

بررسی دیدگاه های فلسفی فیزیکدانان قرن بیستم

یوسف یوسفی^۱، حمیده فخاری^۲

پذیرش: ۱۴۰۰/۱/۱۷

دریافت: ۹۹/۱۰/۲۱

چکیده

در این مقاله، ابتدا رویکردهای فلسفی فیزیک کلاسیک (فیزیک تا پایان قرن ۱۹ میلادی) بیان و در ادامه مهمترین نقاط ضعف آن که شامل فرضیه اتر و تابش جسم سیاه می باشد، ارائه گردید. در تعبیر کپنهاگی (حلقه وین) مکانیک کوانتومی، از فرمالیسم ریاضی نظریه کوانتوم به پیش بینی تجارب می پردازند، آنچه قابل مشاهده است واقعیت دارد و وراء آن واقعی نیست. نظریه کوانتومی آخر خط فیزیک است و هر سوالی که مکانیک کوانتوم نتواند جواب دهد قابل تحقق نیست. این گروه از دانشمندان به آخر خط بودن فیزیک و قابل فهم نبودن نظریه کوانتومی هیچ اشکالی نمی دیدند، چون معتقد بودند که توصیف ریاضی کفایت می کند و تصویر پذیری شرط نیست. کپنهاگی ها در مورد واقعیت اشیاء کوانتومی، نظرات متفاوتی دارند: بعضی معتقد بودند که واقعیتی وراء پدیده ها وجود ندارد، بعضی معتقد بودند که جهان اتمی، پر از استعدادها و توانایی هایست که با اندازه گیری به فعلیت می رسد و ... اما اینشتین، بوهلم و همفکران آنها معتقد هستند که ما چیزی داریم بنام حالت واقعی یک سیستم فیزیکی که به طور عینی وجود دارد، مستقل از هر گونه مشاهده یا اندازه گیری، و این قابل توصیف به وسیله مفاهیم فیزیکی است. منظور از تحقیقات فیزیکی شناختن این واقعیت فیزیکی است، آنچنان که هست، یعنی شناخت ماهیت اشیاء مستقل از ذهن انسان. آنها معتقداند که طبیعت را صرفاً از راه آزمایش ها و داده های تجربی نمی توان شناخت، بلکه باید سراغ ذهن خلاق انسان برویم و با تعبیه ساختارهای نظری، نمایشی از واقعیت فیزیکی را به دست آوریم. اما باید به طور مرتب این ساختارهای نظری را به کمک تجربه اصلاح کنیم تا به واقعیت فیزیکی نزدیک و نزدیک تر شود. بنابراین، فلسفه روی جهت گیری تحقیقات اثر می گذارد، زیرا هر کار تحقیقاتی، همواره با یک فلسفه خاصی صورت می گیرد. فلسفه برای علم به منزله چارچوب است، بعضی از اصول فلسفه به هنگام کاوش برای یافتن یک فرمالیسم فیزیک ریاضی به عنوان اصل راهنما عمل می کند و در تحقیقات علمی نقش سرنوشت ساز دارد. در نهایت نکته مهم اینکه، عدم توجه به مسائل فلسفی می تواند باعث اشتباه فیزیکدانان شود.

کلمات کلیدی: فلسفه فیزیک، فرمالیسم ریاضی، اشیاء کوانتومی، اصل مکملیت، عدم قطعیت

^۱ استادیار دانشگاه پیام نور، تهران، ایران، نویسنده مسئول، yousof54@yahoo.com

^۲ دبیر فیزیک، آموزش و پرورش شهرستان تایباد، خراسان رضوی، ایران.

۱. مقدمه

فیزیک کلاسیک با کارهای گالیله و نیوتن در مکانیک شروع، و در قرن نوزدهم با کارهای ماکسول در الکترومغناطیس کامل شد. در چارچوب فیزیک کلاسیک هر سیستم با تعدادی متغیر مشخص می‌شود، این متغیرها در یک دستگاه معادلات دیفرانسیل صدق می‌کند و با دانستن مقدار آنها در هر لحظه مقدار آن در لحظات بعدی مشخص می‌شود، برنامه فیزیک کلاسیک مشخص کردن این متغیرهاست. در اواخر قرن نوزدهم، فیزیکدانان فکر می‌کردند تمام پدیده‌های طبیعی را شناخته و فیزیک به آخر خط رسیده است و چیز جدیدی برای کشف کردن باقی نمانده است. البته بعضی از فیزیکدانان ادعا می‌کردند تنها ممکن است در آینده دقت تجربی بالاتر رفته، نه اینکه پدیده جدیدی کشف شود. دیدگاه فلسفی مورد علاقه گالیله و نیوتن استقراری^۱ است که با منطق قیاسی^۲ ارسطو که در آن زمان مورد حمایت کلیسا است، در تعارض بود. رهیافت مورد نظر این دو دانشمند فیزیک کلاسیک صرفاً یک رهیافت تجربی است و به همین دلیل است که نیوتون گفته بود "من فرضیه نمی‌سازم".

[۱]

اهم فرضیات فلسفی که فیزیک کلاسیک تا قرن نوزدهم بر مبنای آن بنا شده است به شرح زیر می‌باشد: [۲]

۱. واقعیتی مستقل از ماده وجود دارد و کار فیزیک شناخت این واقعیت است.
۲. این واقعیت فیزیکی قابل تجزیه به عناصر قابل تشخیص است (مثل جرم سرعت و ...).
۳. اشیاء بزرگ مرکب از اشیاء خرد هستند و رفتار اشیاء روزمره را می‌توان بر حسب رفتار اشیائی خرد توضیح داد.
۴. سیر زمانی حالات هر سیستم به گونه‌ای است که هر حالت، از حالت بلافاصله قبل از آن بطور علی نتیجه می‌شود.
۵. اطلاعات ما از رفتار سیستم‌های فیزیکی از طریق مشاهده‌ی آنها به دست می‌آید و این مشاهده اختلال قابل ملاحظه‌ای روی سیستم مورد مطالعه ایجاد نمی‌کند.

۶. یک جدایی واضح بین ذهن و عین وجود دارد و انسان صرفاً یک تماشاگر است که واقعیت خارجی را توصیف می‌کند. بنابراین تا زمانی که دیدگاه فلاسفه‌ی علوم طبیعی قیاسی ارسطویی بود، فیزیک و علوم طبیعی پیشرفت چندانی نداشت. از زمانی که دیدگاه فلسفی استقراری و رهیافت تجربی مورد توجه فلاسفه قرار گرفت، علوم طبیعی و از جمله فیزیک پیشرفته قابل ملاحظه‌ای حاصل کرد.

در پیشرفت فیزیک کلاسیک و مبانی فلسفی آن دانشمندان ایرانی در دوره طلایی اسلامی که همزمان با قرون وسطی در اروپا بود، تأثیر زیادی داشتند. محمد بن موسی خوارزمی، ابن سینا، ابن هیثم، ابوریحان بیرونی، خیام و خواجه نصیرالدین طوسی در بیان مبانی فلسفی فیزیک کلاسیک و خصوصاً دیدگاه تجربه‌گرایی و کسب تجربه و آزمایش بسیار تأثیر گذار بودند. [۳]

دو مشکل اساسی که فیزیک کلاسیک در پایان قرن نوزدهم با آن مواجه شد، عبارتند از:

۱. نتایج آزمایش مایکلسون و آزمایش مایکلسون - مورلی^۳ در سال ۱۸۸۰ در مورد اثر که در چارچوب فیزیک کلاسیک توجیه آن ممکن نشد و منجر به نظریه نسبیت خاص شد.
۲. تشعشع جسم سیاه داغ منجر به پیدایش نظریه کوانتومی شد این نظریه در سالهای ۲۶-۱۹۲۵ تدوین شد و پایه‌های فلسفی فیزیک کلاسیک را فرو ریخت.

۲. فیزیک کوانتوم، تعبیر کپنهاگی

فیزیک جدیدی که برای توجیه نتایج آزمایش‌های فوق بنا شده بود بر اساس یک فرمالیسم ریاضی بود که سردمداران این فرمالیسم بور^۴، هایزنبرگ^۵، پائولی^۶ بودند. این گروه از دانشمندان برای فرمالیسم ریاضی یک تعبیر نیز داشتند که به آن تعبیر

^۱ -Inductiveism

^۲ - Deductive logic

^۳ - Michelson - Morley

^۴ - Bohr

^۵ -Heisenberg

^۶ -Pauli

کپنهاگی یا تعبیر سنتی می گویند. آنها معتقد بودند که فقط باید از فرمالیسم ریاضی نظریه کوانتوم به پیش بینی تجارب پردازیم، آنچه قابل مشاهده است واقعیت دارد و وراء آن واقعی نیست. نظریه کوانتومی آخر خط فیزیک است و هر سوالی که مکانیک کوانتوم نتواند جواب دهد قابل تحقق نیست. این گروه از دانشمندان به آخر خط بودن فیزیک و قابل فهم نبودن نظریه کوانتومی هیچ اشکالی نمی دیدند، چون معتقد بودند که توصیف ریاضی کفایت می کند و تصویر پذیری شرط نیست.

اگر خواسته باشیم عناصر مهم تعبیر کپنهاگی را بیان کنیم به شرح زیر خواهد بود: [۲]

۲-۱ کنار گذاشتن مسائل هستی شناسی: طرفداران مکتب کپنهاگی و در راس آنها بور خود را به مسائل معرفت شناسی مشغول داشتند و از ورود به حوزه های هستی شناسی پرهیز می کردند. منشاء این عقیده پوزیتیویسم و ابزارنگاری حاکم بر آن عصر بود. به عقیده پوزیتیویست ها بحث درباره مسائل بنیادی وجود، مستلزم استفاده از مفاهیمی است که دقیقاً تعریف نشده است و لذا باید از آنها پرهیز کرد. طبق نظریه این گروه، تنها چیزهای واقعی تلقی می شوند که نتیجه اندازه گیری و مشاهده باشند و یک نظریه این گونه واقعیت ها را به هم وصل می کند. در این دیدگاه، هدف فیزیک توصیف طبیعت نیست، بلکه هدفش این است که با استفاده از مشاهدات گذشته نتایج بعضی از آزمایش های بعدی را پیش بینی کند.

۲-۲ طرد تصویر پذیری حوادث فیزیکی: یکی دیگر از ویژگی های انقلاب کوانتومی از دست دادن اعتقاد به تصویر پذیری حوادث کوانتومی است. ساختارهای اتمی نه تنها قابل مشاهده و یا بیان بر حسب کیفیات محسوس نیستند بلکه حتی قابل تصور بر حسب فضا و زمان و علیت نیز نیستند. تنها به وسیله ریاضیات می توان این تجارب را توصیف کرد و این فرمالیسم ریاضی مکانیک کوانتومی است، که تصویر واحدی از تمام پدیده های مشاهده پذیر و روشی برای محاسبه احتمالات ذیربط می دهد. این ریاضیات هیچ نمایش تصویر پذیری از دنیای اتمی نمی دهد.

۲-۳ طرد تحویل پذیری سیستم های کوانتومی: دیدگاه تحویل پذیری یعنی اینکه قوانین حاکم بر کل نتیجه قوانین حاکم بر جزء است و کل واقعیتی مازاد بر اجزایش ندارد. این دیدگاه به دلایل زیر در فیزیک جدید مورد تعرض قرار گرفت: الف) در فیزیک جدید به مواردی مواجهه می شوید که نشان می دهد کل بیش از اجزا را در بردارد، مثل اصل طرد پائولی. ب) سیستم های با مقیاس های مختلف، رفتارهای متفاوتی از خود نشان می دهند و نمی توان رفتار بزرگ مقیاس را از روی رفتار کوچک مقیاس پیش بینی کرد.

ج) مطلب دیگری که در درستی تحویل پذیری خلل وارد کرد، قضیه ناتمامیت گودل^۱ است که حاکی از این است که یک کل ریاضی بیش از جمع اجزای آن است. [۴]

۲-۴ حاکمیت پوزیتیویسم بر افکار فیزیکدانان: پوزیتیویسم حاکم بر ذهن فیزیکدانان عصر ما نتیجه حاکمیت مکتب کپنهاگی است و آن نیز خود متأثر از پوزیتیویسم حاکم در اول قرن بیستم است. حرف فیزیکدانان پوزیتیویسم این است که: الف) نظریه قابل اعتماد نیست مگر آن که روی مبنای تجربی بنا شده باشد. ب) یک نظریه باید طوری دقیق فرمول بندی شده باشد که نتایج تجربی آن بدون ابهام باشند.

۲-۵ طرد موجیبت (دترمینیسم): منظور از موجیبت این است که هر حادثه علتی دارد (اصل علیت عامه). فیزیک قرن نوزدهم موجیبتی بود، یعنی در آن رفتار آینده یک سیستم فیزیکی منزوی، از حالت فعلی آن تعیین می شد. در این فیزیک (فیزیک کلاسیک) وقتی احتمال را به کار می بریم فرض بر این است که کسب دانش بیشتر امکان پذیر است و با آن، احتمال به یقین تبدیل می شود.

اما در مکانیک کوانتومی فرض می شود که این نظریه نهایی است و امکان به دست آوردن دانشی بیشتر وجود ندارد. آشکارترین راهی که مکانیک کوانتومی عدم موجیبت را در بردارد اصل عدم قطعیت است. اگر بخواهیم آینده یک سیستم را پیش بینی کنیم باید مواضع و سرعت های فعلی اجزای سیستم را بدانیم اما نمی توان آنها را در یک لحظه بدانیم، بنابراین آینده سیستم قابل پیش بینی نیست.

^۱ . قضیه ناتمامیت گودل می گوید که همواره برای ریاضی دانان کار موجود خواهد بود.

۶-۲ حاکمیت ایدئالیسم بر تفکر فیزیکدانان: تا قبل از ظهور مکانیک کوانتومی، فیزیک وجود جهان خارجی مستقل از ذهن انسانی را مفروض می‌گرفت و وظیفه خود را توضیح ماهیت آن می‌دانست که معروف به دیدگاه رئالیسم کلاسیک است. در مقابل رئالیسم، ایدئالیسم قرار دارد که معتقد است شعور، واقعیتی اولی است و جهان خارجی به وسیله شعور تعیین می‌شود. این گروه معتقدند که ما با نمایشی از جهان مواجه هستیم و نه خود آن. بر اساس مشاهداتی که در قرن بیستم انجام گرفت، چنین نتیجه‌گیری شد که آزمایش‌های مختلف تصویر واحد از یک موجود اتمی را نمی‌دهد، به عبارت دیگر، نتایج به دست آمده را نمی‌توان با یک واقعیت عینی تطبیق داد. این باعث شده که دیدگاه فیزیکدانان نسبت به سرشت واقعی اشیایی کوانتومی تغییر کند. مکتب کپنهاگ رئالیسم کلاسیک را کنار گذاشت. [۵]

۷-۲ طرح منطق کوانتومی: برخی پیروان مکتب کپنهاگ کوشیدند که مشکلات تعبیری مکانیک کوانتومی را به توسل به نوعی جدیدی منطق حل کنند. این گروه معتقد هست که جهان از یک منطق غیر انسانی تبعیت می‌کند و بنابراین ما باید برای توجیه حقایق کوانتومی نحوه استدلال‌مان را تغییر دهیم. فینکلشتین^۱ معتقد است که موجودات کوانتومی همان خواص اشیای کلاسیک را دارند ولی این خواص به روش غیر کلاسیک ترکیب می‌شوند. [۶]

البته مکتب کپنهاگ مخالفان جدی مثل اینشتین، بوهوم و ... داشت، آنها معتقد بودند که نظریه تنها ابزار محاسبه نیست بلکه اصالتاً برای توصیف واقعیت فیزیکی به کار می‌رود. این گروه از دانشمندان فقط به پیش‌بینی نتایج آزمایشگاه قانع نبودند بلکه می‌خواستند توضیحی را برای آنچه می‌گذرد نیز بیابند. به هر حال تعبیر پوزیتیویستی مکتب کپنهاگ حدود ۳۰ سال مثل یک ایدئولوژی بر جامعه فیزیک حاکم بود و جلوی طرح سوال را گرفت. در حدود سال ۱۹۵۰ برخی فیزیکدانان مستقل و حتی برخی از طرفداران خود مکتب، مخالفت‌ها را آشکار کردند. عمده مشکلاتی که برای این مکتب مطرح می‌شد به شرح زیر است:

آیا مشاهده تنها منبع دانش فیزیکی است و نظریاتی که شامل مفاهیم قابل مشاهده نیستند محتوای فیزیکی ندارند؟

آیا فیزیکدانان تا به حال به همین مدل عمل کردند؟

آیا توافق با تجربه شرط کافی برای صحت یک نظریه است؟

قوانین نیوتن دویست سال با تجربه همخوانی نداشتند؟

مگر به لحاظ منطقی صحت نتیجه مستلزم صحت مقدمات است؟

آیا تجارب چند دهه اخیر کفایت که تضمین کند همواره مکانیک کوانتومی با تجربه سازگاری دارد؟

۳. اصل مکملیت و اصل عدم قطعیت

نظریه اولیه مکانیک کوانتومی که با کار پلانک در سال ۱۹۰۰ شروع شد یک نظریه منسجم نبود، بلکه مجموعه‌ای از فرضیات، اصول و دستورالعمل‌ها بود. در آن زمان هر مسئله کوانتومی را به روش کلاسیک حل می‌کردند و سپس جواب‌های آن را از غربال مکانیک کوانتومی می‌گذراند و یا با استفاده از اصل تطابق آن را به زبان کوانتومی بیان می‌کردند و این مستلزم حدس‌های زیرکانه بود تا استدلال‌های منطقی.

در سال ۱۹۲۵ هایزنبرگ نظریه‌ای را مطرح کرد که بر مبنای آن باید روش قدیمی بور در توصیف اتم را کنار گذاشت و توصیف بر حسب کمیت قابل اندازه‌گیری را جایگزین کرد. او مفاهیم کلاسیک را کنار گذاشت و به این نکته توجه کرد که اطلاعات ما در مورد اتم‌ها عمدتاً از طریق طیف نوری آنها، که وابسته به فرکانس و شدت است، بدست می‌آید. بنابراین به جای کمیات سینماتیکی کلاسیکی، فرکانس و شدت نور را اساس کار خود قرار داد. نتیجه کار او منجر به مکانیک ماتریسی شد که در آن معادلات دینامیکی همان معادلات کلاسیک بودند اما سینماتیکی آنها متفاوت بود. در مکانیک ماتریسی هایزنبرگ به هر کمیت کلاسیک یک ماتریس نسبت داده می‌شود. این نظریه به خاطر ساختار ریاضی جدیدش، متبوع فیزیکدانان آن عصر نبود. شرودینگر^۲ در سال ۱۹۲۶ طی چهار مقاله فرمول‌بندی دیگری را برای مکانیک کوانتومی ارائه کرد. در این فرمول‌بندی شرودینگر معادله جدیدی را معرفی کرد که جواب‌های آن ψ می‌بایست اطلاعات فیزیکی مناسب را در اختیار قرار دهد.

^۱ - Finkelstein

^۲ - Schrodinger

شرویدینگر این نظریه را موجی می دانست و معتقد بود که اعداد ناپیوسته ای که از حل فیزیکی معادله حاصل می شود، فرکانس های مجاز سیستم هستند و نه انرژی آن.

اینکه چگونه می توان با تصویر موجی ظهور جلوه های ذره ای را توجیه کرد، شرویدینگر به بسته موج متوسل شد. بورن^۱ تعبیر موجی شرویدینگر را غیرقابل دفاع خواند و برای اولین بار تعبیر آماری را برای تابع موج پیشنهاد کرد. در این تعبیر، مربع قدرمطلق تابع موج در فضای آرایش^۲ را به عنوان احتمال پیدا کردن ذره در ناحیه خاصی از این فضا در نظر گرفت. استقبال از مدل موجی شرویدینگر بیش از مدل ماتریسی هایزنبرگ بود، چون اولاً ریاضیات مورد استفاده در روش شرویدینگر برای فیزیکدانان تازه گی نداشت و ثانیاً به کار گرفتن روش شرویدینگر برای حل مسائل فیزیک آسان تر بود. جالب است که نه شرویدینگر روش هایزنبرگ را قبول داشت و نه هایزنبرگ روش شرویدینگر را.

بورن در تدوین مکانیک موجی شرویدینگر نقش داشت و نه در مکانیک ماتریسی هایزنبرگ، ولی نقشی بسیار مهم در ارائه تعبیر فیزیکی برای نظریه کوانتوم داشت. بورن نظریه شرویدینگر را می پسندید اما تعبیر شرویدینگر از معادله را نمی پسندید. اعتراض بورن این بود که چگونه موج می تواند سبب رویدادهای ناپیوسته های مثل صدای تیک در کنتور گایگر شود؟ یا چگونه با تعبیر شرویدینگر تابش جسم سیاه توضیح داده می شود؟

هایزنبرگ فکر می کرد که یک ساختار ریاضی بدون نقص در اختیار دارد و کاری که باید بکنید این است که چگونه از این ریاضیات برای توصیف مشاهدات تجربی استفاده کند. اما بورن به کامل بودن فرمول بندی ریاضی مکانیک کوانتومی اعتقادی نداشت و به دنبال یک اصل عام برای تعبیر فیزیکی مکانیک کوانتومی مستقل از ریاضیات بود، به همین منظور بین این دو بحث های مفصل و بدون نتیجه ای انجام شد. بورن به نروژ رفت و هایزنبرگ در کپنهاگ ماند ولی با توجه به درگیری ذهنی که با مسئله داشتند، بورن به دورنمایی از اصل مکملیت رسید و هایزنبرگ اصل عدم قطعیت را کشف کرد.

یکی از سوالاتی که در ذهن بورن بود رابطه $\lambda = \frac{h}{p}$ است، یک طرف مشخصات ذره و یک طرف مشخصات موج. این سوال مطرح می شود که چگونه یک موجود فیزیکی می تواند هم موج باشد و هم ذره؟

جوابی که بورن به آن رسید این بود که انرژی و اندازه حرکت را با یک طرح تجربی می توان تعیین کرد و طول موج و فرکانس را با طرحی دیگر. این دو آزمایش مختلف هستند و بنابراین خواص "ناسازگار" در آزمایش های متفاوت ظاهر می شوند نه در یک آزمایش، پس تناقض نیست. خواص ذره ای و موجی هر دو برای یک توصیف فیزیکی لازم هستند اما در یک جا جمع نمی شوند. بورن این ها را جمع های مکمل یک موجود فیزیکی (مثلاً الکترون) نامید. این دوگانگی که شامل دو جزء مکمل و مانعاً الجمع است به عنوان **اصل مکملیت** نامیده می شود.

بورن اولین بار در کنفرانس کومو در ایتالیا در سال ۱۹۲۷ این اصل را به صورت زیر بیان کرد: امکان ندارد توأمان بتوانیم یک توصیف علی و یک توصیه زمانی- مکانی از یک سیستم بدهیم و در واقع این دو توصیف مکمل یکدیگر و مانعاً الجمع هستند. [۷] برای دادن هر یک از این دو توصیف به تدارک تجربی متفاوتی نیاز دارید. بورن هیچ وقت تعریف صریحی از مکملیت ارائه نکرد و به همین دلیل دانشمندان مختلف برداشت های متفاوتی از آن داشتند و همچنین نقدهایی هم بر آن وارد بود، از جمله اینکه چرا مکملیت منحصر به دو خاصیت است و سه خاصیت یا بیشتر را در بر نمی گیرد؟

طبق این اصل، سیستم های کوانتومی خواص ذاتی (مستقل از مشاهده) ندارند. یعنی سیستم کوانتومی و وسایل مشاهده یک واحد تجزیه ناپذیر می سازند و خواصی که به سیستم نسبت می دهیم در واقع متعلق به مجموعه سیستم و وسایل اندازه گیری است. به عبارت دیگر به قول بورن، تفاعل بین سیستم مورد مطالعه و وسیله آزمایش برخلاف فیزیک کلاسیک قابل اغماض و چشم پوشی نیست. بنابراین هر نوع تغییری در وسایل مشاهده، باعث ایجاد یک پدیده جدید خواهد شد.

واژه علیت در قرون اخیر بین فیزیکدانان به این معنا به کار رفته است که اطلاعات دقیق از حالت فعلی یک سیستم فیزیکی برای پیش بینی آینده آن کفایت می کند. این اصل در مکانیک کلاسیک اعتبار مطلق داشت ولی پس از تکمیل مکانیک کوانتومی

^۱ -Born

^۲ - Configuration Space

بنیانگذاران مکتب کپنهاگی این اصل دترمینسم را کنار گذاشتند. اما بور پس از پی بردن به اصل مکملیت موضعی میان طرد کامل و اعتبار مطلق گرفت. در این زمان بور عقیده داشت که قوانین بقای انرژی و اندازه حرکت (که مصادیق روابط علی هستند) در صورتی دقیقاً صدق می کنند که از توصیف زمانی- مکانی حوادث صرف نظر کنیم و برعکس.

سوالاتی که برای هایزنبرگ مطرح بود این بود که چگونه نتیجه مشاهدات مان را توسط فرمول بندی ریاضی بیان کنیم؟ چیزی که به هایزنبرگ کمک کرد حرفی بود که اینشتین به او زده بود "این نظریه است که معین می کند چه چیزی را می توان مشاهده کرد". بنابراین هایزنبرگ گفت، تنها حالاتی در طبیعت اتفاق می افتد که قابل نمایش توسط طرح ریاضی مکانیک کوانتومی باشد و محدودیت هایی که در طبیعت وجود دارد همان هایی است که توسط ساختار ریاضی نظریه کوانتوم پیش بینی شده است. بنابراین طبق این دیدگاه، این ساختار ریاضی است که معین می کند چه سوالاتی را می توان به هنگام آزمایش مطرح کرد و در مورد چه چیزهایی باید انتظار جواب داشت. ساختار ریاضی مکانیک کوانتومی شامل این واقعیت است که برخی از کمیت های فیزیکی خاصیت جابجایی ندارند و در نتیجه در کاربرد همزمان آنها محدودیت وجود دارد. هایزنبرگ این گونه روابط را روابط عدم قطعیت نامید. از نظر هایزنبرگ این نوع محدودیت از تفاعلی است که بین شیء مورد آزمایش و وسیله اندازه گیری صورت می گیرد و ربطی به دقت دستگاه ندارد. همچنین این روابط حاکی از آن است که در بکاربردن مفاهیم کلاسیک برای اشیاء اتمی محدودیت وجود دارد. هایزنبرگ در مورد سیستم کوانتومی معتقد بود که یک سیستم کوانتومی دارای خواص گوناگونی است و این خواص به صورت بالقوه و نه بالفعل می باشند. این سرشت محیط سیستم کوانتومی است که معین می کند کدام یک از آنها به فعلیت خواهد رسید.

در ملاقات های بعدی بور و هایزنبرگ، بور روابط عدم قطعیت هایزنبرگ را قبول کرد اما تعبیر هایزنبرگ از منشاء این روابط را نپذیرفت. علت آن نیز این بود که هایزنبرگ منشا آنها را کاملاً ریاضی می دانست ولی بور می گفت که یک توصیف فیزیکی کامل باید مطلقاً مقدم بر فرمول بندی ریاضی باشد. البته هایزنبرگ هم پذیرفت که اصل مکملیت آسپبی به توصیف او نمی رساند اما آن را ضروری ندانست. یکی از نتایج پنجمین کنفرانس سولوی در بروکسل در سال ۱۹۲۷ این بود که تعبیر بور و تعبیر هایزنبرگ هیچ تناقضی با هم ندارند و تجارب موجود را بخوبی توجیه می کنند.

۴. دیدگاه های طبیعت شناسی اینشتین

در میان فیزیکدانان معاصر کمتر کسی است که به اندازه اینشتین به مسائل فلسفی طبیعت شناسی پرداخته باشد. برخی مسائل که اینشتین به آنها توجه خاص داشت به شرح زیر می باشد: [۸]

۱-۴ امکان شناخت طبیعت: اینشتین معتقد است که امکان شناخت جهان طبیعت ممکن است. وی معتقد است که طبیعت، تحقق ساده ترین اندیشه های ریاضی قابل تصور است. ما با خلق مدل های ریاضی و تطبیق آن با تجارب حسی سرانجام می توانیم نمایش درستی از جهان طبیعت به دست آوریم.

۲-۴ ابزار شناخت طبیعت: اینشتین می گوید بسیاری از گذشتگان فکر می کردند که دانش ما درباره طبیعت صرفاً زائیده تجارب حسی است. آنها برای قدرت خلاقه ذهن انسان نقشی قائل نبودند، این تفکر حاکم در قرن نوزدهم بود. نادرستی این عقیده پس از عرضه شدن نظریه نسبیت عام آشکار شد. زیرا این نظریه می تواند حقایق تجربی بیشتری را به نحو رضایت بخش تری توضیح دهد، اما اصول و قوانین آن از تجربه حاصل نشده است. اصول فیزیک نظری، زائیده فعالیت های آزاد مغز انسان است، منتهی باید دنبال نظریاتی رفت که نتایج حاصل از تجارب حسی را توجیه کند. اینشتین عقیده داشت که اسرار طبیعت نهفته است و راه مشخص و معینی برای دستیابی به آنها وجود ندارد و تنها با بکار انداختن فکر و استفاده از حدس و شهود می توان به مفاهیم و اصول حاکم بر جهان طبیعت پی برد. ساختارهای ریاضی وسیله مناسبی برای بیان مفاهیم و قوانین طبیعی هستند ولی سازگاری با تجربه شرط لازم برای مفید بودن یک ساختار ریاضی است. اینشتین معتقد است که فیزیکدانان نظری، باید دنبال ساختن طرحی ساده، زیبا و کلی باشد به گونه ای که این طرح با اصول جهانشمولی که مورد قبول آنها هست، نیز سازگار باشد. اینشتین نظریه نسبیت خاص را نه بر اساس آزمایش مایکلسون-مورلی بلکه بر اساس این که به حرکت مطلق اعتقادی نداشته، بیان کرده و نظریه نسبیت عام را چون نسبیت خاص جهانشمول نبوده است، ارائه نموده است.

وقتی نظریه نسبیت عام اینشتین در مورد انحراف نور ستارگان توسط خورشید از بوه آزمایش سربلند در آمد (۱۹۱۹)، اینشتین خیلی خوشحال نشد و گفت "من می دانستم که این نظریه درست است" و وقتی از ایشان سوال شد، اگر تایید نمی شد چی؟ گفت: "در آن صورت دلم برای خدای عزیز می سوخت چون نظریه من درست است". از نظر اینشتین تطبیق نتایج یک نظریه با آزمایش در یک زمان، دلیل بر صحت آن نظریه نیست، مانند نظریه مکانیک نیوتونی که برای مدت طولانی تمام آزمایش ها را توجیه می کرد، به همین دلیل توفیق مکانیک کوانتومی در زمان حاضر، دلیل بر کامل بودن آن نیست. اینشتین خود نقل می کند که در ابتدا پیرو تفکر پوزیتیویستی ماخ بوده است، ولی بعد از اینکه به نقص این دیدگاه پی برد، گفت این بینش نه تنها اشتباه است، بلکه آن را هم برای علم فیزیک و هم برای فلسفه خطرناک می بیند. بطور کلی، اینشتین می گوید: که رسیدن "از جز به کل" از طریق حدس و شهود انجام می شود ولی برای حصول "از کل به جز" باید استدلال منطقی کرد.

۳-۴ اصول راهنما در شناخت طبیعت: به عقیده اینشتین وظیفه اساسی فیزیکدانان این است که قوانین حاکم بر جهان طبیعت را به دست آورند، قوانینی که به کمک آنها بتوانند تمام پدیده های طبیعی را توضیح دهند. او معتقد است راهی مشخص و منطقی برای رسیدن به این هدف وجود ندارد، بلکه باید از فکر آزاد و شهود استفاده کرد. البته پدیده های طبیعی خود کمک می کنند که فیزیکدانان به نظامی یگانه دست یابند.

۴-۴ ویژگی های مطلوب یک دستگاه فیزیک نظری از نظر اینشتین

الف) سادگی و زیبایی: منظور اینشتین از سادگی، سادگی مبانی از لحاظ منطقی است و این یعنی کم بودن تعداد مفاهیم بنیادی و روابط میان آنها. مثلاً از نظر اینشتین فیزیکی که حرکت شتابدار را پایه قرار دهد ساده تر از حرکت یکنواخت است. در مورد زیبایی یعنی این چند تا خصوصیت را داشته باشد: سادگی، تناسب اجزا، نظم و ترتیب، تقارن.

ب) وحدت و جهانشمولی: اینشتین عقیده داشت که علم باید قوانین جهانشمول که حاوی کمترین تعداد ممکن مفاهیم و روابط باشد، بدست دهد، قوانینی که به کمک آن بتوان تصویری از تمام پدیده های طبیعت به دست آورد.

چنین دستگاهی از دید اینشتین قابل حصول است. تمام نیروها در آن یک منشأ دارند و تمامی ذرات فیزیکی جواب های خاص آن هستند و تمامی اصول فعلی فیزیک از معادلات آن نتیجه می شوند. در چنین دستگاهی ثابت های بدون بعد وجود ندارد. برای جهانشمول بودن قوانین فیزیک از مفهوم کواریانس استفاده کرد، یعنی یکسان بودن شکل قوانین فیزیک برای همه ناظران و دیگری وحدت همه بخش های فیزیک. برای مفهوم کواریانس سراغ "نسبیت عام" و برای وحدت (ثقل و الکترومغناطیس) سراغ "نظریه میدان وحدت یافته" رفت.

۵-۴ اصول جهانی:

الف) اصل علیت عمومی: این اصل می گوید که هر حادثه باید علتی داشته باشد. از این اصل نتیجه می شود که رابطه بین علت و معلول یک رابطه ضروری است. اینشتین رعایت این اصل را ضروری می دانست و از محدود چیزهایی بود که از مکانیک نیوتنی بجا مانده بود. اما در نظریه کوانتوم بیشتر تعبیر آماری می شد و فیزیکدانان مرتبط، در مینیسیم را در دنیای اتمی حاکم نمی دانستند.

ب) واقعیت دنیای خارجی: اینشتین معتقد است که اعتقاد به دنیای خارجی مستقل از ذهن، اساس تمام علوم طبیعی است و چون ما از طریق حواس از دنیای خارجی مطلع می شویم، دانش مان از جهان خارجی غیر مستقیم است. اینشتین معتقد است از طریق تفحصات نظری، تصویری از جهان خارج به دست می آوریم که روز به روز کامل تر می شود. وی معتقد است امکان دستیابی به تصویری مطابق واقع وجود دارد و آن از راه بناهای ریاضی و تطبیق آن با تجارب حسی است.

^۱ نظریه میدان وحدت یافته: این نظریه توسط اینشتین بیان شد و نظریه ای بود که می خواست نظریه ثقل و نظریه الکترومغناطیس را تحت یک چارچوب واحد در آورد. هدف اینشتین این بود که نظریه نسبیت عام را از یک نظریه مربوط به ثقل به یک نظریه حاوی ثقل و الکترومغناطیس تعمیم دهد.

اینشتین معتقد است که اندیشه‌های متافیزیکی را نباید کنار گذاشت. او می‌گفت ما باید مکان واقعی متافیزیک را در علم و فلسفه بیابیم. حذف این اندیشه‌ها رشد علم را به عقب می‌اندازد. اینشتین می‌گوید کسانی که اندیشه‌های متافیزیکی را در نظر نمی‌گیرند مثل کسانی هستند که هزاران درخت را دیده‌اند ولی هرگز جنگلی را مشاهده نکرده‌اند.

۶-۴ ایرادات اینشتین به مکانیک کوانتومی: پس از ارائه مکانیک کوانتومی در سالهای ۲۶-۱۹۲۵ و ارائه تعبیر آماری برای آن، اولین مخالفت اینشتین در حاشیه پنجمین کنفرانس سولوی (۱۹۲۷) بر ناقص بودن روابط عدم قطعیت بیان شد، ولی اینشتین نتوانست آن را ثابت کند. در ششمین کنفرانس سولوی هم اینشتین نتوانست آن را ثابت کند. در سال ۱۹۳۱ اینشتین کوشید یک نظریه‌ای تحت عنوان "میدان وحدت یافته" در فضای پنج‌بعدی بسازد که در آن ثقل و گرانش را با یک متریک بیان کند و برادر پنجم برای توصیف علی فرآیندهای فیزیکی باشد، ولی باز هم اینشتین موفق نشد ناقص بودن مکانیک کوانتومی را ثابت کند.

الف) ناقص بودن مکانیک کوانتومی: در سال ۱۹۳۵ اینشتین همراه پودولسکی و روزن در یک مقاله‌ای که معروف به استدلال یا پارادوکس EPR^۱ است، با عنوان مقاله "آیا توصیف واقعیت توسط مکانیک کوانتومی کامل است؟" کوشیدند تا نشان دهد عناصری از واقعیت وجود دارد که در توصیف کوانتومی وارد نشده است و لذا مکانیک کوانتومی ناقص است. این مقاله حاوی نکات زیر بود:

۱. واقعیت فیزیکی مستقل از دانش ما وجود دارد.
 ۲. هدف علم این است که واقعیت را آنچنان که هست توصیف کند.
 ۳. شرط لازم برای کامل بودن یک نظریه فیزیکی این است که هر عنصر از واقعیت فیزیکی در آن نمایشی داشته باشد.
 ۴. شرط کافی برای اینکه کمی متعلق به واقعیت فیزیکی باشد این است که بدون مختل شدن سیستم ذریبط بتوان مقدار آن را دقیقاً مشخص کرد.
- البته بور و همفکرانش نتایج پارادوکس EPR را توضیح دادند و جامعه علمی آن زمان استدلال بور را پذیرفت، اما امروزه خیلی از بزرگان می‌گویند که بور منظور سوال اینشتین را خوب متوجه نشده بود.
- شاید یکی از خوشبینانه‌ترین جملات اینشتین در مورد نظریه کوانتومی این باشد "من منکر موفقیت مکانیک کوانتومی در توجیه پدیده‌های فیزیکی نیستم اما از دید من این برای نهایی بودن آن کفایت نمی‌کند".
- ب) عدم حاکمیت شانس در جهان طبیعت: اینشتین به حاکمیت شانس بر جهان میکروفیزیک اعتقاد نداشت، بلکه برای ما انسانها نیز اکتفا کردن به احتمال وقوع رویدادها را کافی نمی‌دانست و معتقد بود که یک نظریه فیزیکی کامل باید خود رویدادها را توصیف کند و نه احتمال وقوع آنها را.
- ج) رئالیسم: اینشتین معتقد است که دستگاه فیزیک نظری باید توصیفی مستقل از عمل مشاهده از دنیای خارجی به دست بدهد. او همچنین معتقد است که ما باید مرتباً ساختارهای نظریه‌مان را کامل و کامل‌تر کنیم تا توصیف‌مان را از واقعیت فیزیکی بیشتر و بیشتر مطابق با واقع نماییم.

۵. کل‌نگری و موجبیّت در فیزیک کوانتومی بوهم

دیوید بوهم در سال ۱۹۴۷ در دانشگاه پرینستون نوشتن کتاب "نظریه کوانتوم" را شروع کرد و نتیجه‌هایی از آن را برای بور، پائولی و اینشتین فرستاد. اینشتین در مورد این کتاب گفت: دیدگاه بور را به بهترین وجه ممکن توضیح داده است ولی او هنوز قانع نشده است. به نظر اینشتین نتایج آماری نظریه کوانتوم صحیح است اما با یافتن عناصری پنهان می‌توان به ماورای آمار گذر کرد و به نظریه موجبیّتی رسید. این ملاقات روی بوهم اثر گذاشت و تلاش کرد تا بفهمد که آیا می‌توان به تکامل موجبیّتی نظریه

^۱ - Einstein-Podolski-Rosen Paradox

کوانتوم دست یافت؟ بوهم از نظریه هامیلتونین ژاکوبی مکانیک کلاسیک استفاده کرد، این نظریه امواج و ذرات را به طریقی بنیادی بهم وصل می کند.

فیزیکدانان می دانند اگر از تقریب 'WKB استفاده کنند، معادله شرودینگر به معادله هامیلتونین ژاکوبی تقلیل می یابد. بوهم گفت اگر این تقریب اعمال نشود چی می شود؟ او بزودی دریافت که پتانسیل جدیدی در کار است و آن را پتانسیل کوانتومی^۲ یا Q نامید. اندیشه اصلی بوهم این بود که اجزای اصلی و اساسی ماده (الکترون، پروتون و...) هم موج هستند و هم ذره. بوهم ابتدا سیستم را تک ذره ای در نظر گرفت. فرض کنید الکترون ذره ای با مختصات $x(t)$ باشد که به آن میدان $\Psi(x, t)$ وابسته است. برای اینکه ببینیم چگونه میدان روی ذره اثر می کند، جواب معادله شرودینگر را به صورت $\Psi(x, t) = R(x, t) \exp\left(\frac{i}{\hbar} S(x, t)\right)$ می نویسیم که S, R توابع حقیقی هستند. با جایگذاری در معادله شرودینگر و جدا کردن بخش های حقیقی و موهومی، داریم

$$\frac{\partial P}{\partial t} + \vec{\nabla} \cdot \left(P \frac{\vec{\nabla} S}{m} \right) = 0, \quad P = \psi^* \psi = R^2 \quad (1)$$

$$\frac{\partial S}{\partial t} + \frac{1}{2m} (\nabla S)^2 + V + Q = 0, \quad Q = \frac{-\hbar^2 \nabla^2 R}{2m R} \quad (2)$$

V پتانسیل کلاسیک و Q پتانسیل کوانتومی است. رابطه (1) معادله پیوستگی جریان احتمال است و یک قانون پایستگی است. ویژگی جدید نظریه کوانتوم در معادله (2) ظاهر می شود و آنهم در عبارت Q. در حد $Q \rightarrow 0$ پتانسیل کوانتومی حذف و معادله به هامیلتونین ژاکوبی کلاسیک برمی گردد. اما در حالت کلی ذره تحت تاثیر پتانسیل Q است. Ψ در نظریه بوهم دو نقش دارد، یکی نقش منتقل کننده تاثیر محیط روی سیستم است و دیگری چگالی احتمال P است. پتانسیل کوانتومی هم مسئله عبور ذره از دو شکاف را توجیه می کند و هم عبور ذره از سد پتانسیل را. در حالت اول ذره به جایی که تابع موج صفر است، نمی رسد چون در آنجا پتانسیل کوانتومی بی نهایت است و لذا ذرات از آنجا دفع می شود. در حالت دوم پتانسیل کوانتومی Q ارتفاع پتانسیل کلاسیک V را پایین می آورد و در نتیجه ذره عبور می کند. [۲]

برای سیستم های چند ذره ای تغییرات اساسی در ساختار نظری، نظریه کوانتوم به وجود می آید. پتانسیل کوانتومی یک نیروی چند جسمی خواهد شد که بستگی به موقعیت تمام ذرات دارد. این پتانسیل با دور شدن ذرات از یکدیگر صفر نمی شود و بنابراین یک نیروی قوی همواره وجود خواهد داشت که این برخلاف مطالب فیزیک کلاسیک است. پتانسیل کوانتومی را نمی توان به صورت تابعی از مختصات نوشت بلکه بستگی به حالت کوانتومی کل سیستم، Ψ دارد. به طور کلی تا این زمان، این نتایج تجربی، مزیتی برای نظریه فراهم نمی کند، اما از لحاظ فلسفی از تعبیر کپنهاگی، برتر است، چون این نظریه اجازه توصیف دقیق فرایندها را می دهد و ما مجبور نیستیم امید به داشتن یک توصیف علی در سطح کوانتوم را از دست بدهیم.

نظریه کوانتومی بوهم دارای دو ویژگی اساسی است که به شرح زیر می باشد:

الف) میدان اطلاعات: در مدل بوهم الکترون یک ذره است که به وسیله یک میدان احاطه شده است. این میدان تابع موج نامیده می شود و از معادله شرودینگر تبعیت می کند. از ریاضیات قضیه نتیجه می شود که میدان شرودینگر به نحوی جدید روی ذره عمل می کند. اثر میدان به شکل آن بستگی دارد و نه شدت آن. بنابراین آن میدان، مثل موج آب بر روی کشتی رفتار نمی کند بلکه مثل یک میدان اطلاعات عمل می کند. این تعبیر برای موج شرودینگر، مشکل فضای چند بعدی (فضای آرایش) را حل کرد چون این میدان، میدان اطلاعات است و اطلاعات در هر تعدادی از ابعاد قابل تنظیم است. به عنوان مثال علامت رادیویی که یک کشتی را از راه دور کنترل می کند، یک نقل اطلاعات است و نه نقل انرژی. بوهم تابع موج را جنبه ذهنی الکترون تلقی می کند و آن محتوای اطلاعاتی الکترون است و سرنوشت آن را تعیین می کند.

^۱ - Approximation of Winslet Kramer Brillouin

^۲ - Quantum Potentail

ب) حاکمیت کل: به عقیده بوهم مکانیک کوانتومی به ما می آموزد که اندیشه کلاسیک تجزیه جهان به اجزای مستقل باید کنار گذاشته شود. همبستگی جدایی ناپذیر کل جهان یک واقعیت بنیادی است. در این عقیده پتانسیل کوانتومی Q بستگی به حالت کل سیستم Ψ دارد و این حاکی از این است که اجزا به جای آن که سیستم کل را بسازند، بستگی کل را می سازند و فقط در مواردی که Ψ تجزیه پذیر باشد Q قابل تجزیه به اجزا است. بنابراین طبق نظریه بوهم همبستگی کوانتومی تجزیه ناپذیر کل جهان یک واقعیت اساسی است و اجزایی که به طور نسبی مستقل عمل می کنند، حالات خاص هستند. البته اجزای ظاهراً مستقل جهان در یک سطح بنیادی زیرین با هم مرتبط هستند و این سطح زیرین یک کل تجزیه ناپذیر است.

۶. رابطه فیزیک و فلسفه در قرن بیستم

از دیدگاه دانشمندان قدیم، علوم مختلف مثل شاخه‌هایی هستند که بر درخت فلسفه قرار دارند، این پیوند علم و فلسفه از قرن ۱۸ به بعد رو به ضعف نهاد. تا اوایل قرن بیستم هم، تا حدودی دانشمندان یکی دو مکتب فلسفی را آشنا می شدند و سعی می کردند نتایج تحقیقات خود را به زبان فلسفی بیان کنند. از آن زمان به بعد این نوع نگرش کنار گذاشته شد و جای آن را یک دیدگاه ابزارنگارانه گرفته است. امروزه فلسفه ابهت خودش را از دست داده و حوزه فعالیت آن بسیار محدود شده است. اکثر فیزیکدانان کاری به جنبه‌های فلسفی علم خود ندارند و حتی گاهی با تمسخر، با سوالات فلسفی برخورد می کنند. دانشجویان نیز چنان تربیت شده‌اند که سوالات بنیادی مطرح نمی کنند و با آنها کاری ندارند.

علل کنار گذاشتن متافیزیک (فلسفه) توسط فیزیکدانان: [۲]

الف) ارتباط متافیزیک با مذهب: از قرن هفدهم به بعد، مذهب بیشتر و بیشتر از بحث‌های علمی جدا شد و چون متافیزیک با مذهب ارتباط دارد، آن را کنار گذاشتند و این نگرش تا زمان حال ادامه دارد.

ب) پیچیدگی مسائل متافیزیکی: مسائل فیزیکی و علم، شسته رفته هستند ولی مسائل فلسفی باز و اختلاف نظر در خود فلاسفه هم بسیار زیاد است و این باعث ترک فلسفه توسط دانشمندان علم شد.

ج) توفیق چشمگیر روش‌های تجربی و برخی نظریات علمی: پیشرفت شگرف تکنولوژی و توفیق اعجاز آور بعضی از نظریه‌ها در توجیه حوزه وسیعی از تجارب، باعث شده که غالب فیزیکدانان به فرمالیسم ریاضی و تجارب فیزیکی اکتفا کنند. از دید بسیاری از فیزیکدانان معاصر اشتباه فیزیکدانان کلاسیک این بود که خود را با مسائل و مفاهیم متافیزیکی مشغول می کردند و توفیق فیزیک جدید به خاطر حذف اینها است.

د) تخصص گرایی: پیشرفت سریع علم و افزوده شدن شاخه‌های آن و کثرت مسائل هر شاخه علم باعث شده دانش پژوهان کارهای تخصصی تر انجام دهند و بینش وحدت بین آنها نسبت به گذشته خیلی کمتر شود. البته هاینبرگ در جای نقل کرده است که "تخصص گرایی بیش از حد مانعی بر سر راه شناخت است". خوشبختانه امروز خیلی از فیزیکدانان لزوم توجه به اندیشه‌های وحدت بخش و یافتن همستگی‌ها بین شاخه‌های مختلف دانش را مورد توجه قرار داده‌اند.

ه) عدم تبحر فلاسفه متاخر در علوم فیزیکی: قالب فلاسفه متاخر در علوم فیزیکی تبحری ندارند و نسبت به پیشرفت‌های علمی جاهل هستند و تاکید آنها بیشتر بر روی مسائل غیرعلمی بوده است. راسل می گوید "چنانچه فلاسفه به علوم توجه نکنند فلسفه آنها عقیم خواهد ماند".

و) واکنش مخالف یا سرد فلاسفه نسبت به دیدگاه‌های فیزیکدانان: دیدگاه‌های فلسفی فیزیک کوانتومی مورد تعرض برخی فلاسفه قرار گرفت چون فلاسفه منظور و مفهوم قوانین کوانتومی مثل اصل مکملیت را اصلاً متوجه نمی شوند.

ز) رواج فلسفه‌های بی‌اعتنا به متافیزیک: به عقیده ما مهمترین و اصلی ترین عامل کنار گذاشتن فلسفه رواج فلسفه‌های بی‌اعتنا به متافیزیک بوده است. در قرن هفدهم عده‌ای از فلاسفه، مکتب پوزیتیویسم را به راه انداختند، طبق این مکتب منشاء دانش ما درباره جهان فیزیکی تجارب حسی است و علم صرفاً محصول حواس است و امور غیر محسوس از جمله مسائل متافیزیکی فاقد اعتبار هستند. این مکتب با تاکید روی تجربه در مقابل تفکر و از طریق غیر قابل تحقیق بودن مسائل متافیزیکی، مهمترین ضربه را در قرن جدید بر متافیزیک وارد کردند. پوزیتیویسم با آثار آگوست کنت نضج گرفت. به عقیده کنت ساختار عقل انسان به گونه‌ای است که شناسایی او صرفاً به امور قابل تجربه تعلق می گیرد و طرح مسائل متافیزیکی یک امر ارتجاعی است و باید از

آن پرهیز کرد. بعد از کنت، ماخ^۱ مکتب پوزیتیویستی را در بین فیزیکدانان رونق داد از دیدگاه ماخ، هدف علم پیدا کردن با صرفه ترین راه تنظیم حقایق تجربی است و آنچه که به طریق تجربی قابل وصول نباشد باید از نظرات فیزیکی حذف شود. وارثان فلسفی ماخ، فلاسفه و ریاضی فیزیکدانانی بودند که در سال های دهه ۱۹۲۰ حلقه وین را تشکیل دادند و پوزیتیویسم منطقی را به راه انداختند. پوزیتیویست های منطقی قضایا را به قضایای بامعنی و قضایای بی معنی تقسیم می کردند و قضایای بامعنی را به نوبه خود به دو گروه تحلیلی و ترکیبی طبقه بندی می نمودند. قضایای منطقی و ریاضی از نوع تحلیلی هستند و قضایای علوم فیزیکی از نوع ترکیبی. درستی قضایای ترکیبی را فقط از طریق تجربه می توان دریافت. جملات متافیزیکی که نه تحلیلی هستند و نه ترکیبی بی معنی تلقی می شدند.

۷. نتیجه گیری

به عقیده ما به خاطر بعضی مسائل حل نشده نباید اعتقاد به واقعیت فیزیکی اشیایی کوانتومی را کنار گذاشت و کشف علل زیربنایی پدیده را متوقف کرد. در این صورت کل فعالیت های علمی کم ارزش می شود و فیزیک به نتیجه هایی برای پیش بینی نتایج آزمایش ها خلاصه می شود. بنابراین باید قبول کرد که احتمالاً راه های جدیدی برای توصیف واقعیت وجود دارد که تا به حال موفق به کشف آن نشده ایم.

فلسفه روی جهت گیری تحقیقات ما اثر می گذارد، زیرا هر کار تحقیقاتی، همواره با یک فلسفه خاصی صورت می گیرد. متافیزیک برای علم به منزله چارچوب است، بعضی از اصول متافیزیک به هنگام کاوش برای یافتن یک فرمالیسم فیزیک ریاضی به عنوان اصل راهنما عمل می کند و در تحقیقات علمی نقش سرنوشت ساز دارد، مثلاً "طبیعت قابل توصیف ریاضی" برای گالیله یا "سازگاری با اصل علیت و زیبایی ریاضی" برای اینشتین. در نهایت نکته مهم اینکه، عدم توجه به مسائل هستی شناسی می تواند باعث اشتباه فیزیکدانان شود.

فیزیک و متافیزیک ناسازگار نیستند و اگر اصلی از متافیزیک با یک مطلب فیزیکی تعارض داشته باشد، باید قبول کنیم که لااقل یکی از دو و شاید هر دو ایراد دارند و باید اصلاح شوند. به قول پوپر: "هم فیزیکدانان سخن یاوه بسیار گفته اند و هم مخالفان آنها". خلاصه اینکه اگر فیزیکدانان بخواهند به هدف واقعی فیزیک که شناخت طبیعت است نزدیک شوند، نمی توانند از متافیزیک گریزان باشند، مهم این است که گرفتار متافیزیک غلط نشوند.

^۱ -Mach

منابع

۱. حسین جوادی، افسانه جوادی، فیزیک از آغاز تا امروز، نشر اندرز، ۱۳۸۷
۲. مهدی گلشنی، تحلیلی از دیدگاه های فلسفی فیزیکدانان معاصر، پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی، ۱۳۹۴
۳. علی معصومی، چهره های برتر علمی و فنی تاریخ ایران، به نشر ۱۳۸۵
۴. Barrow, J. D., *Impossibility: the limits of science and science of limits*, Oxford university press, ۱۹۹۸, P. ۲۰۹.
۵. Niniluoto, I, *Varieties of Realism, symposium on the foundation of modern physics*, Singapore, word scientific, ۱۹۸۷, P. ۴۶۰-۴۶۳.
۶. Herbert, N., *Quantum Reality*, London: Rider, ۱۹۸۵, P. ۲۱.
۷. Jammer, M., *the conceptual development of quantum mechanics*, U.S.A., Tomash Publisher, ۱۹۸۹, P. ۳۶۶.
۸. Einstein, A., *Ideas and Opinions, Trans by Sonja Bergman*, New York, Bonanza Book, ۱۹۵۴, P. ۲۹۲.