

بررسی تعارض عدم قطعیت با اصل علیت

□ محمدهادی رحمانی *

چکیده

در این مختصر سعی شده است که تأثیر نامطلوب «اصل عدم قطعیت» که از دستاوردهای فیزیک مدرن است بر بنیادی‌ترین اصول، یعنی «اصل علیت» در حد توان و بضاعت علمی، مورد بررسی و نقد قرار گیرد. بر این اساس ابتدا در ضمن مفهوم‌شناسی، سیر تکون ذرات بنیادی در تاریخ علم را اشاره نموده و سپس تا حدودی در زمینه اصل علیت به نکاتی ضروری و مورد نیاز پرداخته شده است، و انگهی نظریه اصل عدم قطعیت را مطرح و رابطه آن را با اصل علیت بیان نموده و سرانجام به دلایلی اشاره شده است که بیانگر عدم نفی علیت به واسطه اصل عدم قطعیت می‌باشد.

کلیدواژه‌ها: فیزیک کلاسیک و مدرن، دوگانگی موجی- ذره ای، نظریه کوانتوم، علیت، اتفاق.

* فارغ التحصیل سطح چهارمجمع آموزش عالی فقه.

مقدمه

شاید هر خواننده در ابتدای بحث و در همان لحظه نخست، وقتی با واژه «علیت» روبرو می‌شود، بدیهی و فطری بودن آن در ذهن او به وجود آید و تشکیک در آن را ناسازگار با عقل سلیم و حتی مضحک آمیز قلمداد کند. چه این که از دید او سرشت آدمی با علیت عجین شده است؛ بدین معنی که اصل علیت در طول حیات آدمی همراه و همگام اوست و از او قابل انفکاک نیست. بلکه فراتر از آن «این نظر [باور به اصل علیت] را در هر موجود ذی شعوری می‌توان سراغ گرفت و حتی دیوانگان و آنانی که آفت شعوری دارند همین راه را می‌پیمایند. آنان برای تفهیم و تفهم سخن می‌گویند و برای انجام مقاصدشان حرکاتی می‌کنند و همچنین ... بلکه کمترین دقت به ثبوت می‌رساند که پایه زندگی انسان و هر موجود جاندار با آن اندازه هوش و شعوری که دارد روی همین قانون علت و معلول استوار است. اگر چنانچه انسان و هر ذی‌شعور دیگر علیت و معلولیت را در میان خود و کار خود، و در میان کار خود و انجام یافتن آرمان و مقصد خود باور نداشت هرگز کمترین حرکت و فعالیت از خود بروز نمی‌داند و هرگز چیزی را پیش‌بینی نمی‌کرد و در انتظارش نمی‌نشست.» (مطهری، ۱۳۸۸: ۶/۶۴۸) بر این اساس می‌توان گفت که این اصل به نوعی همزاد با پیدایش بشر در این کره خاکی بوده است و همواره چرخ زندگانی انسانها در تمام گستره تاریخ بر گردونه اصل علیت می‌چرخیده است. طبق این باور بحث وجود شناسی و معرفت‌شناسی «علیت» بی‌مورد خواهد بود. اما با اندک کندکاو در آراء انکارگرایانه فلاسفه، متفکرین، متکلمان (مانند اشاعره) و دانشمندان فیزیک پی خواهیم برد که حتی عقاب تیز پرواز «علیت» - که به زعم خواننده محترم در فضای امن و نفوذ ناپذیر در حال پرواز است - نیز در دام نقادان تیزبین و صیادان کهنه کار در عرصه علم و دانش گرفتار آمده است و تا هنوز سلامتی خویش را از بیماری و ویروسی شک و تردید که از ناحیه متکلمان اشاعره، ابوحامد غزالی و هیوم به او انتقال یافته بود، باز نیافته بود که بار دیگر مورد اصابت تیرهای زهرآگین تردید و تشکیک فیزیکدانانی چون: هایزنبرگ، شرودینگر، بور، برن و غیره قرار گرفت. در حقیقت این تیرهای خلاص بود که اگر متفکران و فلاسفه، خصوصاً فلاسفه اسلامی به موقع اقدام به معالجه آن نمی‌کرد، از دست رفته بود و امروزه جوامع بشری در غم فقدان آن، فاتحه ترقی، تکامل، پویایی و بالندگی در عرصه‌های مختلف زندگی را با هم زمزمه می‌کردند. در اینجا ما برآنیم که بنگریم

چگونه «اصل علیت» با این درد و مصیبت دچار شد و علاج کنندگان آن آیا واقعاً توانسته‌اند بهبودی دایم و کامل او را برگردانند یا این که یک نوع درمان موقتی است که نمی‌توان زیاد به آن دلخوش کرد؟ اما قبل از هر چیز به توضیح برخی واژه‌های کلیدی می‌پردازیم.

فیزیک کلاسیک و جدید

فیزیک کلاسیک^۱ عبارت است از: فیزیک نظری رایج تا اوائل قرن بیستم؛ یعنی فیزیکی که قبل از روی کار آمدن نظریات نسبیت و کوانتوم مرسوم بود. فیزیک کلاسیک عمدتاً بر مکانیک نیوتونی و نظریه الکترومغناطیسی ماکسول مبتنی بود. (گلشنی، ۱۳۸۵: ۴۲۷) ویژگی آن حاکمیت بلامنازع قانون علیت در نظام طبیعت بود به گونه‌ای که نیوتن بر اساس باورمندی به این اصل، جهان را چون ماشینی می‌دانست که به صورت اتوماتیک در حال فعل و انفعالات است. «نیوتن می‌گفت که باید تمام امور طبیعی را با استدلال‌ات مناسبی از روی اصول مکانیک (قواعدی که از اعمال قانون علیت در طبیعت بیجان به دست می‌آید) نتیجه گرفت.» (طباطبایی، بی‌تا: ۵۱۴) به عبارت دیگر قوانین حرکت و گرانش نیوتن، به همه چیز، از کوچکترین ذره در آزمایشگاه گرفته تا دورترین سیاره، قابل اطلاق بود. این تصویر از طبیعت، بسان تصویر رایج در قرون وسطی، هنوز حاکی از نظم و نظام یگانه و هماهنگ بود، ولی این بار بیشتر ترکیبی از نیروها و جرم‌ها بود تا سلسله مراتبی از غایات. سنتز شکوهمند او به حق مورد ستایش بود و کمال قوانین ریاضی اش تأثیر ژرفی بر معاصران نیوتن می‌گذارد و در مجموع جهان را ماشینی پیچیده می‌نمایاند که از قوانین لایتغیر پیروی می‌کند که هر جزئی دقیقاً پیش‌بینی پذیر است. این مبنای فلسفه‌های جبرانگاران^۲ بود که نسل بعد پرورده بود. (ر.ک: آلن جی. ار. اسمیت، ۱۳۷۷: ۱-۱۵۰) اما در اواخر قرن نوزدهم بعضی پدیده‌ها -مانند پدیده نور و قوه جاذبه بین کرات آسمانی و...- مورد بررسی قرار گرفتند که توجه آنها در چهار چوب فیزیک کلاسیک میسر نبود. از اینجا بود که فیزیک جدید (مقارن قرن بیستم) -که ماکس پلانک و البریت انشتین، پایه گذاران اصلی آن محسوب می‌شوند- پا به عرصه وجود گذاشت و مخصوصاً از رویدادهای اتمی^۳ و زیر اتمی^۴ بحث می‌کرد. سرانجام فیزیک مدرن تمام مشکلاتی را که از هر سو برای مکانیک

کلاسیک پیش آمده بود مرتفع ساخت. ویژگی برجسته آن اینست که بر پایه آمار و احتمالات (وصدغه) استوار می‌باشد، علاوه بر آن فیزیک کوانتوم و فیزیک نسبیت، دو رکن اصلی فیزیک مدرن شمرده می‌شود. (هاپوود جینز، ۱۳۸۸: ۱۵۱).

۱. نظریه کوانتوم^۵

این نظریه می‌گوید: تابش و انرژی نیز مانند ماده، فراهم آمده از ذرات بسیار کوچک و بسته بندی شده است که به صورت غیر موجی و منقطع منقطع و با سرعت بسیار زیادی حرکت می‌کند که «کوانتات» نامیده می‌شود. کوانتتی به معنای کمیت و مقدار است. کوانتوم کوچکترین تک واحد انرژی است. کوانتای انرژی را می‌توان به واحدی خرد پول تشبیه نمود که هر کدام یک کمیت معین و واحد دارند. (عبائی کوپائی، بی تا: ۵۳؛ هاپوود جینز، ۱۳۸۸: ۱۵۲؛ همچنین ر. ک: ۱۹۶۷، Russel Norood)

نظریه کوانتوم از ۱۹۰۰ تا ۱۹۲۵ توسعه یافت و منشأ نظریات و راه حل‌های مختلفی شد مثل ارائه مدل اتمی بور برای توجیه پایداری اتم، و نظریه «فوتون» توسط انشتین برای حل مسئله فوتوالکتریک و غیره. (همان).

۲. دوگانگی موجی - ذره ای^۶

این حقیقت تجربی که ماده و نور در بعضی موارد تجلی ذره‌ای و در بعضی موارد تجلی موجی دارند دوگانگی موجی - ذره‌ای گویند. (گلشنی، ۱۳۸۵: ۴۲۵؛ دهباشی، ۱۳۷۲: شماره ۱۴۸ و ۴۳/۱۴۹)

۳. اصل عدم قطعیت^۷

این اصل در سال ۱۹۲۷ به وسیله هاینبرگ بیان شد و بر طبق آن هر چه یک کمیت را دقیق تر بدانیم دانش ما نسبت به متغیر مزدوج آن کمتر خواهد بود و بالعکس. مثلاً هرچه مکان یک ذره را دقیق تر بدانیم اطلاعات ما در باره سرعت آن کمتر است. (همان، ۲۵۷) این مورد و مورد قبل را در جایش به تفصیل بیان خواهیم کرد.

الف) مفهوم اصل علیت

در اینجا لازم است که نخست معنای این اصل را از منظر فلسفه و فیزیک و سپس رابطه آن دو را در حد مجال و توانی که داریم ارزیابی خواهیم کرد.

۱. معنای علیت در فلسفه

حکما و فلاسفه اسلامی در تعریف علت تقریباً معنای واحدی را در نظر گرفته‌اند. پس از نظر آنها علت به چیزی گویند که چیز دیگر بدان نیازمند باشد. آن شیئی نیازمند را معلول آن علت می‌نامند؛ به تعبیر دیگر علت موجودی است که موجود دیگر متوقف بر آن است. (ر.ک: صدرالمتألهین شیرازی، ۱۳۶۸: ۱۲۷/۲؛ سهروردی، بی‌تا: ۶۲؛ ابن سینا، بی‌تا: ۱۱۷؛ طباطبایی، ۱۴۱۶ق: ۱۵۶). به تعبیر ملا هادی سبزواری: ان الذی الشئ الیه افتقرا فعلة والشئ معلولاً یری. (سبزواری، ۱۳۸۰: ۴۰۵/۲) یعنی علت آن است که محتاج الیه چیزی باشد و معلول آن است که محتاج به چیزی باشد. اما به بیان دقیق‌تر: علت و معلول - که از مفاهیم عقلی صرف هستند - در اصطلاح فلسفی دو معنای عام و خاص دارد. یعنی بین معانی علت و معلول نوعی اشتراک لفظی حاکم است.

معنای اول: علت گاهی به این معنی به کار می‌رود که وجودی منشأ پیدایش وجود دیگری شود که آن وجود دوم هستی خود را مرهون وجود اول است، این معنای خاص علت است که از آن تعبیر به علت فاعلی می‌کند و شامل علت‌های اعدادی و شروط و امثال آنها نمی‌شود. (صدرالمتألهین شیرازی، ۱۳۸۵: ۱۱۳)

معنای دوم: به اصطلاح اعمی است و آن هر موجودی است که مورد استناد و توقف وجود دیگری هر چند به صورت اعدادی و شروط باشد. در اینجا متوقف را معلول و متوقف علیه را علت گویند. ارسطو صحبت از چهار نوع علت کرد: اول علت مادی که معلول بدان قابلیت پیدا می‌کند؛ دوم علت صوری که معلول بدان فعلیت یابد؛ سوم علت غایی که وجود معلول به خاطر آن است و چهارم، علت فاعلی که وجود معلول از او است و مجموع این علل، در واقع علت تامه و هریک به تنهایی علت ناقصه را تشکیل می‌دهد که معلول وابسته به هر کدام از آنها می‌باشد. (همان، ص همان) امروزه وقتی صحبت از علت می‌شود غالباً

علت فاعلی مورد نظر است (گلشنی، ۱۳۸۵: ۲۲۷).

نکته دیگری که باید یادآور شد اینست که قانون سنخیت و قانون ضرورت علی و معلولی یا موجبیت (دترمی نیسم) از قوانین مهمی هستند که متفرع بر اصل کلی علیت می‌شوند. همچنین وجود نظم در جهان، وجود همبستگی بین پدیده‌ها، وجود قوانین کلی در جهان و پیش‌بینی حوادث فروعاتی‌اند که بر قوانین سه‌گانه فوق‌ترتیب می‌یابند.

۲. معنای علیّت در فیزیک

واژه علیّت^۸ در قرون اخیر در میان فیزیکدانها به این معنی به کار رفته است که اطلاع دقیق از حالت فعلی یک سیستم فیزیکی، برای پیش‌بینی آینده آن کفایت می‌کند. به تعبیر دیگر در جهان قوانین لایتخلفی وجود دارند که به کمک آنها می‌توان به طور یگانه آینده هر سیستم فیزیکی را از روی وضعیت فعلی آن تعیین کرد. این تعبیر خاص از علیت را اصل موجبیت^۹ (دترمینیسم) می‌نامند. این دیدگاه رفته رفته مکانیک کلاسیک را بدل به رکن ایمان بسیاری از دانشمندان سده نوزدهم کرد که شاید خوانندنی‌ترین و معروف‌ترین تقریر این ایمان را بتوان در آثار پی‌یرسیمون دو لاپلاس پیدا کرد (کاپالدی، ۱۳۷۷: ۳۸۴؛ W.H 1967: 375, Dray. لاپلاس با صراحت تمام می‌گوید: «ما می‌توانیم حالت فعلی جهان را معلول حالت قبلی آن و علت حالت بعدی اش بدانیم...» (گلشنی، ۱۳۸۵: ۱۰۹؛) بنابراین طبق نظر لاپلاس «اگر فرضاً برای کسی برای یک لحظه علم و عقل مطلق بدهند که بتواند تمامی نیروهای طبیعت زنده و جاندار را در کار در آورده و نیز موقعیت عناصر تشکیل دهنده را دریابد و نیز با این شرط که احاطه کافی بر تحلیل این معلومات داشته باشد، می‌تواند بر همین مبنا، حرکت بزرگ‌ترین اجرام تا خردترین اتمهای جهان آن‌ا در یابد و از نظر او هیچ چیز نامعلوم نخواهد بود و آینده و گذشته برای او چون حال خواهد بود. (Jonata, 1982: 138) فردریک کاپلستون در رابطه با منظور فیزیک دانان راجع به اصل علیت می‌گوید: «اگر یک عالم فیزیک از اصل بی‌اعتباری مادون اتمی سخن بگوید، منظور او این است که ما قادر نیستیم جریان الکترونها را در روابط معین پیش‌بینی کنیم.» (فردریک، ۱۳۶۱: ۵۹) استاد مطهری نیز در این مورد می‌فرماید:

این تعریف [تعریف فلسفی از علیت] غیر از تعریفی است که در علوم طبیعی در مورد «علت» و «معلول» می‌کنند، که می‌گویند هرگاه بین دو پدیده تقارن می‌بینیم و یکی را پس از دیگری می‌بینیم اولی را «علت» و دومی را «معلول» می‌نامیم؛ اگر تجربه ثابت کرد که اینها دو شیء هستند که با وجود یکی، دیگری پشت سرش پیدا می‌شود اولی را «علت» و دومی را «معلول» می‌نامیم. این در واقع يك اصطلاح است که با اصطلاح فلاسفه متفاوت است. (مطهری، ۱۳۸۸: ۱۳۲۰/۶)

۳. رابطه علیت در فلسفه و فیزیک

اصل علیت در این دوحوزه وجه مشترک و افتراقات دارد که در ذیل اشاره شده است:

الف. عدم ضرورت علی و معلولی در فیزیک: استاد مطهری در این مورد می‌فرماید: «علت و معلول» در اصطلاح فلاسفه و «علت و معلول» در اصطلاح علمای طبیعی اشتراک لفظی دارند، زیرا در تعریف فلاسفه سخن از دو شیء است که یکی در وجود نیازمند وجود دیگری است به طوری که اگر اولی نباشد هستی این دیگری محال است، ولی در تعریف علمای طبیعی اصلاً نیازمندی در اصل هستی و محال بودن معلول به هنگام نبودن علت مطرح نیست و لذا از کجا معلوم که امر سومی نباشد که علت برای هر دوی اینهاست.

ب. عدم تفکیک علیت از فروعات آن در فیزیک: یکی از وجوه تمایز علیت در فلسفه و فیزیک این است که در فلسفه بخصوص فلسفه اسلامی دقیقاً مفهوم علیت و فروعات آن از هم تفکیک شده است برخلاف فیزیکدانان که آنها را با هم خلط کرده‌اند. شهید مطهری در جای دیگر در این زمینه می‌فرماید: «فیزیکدانان، قانون علیت را از دو قانون ضرورت علی و معلولی و قانون سنخیت جدا نکرده‌اند بلکه همه را یکی گرفته‌اند، اگر چند این سه قانون متلازم هستند اما یکی نیستند.» (مطهری، ۱۳۸۸: ۱۳۸۶/۶) همچنین دکتر مهدی گلشنی که خود فیزیکدان می‌باشد در این مورد می‌نویسد:

در بیان فیزیکدانان مفاهیم علیت، ضرورت علی و معلولی و پیش‌بینی پذیری خوب از هم تفکیک نشده‌اند و غالباً به جای یکدیگر به کار می‌روند. بدین معنا که اولاً بعضی از افراد که منکر اصل علیت هستند در واقع منکر ضرورت علی و معلولی (اصل موجبیت) هستند نه اصل علیت. ثانیاً در بسیاری از موارد علیت و موجبیت مرادف با پیش‌بینی پذیری تلقی شده

است، در حالی که این‌ها یکی نیستند. زیرا این امکان هست که علیت بر قرار باشد ولی به علت فقدان دانش در باره قوانین طبیعت یا شرایط اولیه نتوانیم آینده را پیش‌بینی کنیم. (گلشنی، ۱۳۸۵: ۲۲۸-۲۲۹)

البته می‌توان گفت که فیزیک و فلسفه در اصل پیش‌بینی که از لازمه علیت است موافقتند. ج. علیت در ساحت هستی‌شناسی: تفاوت دیگر در این است که اصل علیت یا فروع آن از لحاظ منطقی امور هستی‌شناختی هستند، در حالی که قابلیت پیش‌بینی [که فیزیک دانان غربی آن را با علیت یکسان گرفته‌اند.] یک امر معرفت‌شناسی است.

د. علیت امر صرفاً عقلی و فلسفی: یکی از وجوه تمایز میان این دو دیدگاه این است که در فلسفه و منطق اصل علیت به عنوان یک قضیه حقیقیه قلمداد می‌شود؛ بدین معنی که هر گاه مفهوم علیت مصداقی در خارج پیدا کند برای معلول نیز باید مصداقی محقق شود و بالعکس، لذا این اصل متعهد نیست که اثبات کند که این دو مفهوم در خارج مصداق دارند بلکه همین اندازه می‌گوید که اگر معلول در خارج موجود باشد باید علتی هم وجود داشته باشد ولی نمی‌گوید حتماً در عالم خارج معلول وجود دارد. (مصباح یزدی، ۱۳۸۳: ۱۴۴) حاصل آن اینست که اصل علیت یک مفهوم کاملاً فلسفی است که عقل آن را می‌سازد. در حالی که فیلسوفان تجربه‌گرا مثل هیوم، جان لاک، بارکلی و... و عمده فیزیکدانها بر این باورند که اگر علت و معلولی وجود داشته باشد باید از طریق قوای حسی به دست آمده باشد. بدون تردید افرادی که اندک آشنایی با فلسفه به ویژه فلسفه اسلامی داشته باشد، اذعان خواهد کرد که اصل علیت از مقولات ثانیه فلسفی است و ربطی به قوای حسی ندارد، یعنی تجربه را توان پرواز در ساحت این قانون فلسفی نیست.

ر. پیش‌بینی یک رخداد منوط به علیت تامه: البته همان‌طور که قبلاً نیز اشاره کردیم، فیزیک و فلسفه در اصل «قابلیت پیش‌بینی پذیری علیت» اشتراک و هم‌خوانی دارند، منتهی فلاسفه مجموع شرط کافی و لازم (علت تامه) را در پیش‌بینی یک رخداد ضروری می‌دانند در حالی که فیزیکدانان فقط شرط لازم (علت ناقصه) را معتبر می‌دانند. خلاصه منظور ما از اصل علیت، علیت فلسفی است که شامل تمام مترفعات آن می‌شود، نه معنای فیزیکی آن.

ب) مفهوم اتفاق

باید توجه کرد که اتفاق با صدفه دو لفظ مترادفند که معمولاً در یک معنی استفاده می‌شوند. چرا که «صدفه» عبارت است از اینکه فرض کنیم حادثه‌ای خود به خود بدون آنکه شیئی از اشیاء دخالت داشته باشد به وجود آید. (مطهری، ۱۳۸۸: ۶ / ۵۴۲). واژه اتفاق نیز به همین معنی است؛ همان‌طور که در برخی کتاب‌های اصطلاح‌شناسی فلسفه، برای اتفاق دو معنی را گفته‌اند:

۱. اتفاق به معنایی نفی علت فاعلی: در این معنی، امر اتفاقی پدیده‌ممکنی است که علت فاعلی ندارد. (شیروانی، ۱۳۷۷: ۸ و ۹). همان‌گونه که مادی‌گرایان و ملحدان معتقدند که جهان هستی اتفاقی است. یعنی خود بخود پدید آمده‌اند. بی‌آنکه علتی آن را به وجود آورده باشد.

۲. اتفاق به معنای نفی ایجاب فاعل: در این اصطلاح، امر اتفاقی، معلولی است که بی‌آنکه وجود ضروری و واجب باشد از علت خود صدور یافته است. (همان، ص همان) یعنی کسانی که منکر رابطه ضروری میان علت و معلول‌اند و معلول‌اند در ظرف وجود علت را حتمی و تخلف‌ناپذیر نمی‌دانند، اتفاقی می‌گویند. (همان)

بعد از فراغت از توضیح اجمالی واژه‌های مورد نیاز اکنون به منظور ایجاد بستر مناسب برای سهولت در فهم «نظریه عدم قطعیت» لازم است که برخی نکات ضروری را به ترتیب بیان می‌کنیم تا به موضوع مورد نظر، یعنی اصل عدم موجبت برسیم؛ چه این که درک این نظریه برای افرادی که در این حوزه مطالعات نداشته و کار نکرده است، طرح آن بدون مقدمه و نکات مرتبط درک آن را با مشکل مواجه می‌کند، از این رو این بحث را با پیدایش نظریه اتمی و سیر تکون آن آغاز می‌کنیم تا یک تصویری اجمالی و دور‌نمایی از عالم اتم داشته باشیم و در ضمن بدون به هم زدن ترتیب بحث با ادامه این داستان به مسئله عدم قطعیت نیز خواهیم رسید:

یک. نخستین نظریه‌ای اتمی¹⁰

ارسطو معتقد بود که ماده پیوسته است، یعنی می‌توان یک قطعه از ماده را بدون حد و مرز به قطعه‌های کوچک و کوچکتر تقسیم کرد بی‌آنکه به قطعه‌ای که دیگر تقسیم پذیر نباشد، برخورد نمود. اما چند تن از یونانیان مثل دموکریتوس (در قرن پنجم قبل از میلاد) به این باور بود که ماده ذاتاً دانه‌دانه است و همه چیز از تعداد بی‌شماری اتمهای گوناگون درست شده است. وی با مشاهده

خرد شدن و جدا شدن مواد با خود فکر کرد که اگر ماده‌ای را خیلی زیاد خرد کنیم، به ذره‌ای می‌رسیم که دیگر خرد نمی‌شود. او این ماده را اتم (واژه «اتم» در زبان یونانی به معنای بخش ناپذیر است) نامید (هاوکنگ، ۱۳۸۵: ۸۷) به نظر وی اتم‌ها ذراتی به شکل‌های مختلف مثل کروی یا مثلثی شکل هستند. از این رو خواص مواد نیز بایکدیگر فرق دارند، همچنین او معتقد بود که اتم نه از بین می‌رود و نه به وجود می‌آید. قرن‌ها این بحث ادامه یافت بدون آنکه گواهی واقعی به سود هر یک پیدا شود، اما در سال ۱۸۰۳ شیمیدان و فیزیکدان انگلیسی، جان دالتون، با اشاره به این واقعیت که ترکیب‌های شیمیایی همواره در نسبت‌های معینی با یکدیگر در می‌آمیزند، او خاطر نشان ساخت که بهم پیوستن اتمها و تشکیل واحد‌هایی به نام ملکول، به خوبی پدیده بالا را توضیح می‌دهد. وی نظریه اتمی را بار دیگر سر زبان‌ها آورد (همان، ۸۷ و ۸۸؛ عبائی کوپائی، بی تا: ۵۳). اما تا هنوز زود بود که این دیدگاه کاملاً جا بیفتد.

دو. ساختار ذرات بنیادین در دوره فیزیک کلاسیک

بعد از دوران تجدید حیات علمی (رنسانس) بود که در اروپا تحقیقات جدیدی روی ساختار بنیادین^{۱۱} ماده انجام گرفت و از این رهگذر، نظریات اتمیست‌های یونان با متد تجربی و ابزارهای مدرن دنبال شد و معلوم شد که کوچک‌ترین ذره سازنده هر ماده، اتم نمی‌باشد بلکه در خود اتم هم ذرات کوچک تری وجود دارد که معروف‌ترین آنها الکترون، پروتون و نوترون می‌باشد. به عبارت دیگر، از نظر دانشمندان، اکثر مواد موجود در طبیعت ترکیب شلوعی از مولکول‌های مختلف است. با تلاش نسبتاً کمی می‌توان این مولکول‌ها را از هم جدا کرد. مولکول‌ها خودشان متشکل از اتم‌ها هستند که توسط پیوندهای شیمیایی به هم پیوند خورده‌اند. با مصرف انرژی بیشتری می‌توان اتم‌ها را از مولکول‌ها جدا کرد. اتم‌ها خود از اجزاء ریزتری بنام هسته (پروتون با بار مثبت و نوترون دارای بار خنثی) و الکترون (داراری بار منفی) تشکیل شده که توسط نیروهای الکتریکی به هم پیوند خورده‌اند و شکستن آنها انرژی بسی بیشتری می‌طلبد. جرم اصلی اتم در هسته قرار دارد؛ فضای اطراف هسته عموماً فضای خالی می‌باشد. این سه ذره عمری طولانی داشته و در تمامی اتم‌های معمولی که به صورت طبیعی تشکیل می‌شوند یافت می‌شود. بجز این سه ذره، ذرات دیگری به نام کوارک^{۱۲} (دست کم

شش «دسته» کوآرک شناسائی شده‌اند که بالا، پایین، عجیب، مفتون، ته و سر نامیده شده‌اند) نیز در ارتباط با آنها وجود دارند. (هاوکینگ، ۱۳۸۵: ۹۰) خلاصه در حال حاضر نزدیک به هزار نوع ذره بنیادی شناخته شده است. (عبائی کوپایی، ۶۱) افزون بر آن اتم‌ها مستقل از اینکه چند الکترون داشته باشند (۳ تا یا ۹۰ تا)، همه تقریباً یک اندازه دارند.

سه. دو گانه انگاری ماهیت زیر اتمی در فیزیک جدید

با روی کار آمدن فیزیک مدرن و فروپاشی نظام فیزیک کلاسیک، نظریات جدیدی مانند نظریه فیزیک کوانتوم مطرح شد که تصویر پیچیده‌تر از اتم ارائه می‌داد و این پیچیدگی دانشمندان را مجبور می‌ساخت که جهت توصیف خواص اتم بجای یک تصویر متوسل به تصاویر شهودی متفاوتی از آنها شوند. بعضی وقت‌ها مناسب است که به الکترون به عنوان یک ذره متحرک به دور هسته نگاه کرد و گاهی مناسب است به آنها به صورت امواجی که با موقعیت ثابت در اطراف هسته (مدار هسته) توزیع شده‌اند نگاه کرد. -البته این دیدگاه دوگانگی موجی-ذره‌ای^{۱۳} منحصر به عالم اتم نبود بلکه ماهیت دوگانه (موجی-ذره‌ای) برای تابش و نور هم متصور بود. - دانشمندانی که سالیان سال نور را در قالب یک موج و ذرات زیر اتمی را به صورت ماده می‌دیدند، دانشمندان فیزیک مدرن، با ارائه تئوری‌های جدید پایه‌های این عقیده را متزلزل کردند. (عبائی کوپایی، بی تا: ۱۱۳)

کامپتون فیزیکدان آمریکایی (۱۸۹۲-۱۹۶۲) ثابت کرده بود که چنین کوانتوم نوری «مقدار حرکت» دارد و خیلی شبیه به ذره عمل می‌کند، از همین جا بود که دوبروی فیزیکدان مهم دیگر می‌گفت: اگر امواج نور می‌توانند مانند ذرات عمل کنند، شاید ذراتی چون الکترون نیز بتوانند مانند موج رفتار کنند. اتفاقاً شرودینگر، دانشمند فیزیک نظری حوزه کوانتوم، معادله‌ای پیدا کرد که با چنین امواجی مطابقت می‌کرد و تصویر موجی را برای ساده‌ترین مورد که اتم هیدروژن باشد، محاسبه کرد. دیدگاه شرودینگر نتیجه مستقیم ریاضیات ویژه‌ای بود که معضلات موج را توضیح می‌داد. وی به جای مدل اتمی نیلس بور که شبیه منظومه‌ای شمسی، الکترون‌ها در مدارات معین بگرد هسته می‌گردند، یک تصویر و انگاره موجی^{۱۴} پیچیده در جو اطراف هسته، برای توضیح دادن اتم به کار گرفت. (عبائی کوپایی، بی تا: ۱۱۳؛ هاپوود جینز، ۱۳۸۸: ۱۸۸ تا ۱۹۱) البته باید تذکر داد ویژگی انگاره موجی اینست که وقتی مثلاً میزان احتمالی که برای تجزیه

یک اتم رادیواکتیو^{۱۵} در یک لحظه معین هست یا وجود یک الکترون و رفتار آن موضوع سؤال باشد در هنگام ردیابی و اندازه گیری در تصویر موجی، هیچ قضاوت قطعی در باره آن وجود نخواهد داشت فقط می‌توان «میزان احتمال رامحاسبه کرد» یعنی قابل پیش‌بینی نیست. مکانیک کوانتوم^{۱۶} هم یک پدیده واحد را با احتمال آماری توصیف می‌کند. در فیزیک مثال‌ها و نمونه‌های فراوانی است که نشان دهنده این است که اصل علیت در میان آنها از جایگاه ویژه و اقتدار حیرت‌انگیزی که در فیزیک کلاسیک داشت برخوردار نیست، بلکه رفتار آنها فقط بر اساس اتفاق و شانس قابل توجیه است. یک نمونه آن اصل عدم قطعیت است که در جایش توضیح داده خواهد شد. نمونه دیگر آن راجع به عناصر رادیواکتیو است که فروپاشی خود بخودی و گسیل الکترونیهای آن غیر قابل پیش‌بینی است. به عقیده فیزیکدانان جدید، در چنین مواردی جز پدیده اتفاق و شانس را نمی‌توان درک کرد. هایزنبرگ که تئورسین نظریه عدم قطعیت است، در این باره می‌گوید: «اتم رادیوم b باید دیر یا زود الکترونی در جهتی گسیل کند و به صورت یک اتم رادیوم C در آید، اما نمی‌توانیم توضیح دهیم که چرا اتم خاصی در لحظه خاصی فروپاشیده می‌شود و در لحظه دیگر نمی‌شود، یا چه عاملی باعث می‌شود که آن اتم، الکترونش را در این جهت گسیل کند و در جهت دیگر نکند، و همین جاست که قانون علیت درهم می‌ریزد.» (ونر هایزنبرگ، ۱۳۶۸: ۰۱۳۴). مثال دیگر آن تفرق‌های نامتناسب الکترونها است که در واقع این پدیده، ره آورد آزمایش‌های متعدد است. به این صورت که در یک آزمایشگاه، الکترون‌ها به طور متناسب از روزنه‌ای باریک عبور کرده و پس از برخورد با پرده پشت روزنه، در روی پرده و در نقاط مختلف ایجاد جرقه می‌کند. با وجود شرایط همانند و یکسانی شلیک الکترونها؛ مثلاً الکترونی در نقطه A پدید می‌آید و الکترون دیگر در نقطه B و الکترون دیگر در نقطه C و به همین شکل. این خصوصیت تئوری کوانتوم که بر پایه صدفه، اتفاق و احتمالات استوار است، در حقیقت خبر از پایان حاکمیت بلامنزاع اصل علیت در جهان طبیعت، به ویژه دنیای زیر اتمی می‌داد و مهر بطلانی بود بر جبر انگاری فیزیک کلاسیک که یکی از مفروضات مسلم آن به حساب می‌آمد.

چهار. تبیین اصل عدم قطعیت

در سال ۱۹۲۷ ورنر هایزنبرگ، فیزیکدان آلمانی که در حوزه میکروفیزیک و فیزیک کوانتوم پژوهش

می‌کرد با استفاده از تئوری تبدیل دیراک-بورردان یکسری معادلات ریاضی فیزیکی استخراج کرد که کمی بعد به «روابط عدم قطعیت» هایزبرگ شهرت پیدا کرد. تفسیر و استنتاج او این بود که در یک سیستم میکروفیزیکی به هیچ وجه امکان ندارد که مختصات یک سیستم کوانتومی را با دقت اندازه‌گیری کنیم و در آن دستگاه مختصاتی هر چه دقت در اندازه‌گیری یک بعد بیشتر باشد، به همان مقدار، دقت در اندازه‌گیری بعد دیگر کاهش می‌یابد. به تعبیر روشن‌تر در حوزه زیر ساخت اتم، هر گاه بخواهیم با ابزارها و روش‌های بسیار دقیق، مکان یک الکترون را در یک لحظه معین از زمان پیدا کنیم، به هیچ وجه نمی‌توانیم سرعت الکترون را محاسبه نماییم و بالعکس هر چه در اندازه‌گیری سرعت الکترون دقت بیشتری پیدا کنیم، پیدا کردن مکان الکترون به همان نسبت مشکل و ناممکن می‌شود. (باربور، ۱۳۶۲: ۳۱۵؛ برنال، ۱۳۸۰: ۳ و ۴/۴؛ هاوکنینگ، ۱۳۸۵: ۷۸ و ۷۹؛ کاپالدی، ۱۳۷۷: ۳۴۶) Norwood) هایزبرگ خودش اصل خود را چنین تبیین می‌کند: «آیا می‌توان به کمک مکانیک کوانتومی این واقعیت را نشان داد که الکترون تقریباً در مکان معینی دیده می‌شود و تقریباً با سرعت معینی حرکت می‌کند؟... با یک محاسبه مختصر معلوم شد که بر این تقریب‌ها اصلی حاکم است که بعدها اصل عدم قطعیت در مکانیک کوانتومی نام گرفت. حاصل ضرب عدم قطعیت‌های مقادیر اندازه‌گیری شده مکان و اندازه حرکت (حاصل ضرب جرم در سرعت) نمی‌تواند کمتر از ثابت پلانک باشد.» (ورنهایزبرگ، ۱۳۶۸: ۷۹ و ۸۰). برتراند راسل، فیلسوف معروف انگلیسی، که خود یکی از ریاضی دانان برجسته و در ابداع منطق جدید نقش کلیدی داشته است در یکی از کتابهایش راجع به عدم قطعیت چنین اظهار می‌دارد: «اصل عدم قطعیت می‌گوید: غیر ممکن است در آن واحد هم موقعیت مکانی و هم انرژی جنبشی یک ذره را به دقت تعیین کرد؛ چون در سنجش هر کدام از آنها وجود مقداری اشتباه غیر قابل احتراز است؛ به طوری که حاصل ضرب این دو اشتباه همیشه مقدار ثابتی است؛ یعنی هر قدر که در تعیین یکی از آنها بیشتر دقت شود، به همان اندازه از دقت دیگری کاسته خواهد شد و بالعکس.» (برتراند راسل، ۱۳۵۱: ۳۵۱). از سوی دیگر، اصل عدم قطعیت، متضمن آنست که ذرات از پاره‌ای جهات چنان امواج رفتار می‌کنند: آنها وضعیت معینی ندارند بلکه با توزیع احتمال معینی در ناحیه‌ای از فضا پخش می‌شوند. (باربور، ۳۱۵؛ هاوکنینگ، ۱۳۸۵: ۷۸ و ۷۹)

این موضوع باعث پیدایش یکسری نتیجه‌گیری‌های فلسفی و تعبیر و تفسیر -های متافیزیکی

گردید. خلاصه اصل عدم قطعیت مهر پایانی بود بر رؤیای برخی دانشمندان فیزیک کلاسیک (مانند لاپلاس) مبنی بر وجود تئوری علمی و مدل یکسره جبرگرا از جهان - آنها معتقد بودند که مجموعه‌ای از قانون‌های علمی وجود دارد که ما را قادر می‌سازد هر آنچه در آینده روی خواهد داد، پیش‌بینی کنیم - خود هایزنبرگ جلوتر از دیگران اهمیت فلسفی تئوری خود را در این دید که «اصل علیت را طرد می‌کند» وی رابطه علیت را در یک گزاره شرطی متصله بیان می‌کرد: «اگر حال را دقیقاً بدانیم، آینده را می‌توانیم پیش‌بینی کنیم.» (عبائی کوپایی، بی‌تا: ۱۱۸؛ گلشنی، ۱۳۸۵: ۲۳۵) و سپس اعلام داشت که مشاهدات تجربی و استنتاج‌های ریاضی، جزء نخستین این گزاره شرطیه (مقدم) را ابطال کرده است، پس اصل علیت طرد می‌شود. او می‌گفت:

با توجه به ارتباط نزدیک بین سرشت آماری نظریه کوانتوم و عدم دقت تمامی ادراکات ممکن است پیشنهاد شود که در پس جهان آماری ادراک، یک جهان واقعی قرار دارد که محکوم علیت است. به طور صریح می‌گوییم این خیال پردازی بی‌فایده است و بی‌معنی. زیرا فیزیک باید خودش را محدود به توصیف همبستگی مشاهدات بنماید، در واقع وضعیت واقعی را می‌توان به صورت زیر بیان کرد چون تمامی آزمایش‌ها محکوم قوانین مکانیک کوانتومی... هستند پس نتیجه می‌گیریم که مکانیک کوانتومی انهدام نهایی علیت را تثبیت می‌کند (همان؛ گلشنی، ۲۳۵) روشن است که در نظر آنان اگر نتوان آینده یک سیستم را بر اساس شناخت دقیق وضعیت حال پیش‌بینی کرد، این امر نشان دهنده آن است که علیت حکومتی ندارد و حوادث بر اساس شانس یا یک اراده آزاد اتفاق می‌افتد.

دیدگاه و برداشت هایزنبرگ از روابط عدم قطعیت محصور به اندیشه‌های خود او نشد بلکه درک و تلقی وی مورد استقبال جمع نسبتاً زیادی از فیزیکدانان فیلسوف مشرب، قرار گرفت. آنها قانع شده بودند که سیستم‌های کوانتومی ذاتاً «غیر موجب»¹⁷ هستند. و لاقلاً رکن علیت در آن حوزه حکومتی ندارد و به جای آن شانس و اتفاق بر مسند نشسته و حکمرانی می‌کند. بعضی از همین گروه طرد دترمینیسم و نفی موجبیت را حل‌کننده مشکل آزادی اراده انسان می‌دانستند، که از محل بحث ما خارج است. راسل نیز ابتدا از عدم قطعیت و نفی اصل موجبیت استقبال کرد، ولی بزودی از موضع خود عدول نمود و در طرد موجبیت تردید کرد، اما گویا ایشان تسلیم این تقدیر شوم شده بود و جز پذیرش آن چاره نمی‌دید، لذا فقط به ابراز تأسف بسنده می‌کند و می‌گوید: «دردناکترین

ره آورد این نظریه کوانتوم... این است که عمومیت قانون علیت را مورد شبهه قرار می‌دهد. (عبائی کوپایی، بی تا: ۱۲۱) برای درک این مسأله به صورت ملموس، ناگزیر از ذکر نکاتی از کتاب کارل پوپر، فیلسوف علم هستیم، ایشان بحث تعین و عدم تعین را در کتاب «شناخت عینی؛ رویکرد تکاملی»^{۱۸} در فصلی تحت عنوان «در باره ساعتها و ابرها» آورده است. او ثمره انقلاب نیوتنی را موجبیت و دترمینیسم می‌داند که بر اساس آن جهان همچون ساعت عمل می‌کرد- که دقیق، منظم، مضبوط، سازمان داده شده کار می‌کند و هیچ گونه تخلفی از آن سر نمی‌زند- که گذشته آن متضمن همه امکانات آینده اش بود. بر طبق این نظر، از دید پوپر همه ابرها ساعت‌اند حتی ابری‌ترین ابرها. کارل پوپر نقطه مقابل این رأی را Openuniverse (جهان باز) قرار داده است که مراد از آن این است که جهان (مانند ابرها) امکانات تعین نیافته فراوانی پیش روی دارد. گذشته جهان متضمن همه امکانات آینده جهان نیست. راه جهان در آینده، پیشاپیش از گذشته متعین نشده است.^{۱۹} چنین جهانی رهاورد نظریه کوانتوم و فیزیک مدرن است که با طلوع آن آفتاب اصالت تعین فیزیک کلاسیک افول کرد. (ر.ک: Karl R. popper, , 1972, p 212- 213)

نقد بر عدم قطعیت

در مورد نقد عدم قطعیت نکات و مطالبی تا هنوز گفته شده است، آنهایی که وفادار به اصل علیت هستند و خود را مسؤول می‌دانند که از حریم این اصل حیاتی و ناموس نظام خلقت در برابر هر نوع تهاجمات دفاع کنند، لذا عده نقص را در خود عدم قطعیت می‌دانند و برخی دیگر مشکل را در عدم شناخت کافی از اصل علیت قلمداد می‌کنند که به ترتیب ذیل به هر یک می‌پردازیم:

۱. عدم قطعیت ناشی از جهل بشر-عدم معرفت یقینی

گاهی به دلیل در دسترس نبودن معرفت محکم و یقین آور نسبت به یک حادثه و پدیده انسان گمان می‌کند که در خود طبیعت گونه‌ای عدم تعین وجود دارد، مثلاً می‌توان فرض کرد از طرح مدل جهان شناسی زمین مرکزی بطلمیوس که به وسیله آن خسوف و کسوف دقیقاً پیش‌بینی نمی‌شد، بشر آن روز گار نسبت به این پدیده‌ها در جهل نسبی به سر می‌برد. لذا نمی‌توانست در مورد پدیده‌هایی مثل خورشید گرفتگی و ماه گرفتگی، توضیحی قانع کننده مبنی بر یک رابطه علی پیدا کند،

بنابراین می‌توان فرض کرد که در نظر انسان‌های آن دوره گونه‌ای قطعیت در طبیعت وجود داشته است، این فرض خیلی هم دور از تصور نیست، امروزه هم پیشگویی قطعی در باره وضع هوا در آینده متوسط یا کمی دورتر ممکن نیست، اما هیچ‌گاه این امر احاله به عدم قطعیت در نفس طبیعت نمی‌شود. در این صورت عدم قطعیت کلاً یک مسئله ذهنی است نه یک مسئله عینی. ایان بار بور در این مورد می‌گوید: «البته ما می‌پذیریم که در طول تاریخ علم، معلوم شده است که چه بسیار عدم قطعیت‌ها نتیجه بی‌دقتی در معرفت بشری بوده است.» (بار بور، ۱۳۸۵: ص ۳۳۶) اگر دقت کنیم در زندگی روزمره با بسیاری از عدم قطعیت‌ها سروکار داریم که با اندک تحلیل اذعان خواهیم کرد که آنها مربوط به حوزه معرفت شناختی ما می‌شود. مثلاً شخصی با پرتاب سکه ای، هیچ‌گاه با ضرس قاطع شیر یا خط بودن سکه را پیش‌بینی کند. ولی شاید اگر به اندازه کافی در باره فشار پرتاب سکه، میزان مقاومت هوا و نظایر آن آگاهی داشته باشد بتواند پیش‌بینی کند. در این صورت عدم قطعیت کاملاً امر ذهنی است و نمایانگر عدم تکافوی اطلاعات ماست؛ وگرنه از نظر عینی سیستم کاملاً جبری و تحت قانون علیت است. خلاصه در بن نکات فوق این اعتقاد نهفته است که قوانین دقیقی وجود دارد که در آینده کشف خواهد شد. همان‌طور که معدودی از فیزیکدانان از جمله ماکس پلانک، انیشتین، دیوید بوم و ... معتقدند که عدم قطعیت در کوانتوم، مربوط به جهل فعلی ما است. به عنوان نمونه انیشتین در این مورد می‌گوید: «موفقیت اولیه نظریه کوانتوم نمی‌تواند مرا به تصادفی محض و مانند طاس نرد بودن حرکات جهان اتمی معتقد و متقاعد گرداند... اعتقاد راسخ من این است که سرانجام بشر می‌تواند به نظریه‌ای دست یابد که در آن مصادیق عینی ای که بر اثر وجود قوانین با یکدیگر ارتباط یافته‌اند، احتمالات نباشند، بلکه امر واقع و قابل ادراک باشند.» (همان، ص ۳۳۵) وی به تبیین اموری می‌پردازد که احتمال تأثیر بر تئوری کوانتوم را عقلانی جلوه می‌کند، مانند: احتمال تأثیر حرکت موضعی زمین و منظومه در اختلاط اتمها. (گلشنی، مهدی، منبع پیشین، ص ۱۳۱). ماکس پلانک که یکی از پایه‌گذاران مکانیک کوانتوم است نیز این اعتقاد را دارد که عدم قطعیت ناشی از ضعف دانش خود بشر است. آنجا که اظهار می‌دارد: «تردیدی نیست که درک مرحله‌ای که فیزیک نظری اکنون به آن رسیده است، از حوصله استعدادهای آدمی متوسط حتی استعدادهای خود کاشفان بزرگ آن بیرون است. آنچه شما باید به یاد بسپارید این است که هر چند ما در گسترش نیروهای بنیش و درک خود به سرعت پیش رفته ایم،

عاقبت نتوانستیم راز طبیعت را بگشاییم.» (لویس آتزمانلیز، آفرینندگان جهان نو، ۱۳۷۶ش: ۳۵۳). ایشان در جای دیگر در خصوص نظریه نسبیت و فرضیه کوانتوم نکاتی را بیان می‌کند که نشان دهنده حمایت آشکارش از اصل علیت است: در ست است که این دو نظریه به تازگی پریشانی‌هایی را پدید آورده است، ولی هنوز کسی نمی‌تواند بگوید این فرضیه چه تأثیری در صورت بندی قانون علیت خواهد داشت. ظاهراً لزوم تغییراتی احساس می‌شود ولی من مانند بسیاری علمای فیزیک عقیده دارم که در پایان کار، فرضیه کوانتوم با معادلاتی نمایانده خواهد شد که قانون علیت را به صورت دقیق‌تر و صحیح‌تری نمایش دهد. (ماکس پلانک، علم به کجا می‌رود، ۱۳۵۴: فصل دوم، چهارم و پنجم)

اگر این بخش را به مقام داوری بسپاریم ممکن است این گونه قضاوت شود: با توجه به تلاش‌های فراوانی که از طرف غواصان ماهر و به نام علم فیزیک، در دریای وسیع و عمیق زیر اتمی به منظور دستیابی به متغیرها و فاکتورهای احتمالی دخیل در ایجاد رخدادها و اتفاقات ذرات بنیادین صورت گرفته است که تا کنون نیل به این هدف گزارش نشده است؛ به عنوان مثال «دیوید بوم اخیراً کوشیده است یک فرمالیسم جدید بسازد و برای این کار از به قول خودش «متغیرهای نهانی» سود جسته که به مشاهده فعلی در نمی‌آیند... البته تا امروز محاسبات او هیچ نتیجه تجربی‌ای که با محاسبات مکانیک کوانتوم فرق داشته باشد به دست نداده است.» (همان، ص همان) تعبیرات فوق‌الذکر ماکس پلانک نیز بیانگر این حقیقت بود. از اینجا می‌توان به این نتیجه رسید که عدم قطعیت یک مسئله معرفت‌شناختی است نه هستی‌شناسی، از این رو دانشمندان فیزیک امیدوارند که در آینده با تکون نظریه‌های جامع‌تر اطلاعات ما در باره جهان فیزیک دقیق‌تر شده و پرده از این راز بر داشته شود.

خوشبختانه به دنبال احتمال وجود علل ناشناخته در عالم میکروسکوپی که از سوی اینشتین، ماکس پلانک، پوپر و غیره مطرح شده بود، این احتمال با تکامل فیزیک جدید از اعتبار بیشتری برخوردار شد؛ مثلاً پرواز (تفرق) نامتناوب الکترون‌ها که یکی از اشکال تئوری کوانتوم بود، امروزه آزمایش‌های جدید، تساوی شرایط تکرار تفرق الکترون‌ها را تأیید نمی‌کند. اسوچینیکو در این باره می‌گوید: «اگر بتوان ثابت نمود که در پرواز و تفرق متناوب الکترون‌ها شرایط میکروسکوپی نیز همانند است، در آن صورت نتیجه‌گیری فوق می‌تواند صحیح باشد،

اما آزمایش‌های جدید و نیز تئوری، این استدلال را تأیید نمی‌کند.» (اسوچینکو، مسئله علیت و رابطه حالت‌ها در فیزیک، ۱۳۵۸: ۲۲۱)

بنابراین همان‌طور که گفته شد که هیچ کس نمی‌تواند ادعا کند که تمام عوامل و فاکتورهای دخیل در رفتارهای ذرات بنیادین را به طور قطع به دست آورده است. پس این امکان دور از عقل و منطق نیست که احتمالاً حلقه یا حلقات مفقوده و کوری در این زمینه وجود دارد که با رشد علم و تکنولوژی بشر ممکن است پیدا شود. در نتیجه می‌توان این نقد را تأیید کرد.

۲. عدم قطعیت به عنوان محدودیت‌های تجربی یا مفهومی

بعضی از فیزیکدانان دیگر عقیده پیدا کردند که عدم قطعیت نتیجه جهل موقت و نسبی مانیتست. بلکه به دلیل محدودیت و وسایل کسب معرفت یا نقص ساختاری دستگاه ادراکی بشر است که ما را از فهم دقیق حوزه‌های میکروفیزیکی برای همیشه ناکام می‌گذارد. این محدودیت‌ها به دو دسته تقسیم می‌شوند:

۱-۲- محدودیت‌های تجربی: به دلیل وجود محدودیت‌ها، ما هیچ‌گاه نمی‌توانیم به وسیله آزمایش‌های روشمند تجربی، حوزه زیر ساخت اتمی را بکاویم. چرا که مشاهده سیستم‌های کوانتومی مستقیماً باعث اختلال و به هم خوردن نظم همان سیستم می‌شود و در نگرنده خود را درگیر حوادث موضوع (در نگرسته) می‌کند و آنچه که پس از اختلال و اغتشاش مشاهده می‌شود، به هیچ وجه همان سیستم قبل از مشاهده نیست. به عنوان مثال وقتی ما می‌خواهیم یک الکترون منفرد را مشاهده می‌کنیم برای این کار باید پرتو نوری بر آن بتابانیم یا به عبارت دیگر آن الکترون را با کوانتوم نور (فوتون) بمباران کنیم این عمل وضعیتی را که می‌خواهیم مشاهده کنیم با سرعت بر هم می‌زند. چرا که استفاده از کوانتای نور، با طول موج کوتاه تر مانند اشعه گامای رادیوم ونه نور معمولی، اجازه تعیین محل دقیق تری از موضع الکترون را به ما می‌دهد؛ ولی همین کوانتای نوری (اشعه گامای رادیوم) انرژی بسیار شدید تری دارد و اغتشاش بیشتری در سرعت الکترون ایجاد می‌کند. (عبایی کوپایی، بی تا: ۱۳۰؛ باربور ۱۳۶۲: ۳۳۷). بنابراین، این تجربه نبود وسایل مناسب است که در بقای معما و اغتشاش و اخلال در اتم‌ها دارای نقش و سهم بسزای است. واقعیت این است که «این مسئله در مورد بسیاری از تجربه‌ها و آزمایشات صادق است،

ولی از توجیه عدم قطعیت به هنگامی که هیچ چیز باعث اختلال یا اغتشاش در سیستم نمی‌شود، ناتوان است؛ فی‌المثل پیش‌بینی ناپذیری زمانی که در آن یک اتم رادیواکتیو خود به خود تجزیه می‌شود، یا زمانی که یک اتم تنها در حالت برانگیخته از مدار خود به در می‌رود، کاملاً جدا از هر گونه جریان اندازه‌گیری است، یک سیستم ممکن است یک نوع از دقت را از دست بدهد و نوع دیگر را به دست آورد.» (بار بور، ۱۳۶۲: ۳۳۷) حتی در فیزیک کلاسیک اختلالاتی بوده که رفعشان ممکن نبوده ولی در نظر گرفتن سیستم بدون آنها امکان داشته است. (مثلاً در اندازه‌گیری ظرفیت حرارت یک شیء خیلی کوچک، می‌توان تأثیر اختلال انگیز دماسنج را محاسبه کرد.) پس نمی‌توان این دیدگاه (نقد) را به عنوان یک احتمال پذیرفت، چون موارد نقص در آن مشاهده شده است.

۲-۲- محدودیت‌های مفهومی: در این تعبیر انسان به عنوان اندیشنده و داننده و نه آزماینده منشأ مشکل است. چرا که انسان اندیشنده برای شناخت جهان با استفاده از مواد خام که از طریق تجربیات حسی بدست می‌آید، مرتباً انتزاع و مفهوم‌سازی می‌کند که خود وسیله‌ای برای شناخت جهان و طبقه‌بندی اشیاء به شمار می‌رود. طبعاً مفاهیمی که همواره از تجربه اخذ می‌شود، به کاربرد آنها در حوزه میکروفیزیکی مشکلاتی را به وجود می‌آورد. زیرا صورتبندی مدل‌های اتمی بیشتر از آنکه از تجربه اخذ شده باشد، محصول نیروی اندیشه انسان است. (همان، ۱۳۶۲: ۱۳۱؛ ۳۳۸؛ ۵۷. Von weigsa cher, physics, 57) این ما هستیم که صور قابل درک چیزهای واقعی را از طریق تجربه یا آزمایش خویش آفریده ایم.

ما با انتخاب موقعیت‌های آزمایشی تصمیم می‌گیریم که یک الکترون در کدام یک از طرح‌های مفهومی (موجی یا ذره‌ای، وضع مشخص یا سرعت مشخص) خود را بر ما جلوه گر سازد. به ویژه ساخت جهان اتمی به نحوی است که ما باید یا توصیف علی (با توابع علی که جبرانگاران در کار آورده‌ایم) یا توصیف زمانی - مکانی را انتخاب کنیم و هر دو را در آن واحد نمی‌توانیم به کار ببریم. محققانی که از این زاویه می‌نگرند معمولاً برداشتی پوزیتویستی از علم دارند. در حالی که توابع احتمال، ابزارهای محاسباتی مفیدی برای همارایی مشاهده‌اند، نه نشان‌دهنده جمال واقعی. (دهباشی، ۱۳۷۲: شماره‌های ۱۴۸ و ۴۹/۱۴۹) با توجه به این محدودیت‌ها است که هایزنبرگ معتقد بود که: «اتم در فیزیک مدرن بسیار انتزاعی‌تر از اتم

اتم‌یستهای یونان است.» (هایزبرگ، ۱۳۶۸: ۶۱) دو گانگی موج- ذره یکی از نمونه‌های روشن از ضعف دستگاه معرفتی بشر است که نمی‌تواند رویدادهای جهان خرد را بفهمد. بر این اساس ما فقط می‌توانیم با معادلات ریاضی آنچه را که در آزمایش‌ها صورت می‌گیرد توصیف کنیم ولی نمی‌توانیم صفات واقعی آن حوزه را ادراک کنیم. (عبایی کوپایی، بی تا: ۱۳۲)

اگر بخواهیم راجع به این مسئله (محدودیت مفهومی) نیز قضاوتی داشته باشیم باید بگوییم که برای شکل‌گیری مفاهیم در ذهن وجود چند چیز لازم است: یکی ابزار حسی سالم مثل قوای باصره، سامعه، لامسه و... زیرا «من فقد حساً فقد علماً» (مطهری، ۱۳۷۷: ۳۵۶/۱۳) یعنی هر کس که فاقد یک نوع حس باشد، فاقد یک نوع شناخت است. دوم شیء مورد تجربه حسی، بر قوه حاسه انسان عرضه شود تا درک صورت گیرد؛ همان‌طور که کانت معتقد به این رکن بود که باید چیزی بر ما عرضه شود تا معرفت برای ما حاصل شود. جمله معروف از او نقل شده است که می‌گوید: بدون داده‌های حسی، فاهمه بی‌محتوی و بدون مقولات فاهمه، حس ناپیوست. (مجتهدی، ۱۳۸۵: ۵۳)

علاوه بر اینها انسان به نوعی تجزیه و تحلیل نیز احتیاج دارد که کار عقل است. در عالم ذرات بنیادی، رکن دوم شناخت معیوب است. زیرا این حوزه به طور واضح و شفاف در معرض دید انسان قرار نمی‌گیرد. در نتیجه تصویر دقیق در اختیار عقل قرار نمی‌گیرد تا از آن مفهوم بسازد. دقیقاً شبیه کسی می‌ماند که چیزی را از دور مشاهده می‌کند به خاطر تاریکی، درست تشخیص نمی‌دهد که حیوان است یا انسان یا جماد، لذا در دید او ممکن است شیء مورد نظر به صورت‌های مختلف ظاهر شود. در حوزه میکروفیزیک نیز چنین شرایطی حاکم است. بنابراین این بخش (محدودیت مفهومی) را نیز می‌توان به عنوان یک فرضیه و احتمال در نظر گرفت.

۳. علی نبودن حوادث اتمی، مبتنی بر کامل بودن نظریه کوانتوم:

ادعای شانس و اتفاقی بودن رخداد‌های ذرات بنیادی در صورتی معقول است که نظریه کوانتوم را کامل بگیریم. اگر این نظریه ناقص باشد، می‌توان حوادث اتمی را مبتنی بر علل تاکنون ناشناخته دانست. ما دلیلی نداریم که دانش امروز جمیع عوامل را شناخته باشد. هنری استپ، آلبرت انشتین و غیره که خود از بزرگان نظریه کوانتوم هستند، به همین عقیده می‌باشند. (گلشنی، ۱۳۸۵: ۲۶۲) استاد مطهری در این زمینه از انشتین چنین نقل قول می‌کند:

«انشتاین در مقدمه خلاصه فلسفی نظریه نسبیت می‌گوید: بشر پس از آشنا شدن با فیزیک جدید همین قدر می‌تواند ادعا کند که با الفبای کتاب آفرینش آشنا شده است نه بیشتر؛ یعنی مثل بشر از نظر آشنایی با حقایق جهان مثل کودکی است که تازه به دبستان رفته و الفبای یک زبان را شناخته است. این کودک تا وقتی که بتواند کتابهای علمی که به آن زبان نوشته شده است بخواند و بفهمد، چقدر فاصله دارد؟ بشر امروز نیز تا وقتی که بتواند کتاب طبیعت را بخواند همین قدر بلکه بیشتر فاصله دارد.» (مطهری، ۱۳۸۷: ۳۳۵/۹) بر این اساس می‌توان در این زمینه چنین داوری کرد که ممکن است در حوزه کوانتوم عوامل و فاکتورهای دیگری وجود داشته باشند که رفتار ذرات را در یک سطح زیر کوانتومی تعیین کنند و ما راهی نداریم که آنها را به وسیله آزمایش تحقیق کنیم؛ بدین معنی که احتمال دارد حرکت در سطح زیر کوانتومی امر متافیزیکی باشد. علاوه بر این، تجارب گذشته در جهان علم بخصوص در فیزیک ذرات بنیادی نیز مؤید این مدعا خواهد بود. یعنی بشر در عصر علم زدگی و روشن‌گری چنین ادعای بلند پروازانه داشت که نظریات علمی از جامعیت کامل بر خوردار است به همین دلیل بود که مکتب‌های تجربی و پوزیتیویستی روی کار آمد، اما دیری نگذشت که همگی با سرنوشت تلخ شکست و بی‌اعتباری مواجه شد، از آن پس هیچ‌کسی جرئت چنین ادعای را نکرده‌اند. پس ادعای جامع و کامل بودن یک نظریه علمی گزافه و اغراق بیش نخواهد بود.

۴. خلط اصل علیت با مسئله پیش‌بینی

یکی از نکات ضعف فلاسفه و فیزیکدانان مغرب‌زمین، خلط علیت با پیش‌بینی وضعیت آینده از سوی انسان هاست. در حالی که آنچه اصل علیت ادعا می‌کند صرفاً احتیاج هر پدیده به علتی است، اما این که علت فلان پدیده چیست و یا از فلان علت چه معلولی و در کدام زمان و مکان رخ خواهد داد، سؤالاتی است که به عهده علوم تجربی گذاشته شده است. چرا که عقل با کلیات سروکار دارد امور جزئی و تشخیص مصادیق به عهده دانش تجربی است. «البته پیش‌بینی‌های قطعی هنگامی میسر است که جمیع مقدماتی که زمینه قطعی آینده را تشکیل می‌دهند تحت مشاهده و محاسبه در آیند و اگر جمیع مقدمات قابل محاسبه نبود امکان پیش‌بینی از بین می‌رود.» (طباطبایی، بی‌تا: ۵۲۰) پس نتیجه که از این توضیحات می‌توان گرفت این است که: «لازمه واقعی

بودن [و حقیقت داشتن] قانون علیت امکان پیش‌بینی بشر نیست، بلکه لازمه اطلاع بشر بر آن مقدمات و علل، امکان پیش‌بینی است. پس ما اگر بخواهیم به طرز منطقی استنتاج کنیم نباید از عدم امکان پیش‌بینی در برخی موارد عدم واقعی بودن قانون علیت را نتیجه بگیریم، بلکه همین قدر باید نتیجه بگیریم که ما از وجود چنین عوامل قطعی اطلاعی نداریم یا از آن جهت که اصلاً چنین عواملی وجود ندارد و یا آنکه وجود دارد و ما بی‌اطلاع هستیم.» (همان)

۵. اصل علیت یک اصل متافیزیکی

اصل علیت اصل متافیزیکی است نه یک اصل تجربی، بنابراین با تجربه نفی نمی‌شود. اگر به فلسفه کانت نگاه کنیم، قانون علیت یک امر تجربی نیست که بتوان آن را از راه تجربه اثبات یا ابطال کرد. بلکه پایه‌ای است که هر نوع تجربه‌ای بر آن قرار دارد و یکی از مقولات فاهمه‌ای که کانت آنها را پیشینی و ماتقدم²⁰ می‌نامد. (مجتهدی، ۱۳۸۵: ۴۰) در فلسفه اسلامی علیت از مقولات ثانی فلسفی است (یعنی عروض آن در ذهن و اتصافش در خارج می‌باشد که امر تجربی قطعاً فاقد این ویژگی است) به هر حال «قانون علیت با شعب و متفرعاتی که دارد از قوانین فلسفی خالص است و فقط با اصول فلسفی می‌توان در مقام نفی یا اثبات آن برآمد و علوم نه می‌توانند این قوانین را رد کنند و نه اثبات و نه می‌توانند از آنها بی‌نیاز باشند و تنها کاری که فیزیک یا علوم دیگر می‌تواند بکند این است که این قانون را با متفرعات وی به صورت اصول موضوعه بپذیرد و تا هر جا که می‌تواند از آن استفاده کند و هر جا که نمی‌تواند، درباره آن سکوت اختیار کند.» (طباطبایی، بی تا: ۱-۵/۵۱۸) طبق روال جاری، این قضیه را نیز در محک داوری قرار دهیم تا معلوم شود که چه حکمی را متحمل می‌شود. قبلاً نیز اشاره کردیم که اصل علیت یک قضیه حقیقیه است که در واقع بیانگر این است که هر گاه در خارج علتی وجود داشته باشد قطعاً معلولی وجود دارد و بر عکس؛ اثبات مصادیق آن به عهده علوم تجربی است نه وظیفه خود مفاهیم علیت و معلولیت. از نظر منطقی قضیه حقیقیه به قضیه شرطیه بر می‌گردد به این صورت: اگر در خارج معلولی داشته باشیم، علتی خواهیم داشت. پس تردید در مورد وجود عینی و خارجی معلول، نافی اصل علیت نیست؛ زیرا قضیه شرطیه مستلزم صدق طرفین نیست تا مشکل پیش بیاید. نتیجه این که در قلمرو میکروفیزیکی و در موارد

دیگر از حوزه تجربی چه علت و معلول را تشخیص بدهیم و چه ندهیم، اصل علیت پایدار، تردید ناپذیر و حاکم علی الاطلاق بر گستره علوم و دانش بشری خواهد بود. شاهدش هم این است که حتی خود عدم قطعیت در پرتوی همین اصل نفس می‌کشد و به حیات خود ادامه می‌دهد، به محض در آوردن آن از تحت سیطره این اصل فنای آن قطعی است، همچون کفی که روی آب روان است، اگر آب نباشد کف آب نیز به نیستی می‌گراید. پس «علیت» یک قانون معتبر عقلی است که پایه وزیر بنای تمام علوم بشری می‌باشد.

۶. علم مدیون علیت

ناگفته پیداست که متفکران و دانشمندان در طول تاریخ چون باغبانانی متبحر بودند که نهال دانش را در مزرعه مساعد و مستعد اصل علیت کاشتند و با استفاده از خاک حاصلخیز آن شجره نوپای علم را پرورش دادند تا اینکه در گذر زمان مرحله رشد و پویایی را طی نمود و دارای شاخ و برگ‌های زیبا و تنومند شد و در فرجامین امر در بهار خرد و اندیشه غربی به بار نشست و ثمره شیرین تکنولوژی و تمدن را به جامعه بشری به ارمغان آورد. بنابراین، تردیدی نیست که ویرانی و تخریب مزرعه حاصل‌زا و پربرکت علیت برابر است با تخریب و نابودی درخت علم و دانش. شهید مطهری در پاورقی اصول فلسفه و روش رئالیسم در این زمینه نکات جالبی دارد و می‌فرماید: «اگر قانون علیت را نپذیریم هیچ قانون علمی (تجربی و غیر تجربی) را نباید بپذیریم زیرا هر قانون علمی محصول و معلول یک رشته مقدمات قیاسی یا غیر قیاسی است که با پیدایش آن مقدمات، پیدایش آن قانون علمی که ثمره و نتیجه آن مقدمات است قطعی است. حال اگر بنا بشود که قانون علیت دروغ باشد هیچ رابطه‌ای بین مقدمات یک دلیل و ثمره آن دلیل نخواهد بود یعنی هیچ مطلبی را ثمره هیچ دلیلی نمی‌توان دانست و اگر قانون سنخیت علی و معلولی دروغ باشد از هر مقدمه و قیاس و استدلالی هر نتیجه را می‌توان انتظار داشت بلکه از هر چیزی هر چیزی را می‌توان انتظار داشت، مثلاً از غذا خوردن یک انسان دانشمند شدن یک جماد را می‌توان انتظار داشت، و اگر قانون ضرورت علی و معلولی دروغ باشد، در حال اجتماع جمیع شرایط و مقدمات و اجزاء علل یک چیز نمی‌توان انتظار قطعی آن چیز را داشت یعنی در این حال نیز ممکن است آن شیء موجود بشود و ممکن است موجود نشود. معنای این سخن این است که

وجود جمیع مقدمات ذهنی يك دليل در ذهن با عدم آنها در ذهن یکی است زیرا اگر ضرورت علی و معلولی دروغ باشد نه بین وجود علت و وجود معلول، ضرورت است و نه بین عدم علت و عدم معلول، و بنابراین در حال وجود علت و در حال عدم (هر دو) معلول امکان وجود و عدم دارد، پس بود و نبود علت مساوی است.» (طباطبایی، بی تا، ۱-۵: ۵۲۱).

خلاصه مخالفان علیت اولاً برای اثبات مدعای شان ابتدا باید به انتقادات مذکور پاسخ مستدل و منطقی بدهند تا بتوانند از احتمالات موجود در حوزه میکروسکوپی به نفع خود شان استفاده کنند.

نتیجه

ثمره بحث تا اینجا این شد که مهر فروزان قانون علیت از صبح ازل تا شام ابد بر تمام گستره کون و مکان پرتو افشانی کرده و می کند و ابرهای شک و تردید هیچ گاه نمی توانند آن را از چشمان تیز بین عقل و فطرت سلیم مخفی نگهدارند، البته کسانی که فقط مجهز با عینک تجربی اند، همه جا نمی توانند شعاع عالم تاب علیت را رویت کنند، چه این که غبارهای محدودیت و محصوریت علمی، ابزاری، مفهوم سازی و... روی عینک تجربی نشسته که قدرت دید را از آنها سلب کرده است؛ آنان باید از پشت عینک شفاف عقل و منطق و براهین فلسفی به جهان اسرار آمیز ریز کوانتومی بنگرند تا حضور سپهر علیت را تصدیق کنند و از این طریق بدین حقیقت پی برند که عدم قطعیت چون ابری تاریک است که چهره خورشید علیت را پوشانده و تنها بادهای ژرف اندیشی فلسفی است که می تواند این ابر تراکم و ظلمت زا را از رخ زیبای آن جارو زند. در یک کلام اینکه علیت یک قضیه ای حقیقیه است که بر تمام حوادث، اتفاقات و رخداد های که در نظام هستی رخ می دهد سیطره دارد، اگر در جایی رد پای آن را نمی بینیم به دلیل ضعف در سیستم ادراکات تجربی است نه در قانون علیت. دقیقاً مانند خورشید است که هرگاه طلوع کند همه جا را روشنایی می بخشد؛ اگر کسی پرتو افشانی آن را نمی بیند یا عیب در دستگاه بینایی اوست یا موانعی وجود دارد که ابتدا آن را باید بر طرف کرد تا رخ عالم تاب خورشید را بنگرد.

1. Classical physics
2. Determinism
3. atomic
4. Subatomic
5. Quantum theory
6. Wave- particle duality
7. Uncertainty principle
8. Causality
9. Determinism principale
10. Atomic theory
11. Elementary structure

۱۲. کوارک یک ذره فرضی است که جزء بنیادی بعضی از ذرات بنیادی شناخته شده به حساب می‌آید (ر.ک: گلشنی، همان: ۴۲۲).

13. Wave- particle duality.
14. Wave- pattern.

۱۵. به عناصر که به طور خود بخودی منجر به خود شکنی و فروپاشی می شود مواد رادیواکتیو گویند.
۱۶. مکانیکی است که جایگزین مکانیک نیوتونی شده تا توصیفی از رفتار سیستم‌های اتمی و زیر اتمی به دست بدهد. در این نظریه بعضی سوالات فقط جواب احتمالی دارند (ر.ک: گلشنی، همان: ۴۲۹).

17. Indeterminim
18. Objective knowledge, An Evoluticnary Approach.

۱۹^۱. همان‌طور که ابرها دامنه‌ها و کرانه‌های نامعین دارد. طبعاً یک قطعه ابر دارای بی‌نظمی و بی‌قاعدگی و پراکندگی است که ما نمی‌توانیم درک کنیم که حدود این ابر تا کجاست و از کجا به بعد این ابر تمام می‌شود. جهان شکل گرفته از مکانیک کوانتوم و فیزیک جدید نیز همچون ابرهای است که همه چیز نامتعین و بر اساس آمار و احتمالات قابل ارزیابی است.

20. a priori

کتابنامه

- ابن سینا، حسین بن علی، رسایل، تهران، نشر بیدار، بی تا.
- اسوچینکو، مسأله علیت و رابطه حالت‌ها در فیزیک، ترجمه م. شریف زاده، تهران، نشر پویا، ۱۳۵۸.
- باربور، ایان، علم و دین، ترجمه: بهاء الدین خرمشاهی، تهران نشر دانشگاهی، چاپ اول، ۱۳۶۲.
- برتراند راسل، جهان بینی علمی، ترجمه حسن منصور، تهران انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۵۱ ش.
- پلانک، ماکس، علم به کجا می‌رود، ترجمه احمد آرام، تهران، شرکت سهامی انتشار، ۱۳۴۷.
- دهباشی، مهدی، نقد و بررسی نتایج فلسفی تئوری کوانتوم، نشریه زبان و ادبیات، دانشکده ادبیات و علوم انسانی تبریز، پاییز و زمستان، ۱۳۷۲، شماره ۱۴۸ و ۱۴۹.
- رنال، جان، علم در تاریخ، ترجمه محمد حیدری ملایری، محسن ثلاثی، بهاء الدین خرمشاهی، تهران، مؤسسه انتشارات امیر کبیر، سوم و چهارم، چاپ دوم، ۱۳۸۰.
- سبزواری، ملا هادی، شرح المنظومه، تصحیح و تعلیق: حسن حسن زاده آملی، تهران، نشر ناب، دوم، ۱۳۸۰ ش.
- سهروردی، شهاب الدین، حکمه الاشراق، تهران، پژوهشگاه علوم انسانی، بی تا.
- شیروانی، علی، شرح مصطلحات فلسفی بادیة الحکمه و نهایه الحکمه، قم، مرکز انتشارات دفتر تبلیغات اسلامی حوزه علمیه، چاپ دوم، ۱۳۷۷.
- صدرالمتألهین، محمد بن ابراهیم (ملاً صدرا)، الشواهد الربوبیه، ترجمه جواد مصلح، تهران، انتشارات سروش، چاپ چهارم، ۱۳۸۵.
- صدرالمتألهین شیرازی (ملا صدرا)، محمد بن ابراهیم، اسفار اربعه، قم، انتشارات مصطفوی، دوم، ۱۳۶۴.
- طباطبایی، محمدحسین، اصول فلسفه و روش رئالیسم، قم، دفتر انتشارات اسلامی حوزه علمیه قم، بی تا.
- عبائی کوپائی، محمود، مرزهای فیزیک و فلسفه، تهران، ارغنون، چاپ اول، بی تا.
- فردریک کاپلستون، فلسفه معاصر، ترجمه علی اصغر حلبی، تهران، انتشارات زوار، ۱۳۶۱ ش.
- قراملکی، محمد حسن قدردان، اصل علیت در فلسفه و کلام، قم، انتشارات دفتر تبلیغات

اسلامی، چاپ اول، ۱۳۷۵ ش.

کاپالدی، نیکولاس، فلسفه علم، ترجمه علی حقی، تهران، سروش، ۱۳۷۷.

گلشنی، مهدی، تحلیلی، از دیدگاه‌های فلسفی فیزیکدانان معاصر، تهران، پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی، چاپ چهارم، ۱۳۸۵.

لویس آنترمالیز، آفرینندگان جهان نو، گروه مترجمان، تهران، نشر مرکز، ۱۳۷۶ ش.

مجتهدی، کریم، فلسفه نقادی کانت، نشرات امیر کبیر، تهران، چاپ چهارم، ۱۳۸۵.

مصباح یزدی، محمد تقی، دروس فلسفه، تهران، موسسه مطالعات و تحقیقات فرهنگی، چاپ

اول، ۱۳۸۳.

مطهری، مرتضی، مجموعه آثار، تهران، انتشارات صدرا، ششم، چاپ سیزدهم، ۱۳۸۸.

مطهری، مرتضی، مجموعه آثار، تهران، انتشارات صدرا، نهم، چاپ هشتم، ۱۳۸۷.

ونر هایزنبرگ، جزء وکل، ترجمه حسین معصومی همدانی؛ تهران، مرکز نشر دانشگاهی، ۱۳۶۸.

هاپوود جینز، جیمز، فیزیک و فلسفه، تهران، شرکت انتشارات علمی و فرهنگی، چاپ پنجم،

۱۳۸۸.

هاوکینگ، استیون، تاریخچه زمان، مترجم: محمد رضا محبوب، تهران، شرکت سهامی

انتشار، چاپ دهم، ۱۳۸۵.

Dray, W.H, "DETEMINISM", The Encyclopedia of Philosophy, Paul Edwards, USA, Macmillan, 1967

Feyerabend, Paul K, "Heiasenberg", The Encyclopedia of Philosophy, Paul Edwards, USA, Macmillan, 1967

Jonathan Powers, Philosophy and The new Physics, Methuen London 1982

Karl R. Popper, objective Knowledge, oxford 1972

Norwood, Russell, Hanson, Quantum Mechanics, Philosophical implication of, The Encyclopedia of Philosophy, Paul Edwards, USA, Macmillan, 1967

Derek stanesby, Science, Religion and Reason, Rutledge, 1985

Von Weigsa cher, The world wave of physics.

