ابرهای باردار است و سبب رویش گیاهان می‌شود، اگر به جای «باران» بگذاریم «الف» و بگوییم «یک الف وجود دارد که حاصل ابرهای باردار است و الف سبب رویش گیاهان می‌شود» به جمله رمزی متناظر با آن جمله دست یافته‌ایم.

**تحویل (reduction).** غالباً می‌گویند نظریه‌های چنان با یکدیگر پیوسته‌اند که یک نظریه به نظریه دیگر قابل تحویل است. مطالعه نسبت نظریه‌ها با یکدیگر در این زمینه را مطالعه تحویل بین نظریه‌ای نامیده‌اند. این گونه مدعیات تحویل‌گرایانه می‌تواند منشأ فلسفی داشته باشد، چنان‌که ادعا می‌کنند که اشیای مادی را می‌توان به داده‌های حسی یا نسبت‌های مکانی - زمانی را به نسبت‌های علی تحویل داد؛ همچنین این گونه مدعیات تحویل‌گرایانه ممکن است حاصل اکتشافات علمی باشند، چنان‌که در تحویل نظریه امواج نور به نظریه تشعشع الکترومغناطیس چنین است. «الگو»های متفاوتی از تحویل به حسب زمینه و مورد وجود دارد.

**واقع‌گرایی علمی (scientific realism).** واقع‌گرایی علمی کاربردهای بسیار و متنوع دارد. کسانی که خود را واقع‌گرای علمی می‌دانند از جمله بر این تأکید دارند که نظریه‌های علمی «جافتاده» نوعاً بر اوصاف واقعی جهان دلالت می‌کنند، و تاریخ گذشته ابطال‌های نظریه‌های علمی مقبول نمی‌تواند دلیل قانع‌کننده و خوبی برای شکاکیت دائم در خصوص مدعیات صادق نظریه‌های

علمی معاصر باشد، و آن دسته از اصطلاحات نظریه‌های علمی را که بر مشاهده‌ناپذیرها دلالت می‌کنند باید برحسب معنای ظاهری آنها تلقی کرد و نباید به شیوهٔ ابزارانگارانه تفسیر کرد.

**واقع‌گرایی درونی (internal realism).** واقع‌گرایی درونی منکر ادعاهای ضدواقع‌گرایانه مبتنی بر ابطال‌های نظریه‌های مقبول در گذشته است. با این همه، واقع‌گرایان درونی درباب مطابقت مدعیات «مابعدالطبیعی» نظریه‌های صادق علمی با جهان واقعی، یا درباب هر مفهومی از صدق که بتوان با اصطلاحات غیرمعرفتی تعبیر کرد شک می‌آورند. درحالی که نظریه‌ها ممکن است در یک نظریهٔ نهایی «صادق» به هم برسند، مفهوم صدق در اینجا باید برحسب بعضی روایت مفهوم پیرسی از حقیقت به‌عنوان «تحقیق‌پذیری مستند نهایی» فهمیده شود.

**تحت تصمیم بودن نظریه (underdetermination of theory).** گاهی چنان است که چند نظریهٔ متفاوت، که مشتمل بر مفاهیم نظری متفاوت هستند، با شاهد تجربه‌ای که در دسترس است به طور تجربی حمایت می‌شوند و با آن شاهد سازگار هستند؛ به تعبیر دیگر، هرگاه چند نظریه که منطقاً با یکدیگر سازگار نیستند اما همهٔ شواهد ممکن تجربی همهٔ آنها را حمایت کند می‌گویند این نظریه‌ها تحت تصمیم‌اند. این تعبیر همچنین بر جفت نظریه‌هایی اطلاق می‌شود که هرچند با یکدیگر ناسازگار نیستند، در عین حال شامل مفاهیم نظری کاملاً متفاوت هستند. در چنین وضعیتی معمولاً دنبال شاهد دیگری می‌گردند که یکی از نظریه‌های مورد بحث را بر دیگری ترجیح دهد. وجود این‌گونه نظریه‌ها هر فیلسوف تجربه‌گرا را مضطرب می‌سازد زیرا او یا باید همهٔ این نظریه‌ها را انکار کند یا اینکه برای ترجیح یکی از نظریه‌ها بر نظریه‌های دیگر، که با این نظریه تحت تصمیم‌اند، یک اساس تجربی بیابد.

**قانون طبیعت (Law of nature).** قانون طبیعت، تصمیمی است از دریافت‌های تجربی دربارهٔ جهان که قوت قانون دارد. انسان از قدیم تشخیص داده است که جهان، دست‌کم تا اندازه‌ای، دارای نظم است. یونانیان باستان این تشخیص را این‌گونه مطرح می‌کردند که می‌گفتند جهان ما **خائوس** (Káos، آشوب و بی‌نظمی) نیست بلکه **کوسموس** (κόσμος، نظم خوب و زیبا) است. در خلال پیشرفت‌های علمی در سده‌های شانزدهم و هفدهم و مخصوصاً بعد از نیوتن این تصور کاملاً جاافتاده که جهان دارای نظم است که می‌توان آن را از طریق روابط کمی دقیق بین کمیت‌های فیزیکی بیان کرد. این‌گونه روابط وقتی کشف شدند، نام **قانون** به خود گرفتند، مثل قانون گرانش نیوتن، قانون بویل - ماریوت درباب گازها. ادعا می‌شود که قوانین طبیعت

تصمیم‌های کلی مبتنی بر روابط علی میان اشیاء فیزیکی است. دیوید هیوم منکر وجود این‌گونه قوانین شد و اعتقاد داشت که اظهارات کلی درباب اوصاف اشیای فیزیکی بیانگر روابط ضروری بین آنها نیست و این‌گونه اظهارات کاملاً بالعرض هستند و به عادات ما بستگی دارند. اما دیدگاهی که بعد از هیوم پدید آمد بر آن است که روابط کمی‌ای که قوانین اصیل طبیعت بیان می‌کنند بسیار عمیق‌تر از روابط بالعرض‌اند و بیانگر نوعی از ضرورت می‌باشند. قانون طبیعت صرفاً به ما نمی‌گوید که چه چیزی رخ داده است، بلکه در عین حال این را نیز می‌گوید که چه چیزی باید رخ نماید. برخلاف دیدگاه کسانی مثل هیوم، قانون طبیعت صرفاً تعمیم محض دربارهٔ موارد جزئی نیست بلکه اوصاف کلی با روابط کلی بین اشیای فیزیکی را بیان می‌کند.

**یکسانی شرایط** (*ceteris paribus* یا *caeteris paribus*) هر دو صورت استعمال می‌شود). مقصود از این اصطلاح این است که معمولاً برای اطلاق قانون علمی به وضعیت‌های واقعی در جهان و برای حفظ صدق پیش‌بینی قانون آن را با این عبارت مشروط می‌سازند که «دیگر اوصاف وضعیت مورد نظر عادی است». این‌گونه عبارات را که بر داشتن شرایط معین دلالت دارد **یکسانی شرایط** می‌نامند. اینکه این شرایط را نمی‌توان همیشه برآورده یافت نشان وجود مسائل مهمی درباب «بافت باز» (open texture) مدعیات علمی است.

**جبرانگاری (موجبیّت، determinism)**. براساس جبرانگاری، با وجود قانون‌های طبیعت، تشخیص کامل یک وضعیت جهان در یک زمان برای ثابت دانستن آن در هر زمان دیگر بسنده است. البته جبرانگاری را نباید با مدعیات مربوط به پیش‌بینی‌پذیر بودن کلی خلط کرد زیرا حتی اگر جبرانگاری دیدگاهی درست باشد ممکن است وضعیت کامل جهان هرگز برای معرفت علمی در اصل دسترس‌پذیر نباشد.

### ۳. مفاهیم مربوط به مبانی نظریه‌های فیزیکی

چند مفهوم اساسی وجود دارند که به هنگام بحث از مبانی نظریه‌های فیزیکی، و به‌ویژه به هنگام بحث درباب نظریه‌های مربوط به مکان و زمان و نظریهٔ کوانتوم پیش می‌آیند. از جملهٔ این مفاهیم عبارت‌اند از:

**روابط‌انگاری (relationsim)**. این آموزه که مکان و زمان باید به‌مثابهٔ تبار روابط مکانی و زمانی موجود در بین اجزای مادی سازندهٔ جهان تلقی شود **روابط‌انگاری** نامیده شده است.



روابط‌انگاران منکر این هستند که «خود مکان» نیز باید جزئی از جهان در کنار دیگر اجزای مادی سازنده جهان تلقی شود.

**جوهرانگاری (substantialism)** جوهرانگاری همان دیدگاهی درباب مکان است که روابط‌انگاری آن را نفی می‌کند. براساس جوهرانگاری، «خود مکان» یک جزء دیگری از جهان است که باید آن را به همراه دیگر اجزای مادی جهان، در نظر گرفت.

**اصل ماخ (Mach's principle)**. این اصل که به‌نام ارنست ماخ (Ernest Mach؛ ۱۹۱۶ -

۱۸۳۸) فیزیک‌دان و مورخ علم و فیلسوف علم اتریشی معروف شده است می‌گوید که همه پدیده‌های فیزیکی، از جمله همه نیروهایی که نیوتن برای اثبات موضع جوهرانگاری به‌کار برده است، باید به حسب روابط‌انگاری تبیین‌پذیر باشند. ماخ با ورود فرض‌های مابعدالطبیعی مربوط به هستارهایی که نمی‌توان از آنها تجربه مستقیم داشت در علم مخالف بود. او بر طبق این اصل با مفهوم نیوتنی «زمان مطلق» و «مکان مطلق» و «وجود اتم‌ها» به شدت مخالفت کرد. او سخن گفتن از اتم‌ها و ملکول‌ها را هرگز به معنای تحت‌اللفظی کلمه، صادق ندانست. اصل ماخ در کسانی مثل ویلیام جیمز و برتراند راسل و همچنین در شکل‌گیری افکار پوزیتیویستی اصحاب حلقه وین تأثیر داشته است. او خیال می‌کرد که می‌توان به‌جای تبیین نیوتن از نیروها به حسب شتاب نسبت به «خود مکان»، تبیین شتاب شیء مورد آزمون نسبت به ماده ثابت جهان، یعنی «ستارگان ثابت» (فلک ثوابت) را نشان داد!

**اصل عدم قطعیت (uncertainty principle)**. این اصل به‌نام ورنر کارل هایزنبرگ

(Werner Karl Heisenberg)؛ (۱۹۰۱ - ۷۶) فیزیک‌دان آلمانی و یکی از آفرینندگان اصلی مکانیک کوانتوم و یکی از دو نویسنده اصلی به اصطلاح تفسیر کپنهاگی این نظریه معروف است. بر طبق اصل عدم قطعیت هایزنبرگ نمی‌توان بعضی از جفت کمیت‌ها، مانند مکان و اندازه حرکت، را در نظریه کوانتوم با هر درجه از دقت دلخواه تعیین کرد. این مسئله که آیا این محدودیت از آن معرفت انسان نسبت به این سیستم است یا از آن ماهیت خود سیستم، در تفسیر مکانیک کوانتوم یک مسئله اساسی است و خود هایزنبرگ در تفسیر موسوم به تفسیر کپنهاگی مکانیک کوانتوم طرفدار شق دوم است. فیزیک‌دانان بزرگی هم‌چون آلبرت اینشتین مخالف تفسیر کپنهاگی مکانیک کوانتوم هستند و محدودیت مورد بحث را به معرفت انسان نسبت می‌دهند و متن واقعیت را متعین می‌دانند.

**متغیرهای نهانی (hidden variables).** آیا ممکن است احتمالات و همبستگی‌های کوانتومی و به طور کلی، عدم قطعیت در مکانیک کوانتوم ناشی از نادانی ما نسبت به متغیرهایی باشد که در سطحی عمیق‌تر از سطح شناخته‌شده در مکانیک کوانتوم باشد؟ اگر این طور باشد، باید آن متغیرها را، که متغیرهایی که در یک سطح زیرکوانتومی فرض می‌شوند، متغیرهای نهانی بنامیم. استدلال‌هایی وجود دارد که در آنها کوشش کرده‌اند نشان دهند فرض پاره متغیرهای نهانی می‌تواند نتایج احتمالاتی در سطح کوانتومی را تحت تأثیر قرار دهد و با پیش‌بینی‌های نظریه کوانتوم در تعارض باشد. مسئله مهم در نظریه‌های حاوی متغیرهای زمانی این است که این نظریه‌ها موجبتی هستند.

**قضیه بل (Bell's theorem).** این قضیه که نامساوی بل (Bell's inequality) نیز نامیده شده است به نام جان بل (John Bell) معروف است. مسئله متغیرهای نهانی سال‌ها تحت‌الشعاع قضیه معروفی بود که فون نویمان (Von Neumann) در ۱۹۳۲ مدعی شد آن را اثبات کرده است. برطبق قضیه فون نویمان همه نتایج هر نظریه موجبتی، که دارای متغیرهای نهانی باشد، نمی‌تواند با نتایج نظریه کوانتوم سازگار باشد. به تعبیر دیگر، نتیجه ادعایی قضیه مذکور این بود که نظریه کوانتوم، کامل است و با هر نظریه تفصیلی دیگر که سطح زیر سطح کوانتومی را با به کار بستن متغیرهای نهانی در حساب آورد ناسازگار است. قضیه فون نویمان اگر درست می‌بود وضعیت مکانیک کوانتومی و تفسیر کپنهاگی از آن را تثبیت می‌کرد. اما بوهم (D. Bohm) در ۱۹۵۲ نظریه‌ای را مطرح ساخت که، هرچند مشتمل بر متغیرهای نهانی بود، در همه موارد تجربی پیش‌بینی‌های نظریه کوانتوم را به دست می‌داد و نتایج‌اش با نتایج آن مطابقت داشت. این موفقیت بوهم اعتراضات بعضی از فیزیک‌دانان بزرگ مانند اینشتین و اروین شرودینگر و لویی دوبروی به نظریه کوانتوم را تقویت کرد و اعتراضات بر این نظریه از هر دو جهت فیزیکی و فلسفی شدت گرفت. با این همه، هنوز کسی نتوانسته بود اثبات فون نویمان درباب عدم وجود متغیرهای نهانی را کنار بگذارد. این کار توسط جان بل در ۱۹۶۴ صورت گرفت. بل رخنه موجود درباب رابطه فیزیک و ریاضی در قضیه فون نویمان را نشان داد، و ثابت کرد که پاره‌ای از مفروضات این قضیه غیرمعقول هستند. بل ضمناً روابطی پیشنهاد کرد که امکان تمایز تجربی بین مکانیک کوانتومی و نظریه‌های دارای متغیرهای نهانی را مطرح می‌ساخت. این روابط به قضیه بل (نامساوی‌های بل) معروف هستند.

**مکملیت (complementarity).** مکملیت اصطلاحی است که نیلس بور، فیزیک‌دان دانمارکی و یکی از دو نویسنده اصلی تفسیر کپنهاگی مکانیک کوانتوم برای توصیف آنچه او ساختار بنیادی جریان در پرتو مکانیک کوانتوم می‌دانست به کار برد. بر طبق مکملیت بور ارائه توصیف فیزیکی واحد از یک پدیده اتمی امکان ندارد اما برای هر سیستم اتمی می‌توان دو توصیف مکمل هم، که مانع‌الجمع‌اند و هریک در شرایطی کامل‌اند، ارائه کرد. گاهی مکملیت را برای نشان دادن این واقعیت به کار می‌برند که مقادیر مربوط به جفت‌های مزدوج مشمول روابط عدم قطعیت‌اند. گاهی نیز آن را در حوزه وسیع‌تری به کار می‌برند و می‌گویند بعضی پدیده‌ها باید در تصویر موجی از جهان و بعضی دیگر در تصویر ذره‌ای از جهان باید گنجانده شود و این دو تصویر مکمل هم‌اند اما هیچ‌کدام به تنهایی با همه نتایج آزمایشگاهی سازگار نیستند. بعضی از فیلسوفان دین و علم، حوزه کاربرد مکملیت را بسیار گسترده‌تر گرفته‌اند و به طور مثال گفته‌اند که علم و دین، در معنای فنی اصطلاح، مکمل هم‌اند!

**مسئله اندازه‌گیری (measurement problem).** صورت‌بندی مقبول نظریه کوانتوم دو راه برای شکل‌گیری حالت کوانتومی مطرح می‌کند. وقتی سیستم «مشاهده‌ناشده» باشد حالت بر طبق معادله موجیتی شرودینگر شکل می‌گیرد. اما وقتی سیستم «اندازه‌گیری شده باشد» سیستم دچار گسست «تقلیل بسته موج» به یک حالت کوانتومی جدید می‌شود که در اثر پیامد فرایند اندازه‌گیری تعیین می‌یابد. مسئله اندازه‌گیری در واقع این مسئله است که چگونه می‌توان فرایند اندازه‌گیری را با قوانین تحول دینامیک سیستم تطبیق داد.

**بقا و تقارن (conservation and symmetry).** تعدادی از اصول مهم فیزیک تصریح می‌کنند که برخی کمیات فیزیکی باقی می‌مانند، یعنی مقدار آنها در طول زمان بی‌تغییر باقی می‌ماند. نخستین اصول بقا عبارت‌اند از اصل بقای ماده، اصل بقای انرژی، اصل بقای اندازه حرکت. این سه اصل در اصل نسبیتی اصل بقای اندازه حرکت - انرژی در هم ادغام شدند. قوانین بقای دیگری (از قبیل بقای تعداد ذرات سنگین اتمی از قبیل پروتون و نوترون) در نظریه ذرات بنیادی مطرح شده‌اند. تقارن در نظریه فیزیکی ثبات بعضی ویژگی ساختاری جهان را تحت بعضی تبدیل‌ها مطرح می‌کند. انتقال و چرخش ثابت در مکان، و عدم تغییر به هنگام انتقال از یک چارچوب مرجع با حرکت یکنواخت به چارچوب مرجع دیگر، نمونه‌هایی از تقارن هستند. این‌گونه تقارن‌ها این واقعیت را آشکار می‌سازند که سیستم‌هایی که با انتقال‌های متقارن به یکدیگر

مربوط هستند در تحول فیزیکی شان یکسان رفتار می‌کنند. بعضی تقارن‌ها مانند تقارن‌هایی که در بالا ذکر شد به زمان - مکان مربوط‌اند، در صورتی که بعضی دیگر (مانند تقارن الکترومغناطیسی تحت به اصطلاح انتقال‌های پیمانه‌ای (gauge transformations)) چنین نیستند. کار مهم اما نوئر (Emma Noether) ریاضی‌دان، نشان دادن این بود که هر قانون بقا از وجود تقارن زیربنایی مربوط به آن مشتق می‌شود.

### نظریه آشوب و سیستم‌های آشوبناک (chaos theory and chaotic systems)

در تاریخ مطالعه علمی سیستم‌های موجبیتی، الگوی تبیین این بوده است که حالات آینده سیستم را براساس ویژگی آن در حالت اولیه‌اش پیش‌بینی کردند. اما برای اینکه این‌گونه پیش‌بینی سودمند باشد، باید حالات اولیه به حالات آینده‌ای منتهی شود که در کنار یکدیگر هستند. اکنون معلوم شده است که این مطلب فقط در موارد استثنایی، صادق است. به طور کلی سیستم‌های موجبیتی سیستم‌های آشوبناک هستند، یعنی حتی حالات اولیه‌ای که بسیار به یکدیگر نزدیک هستند در فواصل کوتاه زمان به حالات آینده‌ای منتهی خواهند شد که به سرعت از یکدیگر جدا می‌شوند و با یکدیگر اختلاف دارند.

**نظریه آشوب** برای فراهم آوردن مجموعه‌ای از مفاهیم سودمند برای توصیف ساختار دینامیک این‌گونه سیستم‌های آشفته پدید آمده است. نظریه آشوب ویژگی‌های سیستمی را مطالعه می‌کند که تعیین خواهد یافت و بررسی می‌کند که آیا تحول آن آشوبناک است یا نه، و مقولات توصیفی ضروری را برای تشخیص انواع حرکت آشوبناک فراهم می‌کند.

### تصادفی بودن (randomness)

تمایز شهودی بین توالی تصادفی و توالی دارای نظم نقش مهمی در مبانی نظریه احتمالاتی و مطالعه علمی سیستم‌های دینامیکی دارد. توالی تصادفی چیست؟ تعریف‌های ذهن‌گرایانه از تصادفی بودن بر عدم توانایی شخص در تعیین رخداد آینده در توالی براساس معرفت خویش متمرکز می‌شوند. اما تعریف‌های عین‌گرایانه از تصادفی بودن می‌کوشند تصادفی بودن را بدون ارجاع به معرفت شخص مشخص سازند. به این ترتیب، در حالی که دیدگاه اول می‌کوشد امر تصادفی را دارای یک ویژگی معرفت شناختی بداند و اصلاً وجود آن را ناشی از نقص معرفتی انسان معرفی کند، دیدگاه دوم امر تصادفی را به متن واقعیت نسبت می‌دهد، واقعیتی که حتی اگر همه ویژگی آن شناخته شود باز به حسب ماهیتش تصادفی است و پیامد هیچ وضع معین سابق نیست.