دیدگاه غیر گزاره‌ای دربارهٔ علم

ابوتراب یغمایی*

اشاره

دیدگاه غیر گزاره‌ای، معنایی، فرازبانی، یا ساختاری تقریباً همگی بر جریانی در فلسفه علم دلالت می‌کنند که در دهه ۱۹۵۰ توسط پاتریک سوپیز و برپایه ایده‌های فون نویمان در ارائه فرمالیسم واحد از مکانیک کوانتومی شکل گرفت. هدف این مقاله معرفی رهیافت سوپیز- اسنید با نشان دادن ساختار مکانیک ذره‌ای کلاسیک است. اما قبل از پرداختن به این موضوع به آنچه که از نقطه نظر دیدگاه مورد قبول، نظریه علمی محسوب می‌شود، مختصراً پرداخته خواهد شد. سپس با اشاره به کاستی‌های آن، این موضوع مورد توجه واقع می‌شود که چگونه با بازتعریف ساختار نظریه‌های علمی می‌توان قیاس‌پذیری آنها را میسر ساخت. در نهایت ساختار اصلی مکانیک ذره‌ای، به همراه مدل‌های وابسته به آن معرفی می‌شوند.

واژگان کلیدی:. غیر گزاره‌ای، علم، حلقه وین، نظریه‌های علمی، قواعد تطابقی، ترم‌های نظری، معنای شناختی، فرمالیسم.

***

به فلاسفه‌ای که می‌پرسند: «چرا اصل موضوع‌سازی ؟»، در چند کلمه می‌توانم بگویم برای

---

*. دانشجوی کارشناسی ارشد فلسفه علم، دانشگاه صنعتی شریف. **yaghmaie@mehr.sharif.ir**

آن دسته از فلاسفه‌ای که همواره به دنبال مبادی علوم مختلف جد و جهد می‌کنند، اصل موضوع‌سازی شیوه‌ای سازنده است که می‌توان به وسیله آن تا حدی دقت و شفافیت عقلانی را حاصل کرد. پاتریک سوپیز[Suppes 1954, P244]

۱. دیدگاه مورد قبول؛ نسخه اولیه و نهایی

در آغاز دهه ۱۹۲۰ فلاسفه علم جریانی را آغاز کردند که در آن نظریه‌های علمی سیستم‌های اصل موضوعی به شمار می‌رفتند که با استفاده از قواعد تطابقی به جهان خارج مرتبط می‌شدند و تعبیر تجربی پیدا می‌کردند. تا اوایل دهه ۱۹۵۰ این دیدگاه ــ که بعداً پاتنم آن را دید گاه مورد قبول نامید ـ نظر غالب میان فلاسفه علم به شمار می‌رفت تا اینکه در همین دهه مورد انتقادات جدی قرار گرفت.

اولین نسخه دیدگاه مورد قبول توسط حلقه وین ارائه شد که طبق آن نظریه‌های علمی عبارت بودند از: نظریه‌های اصل موضوعی شده در منطق ریاضی که شرایط زیر را دارند: [Suppe 1974, P50]

الف: نظریه در منطق مرتبه اول به همراه تساوی، نظریه احتمال و دیگر ابزارهای ریاضی، L، صورت‌بندی می‌شود.

ب: ترم‌های نظریه سه بخش مجزا هستند: ۱ـ ترم‌های منطقی ــ ریاضی ۲ــ ترم‌های مشاهدتی V_o ۳ـ ترم‌های نظری V_t.

ج: ترم‌های V_o با دلالت بر ابژه‌های فیزیکی مشاهده‌پذیر یا خواص آنها، به طور مستقیم تعبیر می‌شوند.

د: مجموعه‌ای از اصول موضوعه وجود دارد T، که ترم‌های آن یا منطقی ــ ریاضی هستند یا نظری.

و: ترم‌های V_t با استفاده از قواعد تطابقی C بر حسب V_o تعریف می‌شوند.

بنابراین با استفاده از قواعد تطابقی ترم‌های نظری معنای شناختی پیدا می‌کردند. در نتیجه نظریه عبارت بود از قواعد تطابقی به علاوه اصول موضوع سیستم. اما با پیچیده‌تر شدن دستگاه نظریه فیزیکی، امکان دادنِ معنای شناختی به ترم‌های نظری نیز مشکل‌تر می‌شود. به خصوص اینکه در اوایل قرن مفاهیم نظریه‌های کوانتوم و نسبیت با مشکلات

تعبیری همراه بود. عمده اصلاحات توسط کارنپ و در ادامه همپل در مورد (و) انجام شد تا اینکه در نهایت واحد معناداری، کل چارچوب L در نظر گرفته شد. یعنی در تعریف یک ترم نظری کلیه ترم‌های مشاهدتی و نظری، به شرط اینکه قبلا تعریف شده باشند، می‌توانند دخالت داده شوند. در آخرین اصلاحات انجام شده زبان L به دو زیرزبان مشاهدتی و نظری با دستگاه استنتاجی متفاوت تقسیم می‌شود. زبان مشاهدتی به همراه حساب آن تعبیر معنایی نظریه را معین می‌کند. قواعد تطابقی هم جدا از زبان مشاهدتی شامل گزاره‌های ترکیبی هستند؛ گزاره‌هایی که هم شامل ترم نظری و هم شامل ترم مشاهدتی هستند.

۲. آنچه دیدگاه مورد قبول در مورد آن اشتباه می‌کند و آنچه درباره آن ناقص عمل می‌کند

می‌توان این نوع صورت‌بندی از نظریه‌های تجربی را متأثر از جریانی دید که در فراریاضیات اتفاق افتاده بود. در اواخر قرن نوزدهم و اوایل قرن بیستم هنگامی که فراریاضیات با پارادوکس‌هایی در باره احکام مربوط به مفاهیم بنیادی ریاضیات روبه‌رو شد؛ مثل مفهوم مجموعه و پارادوکس راسل در باب آن. مهم‌ترین اقدامی که فلاسفه ریاضی و ریاضیدان‌ها انجام دادند، اصل موضوعی کردن قسمت‌های مختلف ریاضیات، از جمله نظریه مجموعه‌ها بود که در پی آن پارادوکس‌ها نیز فیصله پیدا می‌کردند. تحت این نگاه هر قسمت از ریاضیات مجموعه‌ای از گزاره‌ها است که کار ریاضیدان یافتن رابطه میان این گزاره‌ها است. گزاره‌ها نیز حامل مفاهیمی بودند که قسمتی ازآنها تعریف نشده و ما بقی بر حسب مفاهیم تعریف ناشده تعریف می‌شدند. مانند همین جریان را می‌توان در فلسفه علوم تجربی مشاهده کرد. علوم در اوایل قرن بیستم، به خصوص در مورد دو نظریه نوظهور نسبیت و کوانتوم، با مشکلاتی روبه‌رو بودند، ولی این نوع بحران‌ها از نوع بحران‌های قبلی نبودند، بلکه در چگونگی وابستگی ترم‌های موجود در این نظریه‌ها با جهان خارج مربوط می‌شدند. فلاسفه علوم نیز به پیروی از جریانی که در فلسفه ریاضیات رخ داده بود و اتفاقاً پیروز شده بود، این طرز تفکر را دنبال کردند که اگر قرار باشد نظریه‌های علمی از این مشکلات رهایی یابند، باید در قالب اصل موضوعی در آیند. (که در بخش قبلی شرحی از آن، یعنی دیدگاه مورد قبول، ارائه شد.) اکثر انتقاداتی که بر اشتباه

بودن این جریان یا ناقص بودن آن وارد می‌شود، می‌توان در پیروی از چیزی دید که در ریاضیات و فلسفه آن اتفاق افتاد.

در این قسمت بیشتر سعی می‌شود از ناکافی بودن دیدگاه صحبت به میان آید تا اشتباه بودن آن. نشان دادن اشتباهات آن، جریانی است که با کارهای کوهن به اوج خود رسید و به طرد عقلانیت در علم انجامید. اما صحبت از ناقص بودن آن به جریانی می‌انجامد که در آن نه تنها اشتباهات دیدگاه رخ نمی‌دهد، بلکه عقلانیت در سطح بالاتری باز می‌گردد که در ادامه توضیح می‌دهم. در اینجا به یکی از بنیادی‌ترین موضوعاتی می‌پردازم که طی دهه‌ها مورد انتقاد بود؛ یعنی دو رستگی کردن ترم‌های زبان به مشاهدتی ـ نظری.

در جواب این سؤال که «چه چیز باعث می‌شود ترم a از نظریه T نظری محسوب شود؟» از طرف مدافعان دیدگاه جواب سلبی داده می‌شود. یعنی به جای اینکه گفته شود «به جهت اینکه a نقش خاصی را در نظریه T ایفا می‌کند. » پاسخ داده می‌شود: «به جهت اینکه ترم a عضو ترم‌های مشاهدتی نیست.» یا اینکه «به جهت اینکه برای شخص p در زمان t قبل از اینکه با نظریه T آشنا شود، a جزء ترم‌های شناخته شده نبوده است.» که هر دو پاسخ‌ها را می‌توان در پاسخ ذیل خلاصه کرد: «ترم a نسبت به نظریه T نظری است به جهت اینکه درون چارچوب نظریه T (یا کاربرد آن) کار کرد مشخصی دارد که دیگر ترم‌ها مشخصاً آن هدف را برآورده نمی‌کنند.»

اما مدافعان دیدگاه همواره با این مشکل روبه‌رو بودند که این کارکرد خاص چیست و ترم نظری چه وظیفه‌ای بر عهده دارد؟ اغلب انتقادات در این مورد را می‌توان در این موضوع دید، از جمله نظریه ـ پایه‌ای‌بودن مشاهدات و به تبع آن نبودِ مرز مشخص میان چیزی است که ترم نظری و مشاهدتی بر آن دلالت می‌کند که از طرف کوهن و دیگران بیان شد.

می‌توان نشان داد در چارچوب دیدگاه علی‌الاصول امکان ندارد یک ترم نسبت به نظریه نظری باشد و در نتیجه آن، وظیفه خاصی بر عهده داشته باشد. طراحان دیدگاه برای صوری‌کردن نظریه علمی با دو دسته نشانه روبه‌رو بودند: یکی، نشانه‌های منطقی و دیگری، نشانه‌های توصیفی.

در ادامه خود نشانه‌ها یا ترم‌های توصیفی به دو دسته مشاهدتی و نظری تقسیم می‌شوند. پس برای شخصی که دست به صوری‌سازی می‌زند، باید مشخص باشد چه ترم‌هایی نظری هستند و چه ترم‌هایی مشاهدتی. یعنی قبل از اینکه از نظریه آگاهی داشته باشد، به این دورستگی شناخت دارد. بنابراین خصوصیت نسبی‌بودن ترم نظری چیزی بیهوده است که دستاویز تعریف ترم نظری شده است. ممکن است در پاسخ گفته شود که شخص با توجه به نظریه دست به طراحی زبان می‌زند، به طوری که آنچه که نظری محسوب می‌شود، آگاهانه و نسبت به نظریه تعیین شده است. در این صورت نسبی بودن باز می‌گردد. اما مشکل این پاسخ موقعی بروز می‌کند که نظریه‌های مختلف تحت یک زبان صوری شوند. فرض کنید می‌خواهیم با توجه به دو نظریه متفاوت T و T' زبان صوری L را به نحوی طراحی کنیم که دو نظریه در آن صوری شوند. آیا ترم a که نسبت به نظریه T نظری است، نسبت به نظریه T' نیز نظری است؟ اگر پاسخ داده شود نظری است، پس باید در نظریه T' نقشی را ایفا کند. اما دو نظریه کاملاً متفاوتند. پس a نمی‌تواند نقشی داشته باشد. اگر پاسخ داده شود نظری نیست پس باید برای T' مشاهدتی باشد که باز هم چون دو نظریه کاملاً متفاوت هستند، a نمی‌تواند نقش مشاهدتی برای T' ایفا کند. صوری کردن نظریه‌های مختلف تحت زبان واحد موردی است که در مواردی رخ می‌دهد، از جمله مکانیک کوانتومی و کلاسیک. بنابراین مشاهده می‌کنیم که دو رسته ساختن ترم مشاهدتی ـ نظری به شکلی که در دیدگاه مورد بحث قرار می‌گیرد به نتایج متناقضی می‌انجامد.

با این حال این دیدگاه کاستی‌هایی را هم دارد که عبارتند از:

الف: توجه به عقلانیت استاتیک و نادیده گرفتن عقلانیت دینامیک. با نگاهی به تاریخ علم و تغییر عناصر سازنده یک علم، مشاهده می‌کنیم که تحول علمی فرایندی زمان‌مند است. یعنی ساختار ریاضی، چارچوب مفهومی و دامنه کاربردهای یک نظریه تابع زمانند. اما دیدگاه مورد قبول به این خصوصیت علم توجهی ندارد و سعی می‌کند با برش زدن یک نظریه در مقطع معینی از زمان آن را مورد تجزیه و تحلیل قرار دهد و خصوصیات دلالت‌کننده بر نوعی عقلانیت را تصریح کند. مثل داشتن ارتباط منطقی میان گزاره‌های یک نظریه؛ از اصول موضوع گرفته تا استفاده عملی از آن. من این را عقلانیت استاتیک می‌نامم.

در واقع این ساختار دیدگاه مورد قبول است که نمی‌تواند رابطه میان بخش‌های متفاوت یک نظریه را در طول زمان به یکدیگر ارتباط دهد؛ چراکه چارچوبی معین نمی‌کند تا بتوان از خارج به این حساب‌های صوری نگاه کرد و رابطه میان آنها را ارزیابی نمود. اگر تحلیلی از علم بتواند قسمت‌های مختلف یک نظریه را در طول زمان به شکل معقولی به یکدیگر ارتباط دهد، مثلاً روابط معینی برای کاهش نظریات به یکدیگر ارائه دهد، در آن صورت است که عقلانیت دینامیک را برای فرایند علمی به ارمغان آورده است.

ب: ناکافی بودن منطق مرتبه اول برای صوری کردن نظریه‌های علمی. بسیاری از نظریه‌های فیزیکی از دستگاه‌های ریاضی بسیار پیچیده‌ای استفاده می‌کنند. استفاه مکانیک کوانتومی از آنالیز تابعی و فضاهای توپولوژیک و استفاده نسبیت از هندسه دیفرانسیلی شاهد این موضوعند. امکان کاهش چنین دستگاه‌های ریاضی به منطق مرتبه اول بسیار دشوار است و اگر هم چنین کاری علی‌الاصول میسر باشد در عمل ناممکن است. به همین دلیل هیچ یک از نظریه‌های علمی در چارچوب دیدگاه، نه توسط فلاسفه و نه توسط فیزیکدانان صوری نشدند[Suppes 1967, P58].

ج: ماهیت شماتیک دیدگاه. هم قسمت فرمالیسم و هم قواعد تطابقی در دیدگاه به شکل شماتیک و صلب‌گونه‌ای تعریف می‌شوند. این خصوصیت هم شبیه‌سازی آن چیزی است که در مورد ریاضیات اتفاق افتاد. اما ماهیت موجودات ریاضی به نحوی است که از جهان خارج برای تغییر آنها محدودیتی اعمال نمی‌شود (تجربی نبودن ریاضیات مفروض است). بنابراین می‌توان پیش‌بینی کرد هر نوع دیدگاهی که بخواهد علوم تجربی را به شکل صریح تعریف کند، با کاستی‌ها و بعضاً شکست‌هایی روبه‌رو است. به همین دلیل است که در دیدگاه غیر گزاره‌ایی، نظریه به صورت مجموعه‌ای از مدل‌ها، یعنی چیزهایی که نظریه در باب آنها صحبت می‌کند، تعریف می‌شود. بنابراین بهتر است برای مشخص کردن خصوصیات یک نظریه از مدل‌های آن بحث کنیم. مدل به همان معنایی است که در ریاضیات استفاده می‌شود و در ادامه درباره آن بیشتر صحبت خواهیم کرد. این مدل‌ها اغلب مجرد، غیر زبانی و دور از تعبیر تجربی هستند که با سلسله‌ای از مدل‌های دیگر به جهان خارج مرتبط می‌شوند. سوپیز برای اینکه چرا فلاسفه به جای صحبت از مدل‌های

یک نظریه از خود نظریه صحبت می‌کنند، دو دلیل را ذکر می‌کند[Suppes 1967, P57]:

یکی اینکه نظریه‌هایی که فلاسفه در نوشته‌هایشان از آنها صحبت می‌کنند، نظریه‌های ساده‌ای هستند. بنابراین صحبت از خود نظریه آسان‌تر است. دوم اینکه صحبت از مدل‌های یک نظریه استفاده از ریاضیات نسبتاً پیچیده‌ای را می‌طلبد.

د: توجه به خصوصیات درونی و نادیده گرفتن خصوصیات بیرونی یک نظریه. دسته‌ای از ویژگی‌های یک نظریه درون دیدگاه قابل بررسی هستند. به عنوان مثال ارتباط گزاره‌های یک نظریه، مفاهیم آن و اینکه کدام یک از آنها مبنایی‌ترند و برای تولید مفاهیم و گزاره‌های دیگر ضروری هستند، همگی از خصلت‌های درونی یک نظریه صحبت می‌کنند. اما ویژگی‌های دیگری وجود دارند که تنها با نگاه از بیرون به نظریه قابل پاسخ دادن هستند. درست است که تعدادی از این پرسش‌های بیرونی، همانطور که کارنپ اشاره می‌کند[Carnap 1956, P86] می‌توانند پاسخ‌هایی را از درون نظریه داشته باشند. مثلاً اینکه فلان ترم نظری بر چه چیزی دلالت می‌کند؟ در جواب این پرسش هم می‌توان پاسخی بیرونی داد که این ترم بر ابژه‌ای بیرونی دلالت می‌کند و هم اینکه گفت این ترم توسط رمزی‌سازی قابل حذف است و در نتیجه کارکرد آن درون چارچوب و به جهت تسهیل در بیان گزاره‌های نظریه توجیه می‌شود. اما مقصود من این نوع پرسش‌های بیرونی نیست که می‌توانند احیاناً پاسخی در درون چارچوب داشته باشند. پرسش‌هایی وجود دارند که تا پاسخ آنها داده نشود، اصولاً نظریه نمی‌تواند طبق دیدگاه صوری شود. مثلاً اینکه "یک نظریه برای اینکه در منطق مرتبه اول صوری شود باید چه خصوصیاتی داشته باشد؟" تا زمانی که به این پرسش پاسخی بیرونی داده نشود، نظریه نمی‌تواند طبق دیدگاه صوری شود. اما دیدگاه برای این نوع نگاه از بیرون راهکاری ندارد.

۳. انواع اصل موضوع‌سازی و اهمیت آن در نظریه‌های علمی

نظریه‌ها را می‌توان در سیستم‌های مختلفی اصل موضوعی ساخت. عموماً پنج شیوه اصلی وجود دارد که به ترتیب به بیان هر یک از آنها می‌پردازم، تا جایگاه دیدگاه غیرگزاره‌ای و دیدگاه گزاره‌ای یا همان دیدگاه مورد قبول روشن‌تر شود. [Stegmuller 1976, P25]

الف: سیستم اصول موضوعی اقلیدسی یا شهودی. سیستم اصول موضوع Σ، که

مجموعه‌ای از گزاره‌ها است اقلیدسی است اگر و تنها اگر یک زیرمجموعه متناهی Δ از این مجموعه به نحوی وجود داشته باشد که Δ-Σ نتیجه منطقی Σ است. در این نوع سیستم‌ها اصول موضوع بدیهی(self-evident) هستند، یعنی صدقشان به طور مستقیم و شهودی باید آشکار باشد. بدیهی است که استفاده از شهود در صدق یک گزاره مستلزم این است که گزاره در زبان طبیعی بیان شده باشد. نمونه بارز این نوع دستگاه‌های اصل‌موضوعی، هندسه اقلیدسی است که صدق تمامی اصول موضوع با استفاده از چشم و هندسه مسطحه بدیهی است. در این نوع سیستم‌ها هویاتی که گزاره‌ها در مورد آنها حکم می‌دهند، هویاتی گرافیکی یا فیزیکی ملموس هستند؛ مثل خط، نقطه، اشکال سه بعدی و..

ب: سیستم اصول موضوعی هیلبرتی غیر صوری. این نوع سیستم‌ها هم مجموعه‌ای از گزاره‌ها هستند که تعدادی از آنها به عنوان اصول موضوع در نظر گرفته می‌شوند و باقی آنها نتیجه منطقی اصول موضوع هستند. گزاره‌های این نوع سیستم‌ها هم بر اساس زبان طبیعی تعریف می‌شود. تنها تفاوت این نوع سیستم‌ها با نوع قبلی در این است که ترم‌هایی که گزاره‌ها در مورد آنها حکم می‌کنند، بدون تعبیرند؛ یعنی بر هیچ نوع ابژه مشخصی دلالت نمی‌کنند. هندسه اقلیدسیِ اصل موضوعی شده توسط هیلبرت از این دست است. هنگامی که ترم‌های چنین سیستم‌هایی به ابژه‌هایی نسبت داده شود، تعبیری از آنها حاصل می‌شود. اگر در آن تعبیر اصول موضوع صادق باشند، تعبیر را مدلی ازآن سیستم می‌نامیم. به عنوان مثال، هندسه اقلیدسی مدلی از هندسه اقلیدسیِ اصل موضوعی شده توسط هیلبرت است. آشکار است که بدون در نظر گرفتن ترم‌های چنین سیستم‌هایی، بداهت اصول موضوع نقشی در پذیرفتن وقرار دادن آنها به عنوان اصل موضوع ندارد.

ج: سیستم اصول موضوعی هیلبرتی صوری. این نوع سیستم‌ها هم مانند نوع قبلی هستند و تنها تفاوتشان در این است که زبانی که نظریه در آن صوری می‌شود، زبان صوری است. بنابراین یک دستگاه اصل‌موضوعی‌شده به نحو هیلبرتی صوری عبارت است از سه تایی $< S , A , R >$ که S بیانگر زبان صوری، A بیانگر اصول موضوع سیستم و R نماینده قواعد استنتاجی سیستم است. در تعبیر چنین سیستم‌هایی علاوه بر دلالت ابژه‌ها، توابع و محمول نشانه‌ها هم باید به مدلولی خارجی نسبت داده شوند. اگر در آن تعبیر

مجموع اصول موضوع صادق باشد، تعبیر را مدلی از آن سیستم می‌نامیم. در دیدگاه مورد قبول شیوه اصل موضوع‌سازی بدین نحو است.

د: اصل موضوع‌سازی غیرصوری به وسیله تعریف محمول نظریه مجموعه‌ای. این نحوه اصل موضوع‌سازی در منطق مرتبه دوم یا بالاتر، البته به شیوه غیر صوری انجام می‌شود و توسط دیدگاه غیر گزاره‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرد. اساس این روش توسط گروهی از ریاضی‌دانان فرانسوی به نام گروه بوربـاکی (Bourbaki) در ارائه نوین از قسمت‌های مختلف ریاضیات از جمله نظریه مجموعه‌ها پایه‌ریزی شد. گزاره پایه بدین ترتیب است که"c یک S است" و خود S یک مجموعه است. به عنوان مثال، نظریه گروه بدین ترتیب اصل موضوعی می‌شود:

X یک گروه است اگر و تنها اگر یک A و یک⊗ به نحوی وجود داشته باشند که:

الف: $X = < A , \otimes >$

ب: A یک مجموعه غیر تهی باشد

ج:⊗ تابعی از $A \times A$ به A باشد

د: به ازای تمامی $a,b,c \in A$ داشته باشیم $a\otimes(b\otimes c) = (a\otimes b)\otimes c$

ه: به ازای تمامی $a,b\in A$ وجود داشته باشد یک c به نحوی که $a = b\otimes c$

و: به ازای تمامی $a,b\in A$ وجود داشته باشد یک c به نحوی که $a = c\otimes b$.

مشاهده می‌کنیم که سور وجودی در گزاره پایه به روی مجموعه A و تابع عمل می‌کند. در دیدگاه غیر گزاره‌ای نظریه‌های تجربی بدین نحو تعریف می‌شوند.

ه: اصل موضوع‌سازی صوری به وسیله تعریف محمول نظریه مجموعه‌ای. اگر در شیوه قبلی از زبان صوری برای تعریف هر یک از اصول موضوع و همچنین گزاره پایه‌ای استفاده کنیم، دستگاه مورد نظر به شیوه صوری و با استفاده از محمول نظریه مجموعه‌ای اصل موضوعی شده است. به عنوان مثال، نظریه گروه (دو اصل موضوع آخر نیامده است) بدین نحو بیان می‌شود:

$$P(x) \leftrightarrow \exists A \exists B (x = \langle A, B\rangle \wedge A \neq \phi \wedge B = \{\langle\langle \alpha, \beta\rangle, \sigma\rangle | \alpha, \beta, \sigma \in A\}$$
$$\wedge \forall a \forall b \forall c((a,b,c) \in A \rightarrow (aBb)Bc = aB(bBc)$$

که گزاره P(x) بیانگر" x یک گروه است" می‌باشد.

اما این سؤال پیش می‌آید که ضرورت اصل موضوعی کردن یک نظریه علمی چیست؟ دلایل مختلفی وجود دارد. به نظر می‌رسد یکی از اهداف فلسفه تحلیلی و به تبع آن فلسفه علم، شفاف کردن مشکلات مفهومی و تصریح فرض‌های بنیادین هر یک از علوم باشد. برای رسیدن به این هدف اصل موضوعی کردن علوم یکی از روش‌ها است؛ اگرچه تنها روش نیست.

البته باید توجه کرد که با اصل موضوعی کردن نظریه مشکلات اشاره شده حل نمی‌شوند، بلکه تنها مشخص می‌شود مشکلات از کجا ناشی می‌شوند و نشان داده می‌شود که برای حل آنها باید چه راهکاری انتخاب کرد.

دومین ویژگی و سودمندی اصل موضوعی کردن به روش نظریه مجموعه‌ای مقایسه نظریه‌های مختلف تحت زبان واحد و حل مشکلات مفهومی‌ای است که احتمالاً به جهت صریح نبودن ارتباط میان مفاهیم بروز کرده است. یکی از موارد چنین مشکلاتی در هنگامی پیش آمد که دو فرمالیسم مختلف برای مکانیک کوانتومی ارائه شد. در دهه ۱۹۲۰ هایزنبرگ و شرودینگر دو شیوه متفاوت برای تبیین پدیده‌های کوانتومی پیشنهاد کردند که هر دو موفقیت‌آمیز بود. ولی اولی فرمالیسمی بود بر مبنای ریاضیات ماتریسی و فضاهای گسسته و دومی مبتنی بر مکانیک موجی و فضاهای پیوسته. این امر برای فیزیکدانان نیز موجب تعجب شده بود که چگونه دو نظریه کاملاً متفاوت می‌توانند به طرز یکسانی موفقیت‌آمیز باشند. تا اینکه فون نویمان با معرفی فضاهای هیلبرت نشان داد این دو ساختار یک‌ریخت هستند و هر دو مدلی برای فضای هیلبرت هستند.

یکی دیگر از مزایای این روش این است که تقریباً تمام ریاضیات را می‌توانند در خود جای دهد. اگر دیدگاه مورد قبول به دلیل التزام به منطق مرتبه اول نمی‌توانست اکثر قسمت‌های فیزیک را بدلیل استفاده از ساختارهای پیچیده ریاضی در خود جای دهد، ولی دیدگاه غیر گزاره‌ای با توجه به این نکته که قسمت‌های مختلف ریاضیات می‌توانند در قالب نظریه مجموعه‌ها صورت‌بندی شود، این نقیصه را برطرف کرده است؛ با توجه به این نکته که بسیاری از قسمت‌های ریاضی توسط گروه بورباکی به شیوه نظریه مجموعه‌ای غیر صوری به شکل اصل موضوعی در آمده بود.

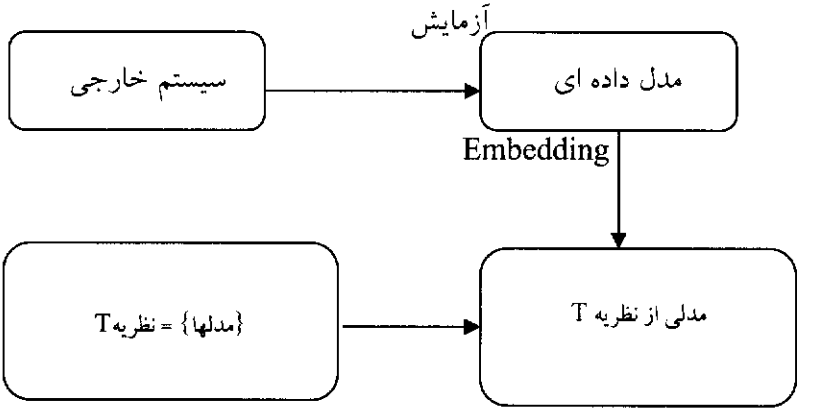
۴. دیدگاه غیر گزاره‌ای

قبل از اینکه به بیان دقیق معنای یک نظریه در دیدگاه غیر گزاره‌ای بپردازم، نمونه‌ای از مدل ساختار ریاضی معرفی شده در قسمت قبل یعنی ساختار جبری گروه که به فهم این معنا کمک می‌کند، ارائه می‌کنم.

مجموعه اعداد صحیح به همراه تابع یا عمل جمع، مدلی از ساختار گروه است. یعنی تعبیری از آنکه تمامی اصول موضوع و به تبع آن تمامی قضایای حاکم بر این ساختار، بر مجموعه اعداد صحیح به همراه عمل جمع نیز حاکم است. به طور خلاصه می‌نویسیم $< Z, + >$ ، مدلی از $< A, \otimes >$ (به همراه اصول موضوع مطروح) است. در اینجا عمل + تعبیر عمل $\otimes$ و مجموعه Z تعبیر مجموعه A است. در دیدگاه غیر گزاره‌ای نیز یک نظریه مجموعه مدل‌های ممکن یک ساختار است که همان ساختار اصول موضوعی شده است. تا اینجا این مدل‌ها، مدل‌هایی کاملاً مجردند که تعبیر تجربی ندارند. اگر بخواهیم این مدل‌ها را به جهان خارج ارتباط دهیم، باید آنها را به سلسله‌ای از مدل‌های دیگر که عبارتند از: مدل‌هایی آزمایشگاهی، مدل‌های محاسباتی و مدل‌های داده‌ای مربوط کنیم. این ارتباط اغلب توسط یک‌ریختی ساختارها و دیگر ارتباطات جبری مثل هم‌ریختی و جاسازی (embedding) انجام می‌شود.

مدل‌های آزمایشگاهی مجموعه ساختارهایی هستند که کارکرد دستگاه طبق آن ساختار توجیه می‌شود. مدل‌های محاسباتی عبارتند از: دستگاه‌های ریاضی که محاسبات در آن مجموعه‌ها صورت می‌گیرد؛ مثلاً اگر از مجموعه اعداد حقیقی در محاسبه نتایج یک آزمایش استفاده می‌کنیم، باید ساختار مجموعه اعداد حقیقی با مدل آزمایشگاهی یکریخت باشند. در آخرین مرحله مدل‌های داده‌ای وجود دارند که مجموعه اعداد ثبت‌شده‌ای هستند که از آزمایش مورد نظر نتیجه می‌شوند.

برای اینکه ببینیم یک مدل با جهان خارج ارتباط برقرار می‌کند یا نه، باید بررسی کنیم که آیا مجموعه داده‌ها با مدل مزبور هم ساختار است یا نه یا به بیان دیگر جا گرفتن مدل داده‌ای در ساختار مدل نظریه بررسی می‌شود. به طور شماتیک داریم:



تحقیق تجربی

۵. شکل ساختاری مکانیک ذره‌ای کلاسیک

مکانیک ذره‌ای کلاسیک (از این به بعد CPM) در شکل ساختاری خود بر اساس پنج مفهوم اولیه تعریف می‌شود[Sneed 1979, P115]: دو مجموعه P و T و سه تابع m تک‌متغیره، تابع s دومتغیره، تابع f سه‌متغیره. مجموعه ذرات می‌تواند تعبیری برای مجموعه P باشد؛ هرچند برای اثبات خواص چنین ساختارهایی به این تعبیر محدود نمی‌شویم. تعبیر فیزیکی مجموعه T می‌تواند مجموعه اعداد حقیقی باشد که زمان طی‌شده اندازه‌گیری شده را بازنمایی می‌کند. اینکه این زمان چگونه و تحت چه واحدهایی است، در تعریف مدل‌های این ساختار نقشی ندارد و می‌تواند در مدل‌های آزمایشی و داده‌ای مؤثر باشد. تنها فرض این است که این اندازه‌گیری با مشخص بودن یک مبدأ زمانی انجام پذیرفته است. اگر u عضوی از مجموعه P باشد، آنگاه m(u) می‌تواند به عنوان جرم ذره u تعبیر شود. تابع s(u,t) برداری n ـ بعدی است که اگر n=3 باشد، تعبیر فیزیکی چنین تابعی می‌تواند تابع مکان ذره u در زمان t و در فضای سه‌بعدی باشد. اگر $u \in P$ و $t \in T$ و $i \in N$، f(u,t,i) می‌تواند به عنوان i امین نیروی وارد بر ذره u در زمان t تعبیر شود. اکنون به

تعریف CPM می‌پردازیم:

تعریف: x یک CPM است اگر و تنها اگر P,T,m,s,f به نحوی وجود داشته باشند که:

اصل موضوع ۱CPM: $x = < P,T,s ,m,f >$ ؛

اصل موضوع ۲CPM: مجموعه P متناهی و غیر تهی باشد؛

اصل موضوع ۳CPM:مجموعه T بازه‌ای از اعداد حقیقی باشد؛

اصل موضوع ٤CPM:s تابعی از $P \times T$ به R^3 باشد؛بعلاوه اینکه s در زیربازه باز T بر حسب زمان دو بار مشتق پذیر باشد؛

اصل موضوع ٥CPM:m تابعی از P به R است، به نحوی که به ازای تمامی $u \in P$، $m(u) > 0$

اصل موضوع ٦CPM:f تابعی از $P \times T \times N$ به R^3 است و $\Sigma_{i \in N} f(u,t,i)$ به ازای تمامی $u \in P$ و $t \in T$ همگرای مطلق است.

اصل موضوع ۷CPM:به ازای تمامی $u \in P$ و $t \in T$:

$$m(u).D^2s(u,t) = \Sigma_{i \in N} f(u,t,i)$$

شایان ذکر است که اصل موضوع ٥ و ٦ بر وجود مستقل توابع جرم و نیرو تأکید می‌کنند و اصل موضوع هفتم بر قانون دوم نیوتن که رابطه‌ای را به عنوان قانون و نه به عنوان تعریف میان جرم و نیرو بیان می‌کند.

یکی از نکاتی که این نوع اصل‌موضوع سازی‌ها تصریح می‌کنند، استقلال مفاهیم اولیه از یکدیگر است. این موضوع در مورد تعریف جرم اهمیت بیشتری پیدا می‌کند. اغلب کتاب‌های درسی هنگامی که قصد دارند به تعریف جرم بپردازند، به مفهوم شتاب و به تبع آن نیرو متوسل می‌شوند. مثلاً در [Kleppner 1973, P55] نویسنده برای معرفی مفهوم جرم از یک جسم که روی یک بستر هوا (به جهت کم کردن اصطکاک) قرار گرفته است، استفاده می‌کند. سپس می‌نویسد فرض کنید این جسم را به یک نوار لاستیکی وصل می‌کنیم. اگر نوار را بکشیم، جسم شروع به لغزیدن می‌کند. حال همین عمل را با همان مقدار کشش برای جسم بزرگ‌تر یا کوچک‌تر، با همان جنس جسم قبلی تکرار می‌کنیم. در

این صورت جسم جرم دوم چنین تعریف می‌شود:

$$m_2 = m_1 \frac{a_1}{a_2}$$

که a نماینده شتاب اجسام است. حال اگر m_1 را واحد جرم بگیریم، ما بقی جرم اجسام بر اساس این واحد به دست می‌آید.

بدیهی است که در این مورد خواننده می‌تواند نتیجه بگیرد مفهوم جرم به مفهوم شتاب وابسته است و اگر شتابی در کار نباشد، معلوم نیست که بتوانیم جرم را اندازه‌گیری کنیم، ولی اندازه‌گیری یک خصوصیت تحت یک نظریه با وابسته دانستن آن به دیگر مفاهیم نظریه متفاوت است. این مورد هنگامی که مدل ممکن و مدل ممکن جزیی یک نظریه معرفی شود، روشن تر خواهد شد. می‌توان نشان داد که مفهوم جرم مستقل از دیگر مفاهیم اولیه است، اما باید اصلی معرفی شود که معیاری برای استقلال مفاهیم از یکدیگر ارائه دهد. [Suppes 1957, P169]

اصل پادوآ: مفهوم اولیه X از ساختار Σ مستقل از بقیه مفاهیم است اگر و تنها اگر دو مدل از Σ به نحوی وجود داشته باشند که در آن دو مدل، تعبیر X متفاوت باشد، ولی تعبیر دیگر مفاهیم یکسان باشد.

حال با توجه به این اصل استقلال مفهوم جرم یعنی تابع m را نشان می‌دهیم. فرض کنید مجموعه P یک مجموعه تک عضوی باشد که آن تک عضو عدد ۱ باشد. مجموعه T هم مجموعه اعداد حقیقی(R) قرار می‌دهیم. فرض می‌کنیم:

$$m_1(1) = 1$$

و

$$m_2(1) = 2.$$

برای هر t از T قرار می‌دهیم :

$$s(1,t) = < 1 , 1 , 1 >.$$

و همچنین:

$$f(1,1,t) = < 0 , 0 , 0 >$$

ساختار $< 1, R,s,m_1,f >$ مدلی از CPM است؛ چراکه مجموعه {1} متناهی و غیر تهی است. R بازه‌ای از اعداد حقیقی است. s_1 دو بار مشتق‌پذیر است(چون تابع ثابت است). m_1 عددی حقیقی و مثبت است. f عددی ثابت و در نتیجه همگرا است و در نهایت اصل موضوع هفتم نیز ارضا می‌شود؛ چراکه:

$$m_1(1)D^2s_1(t) = < 0 , 0 , 0 >$$

به همین نحو ثابت می‌شود که $<1, R,s,m_2,f >$ نیز مدلی از CPM است. بنابراین دو مدل یافته‌ایم که در آنها غیر از m مابقی مفاهیم اولیه تعبیرهای یکسانی دارند. پس مفهوم جرم یعنی m مفهومی مستقل از شتاب است.

همچنین در بعضی موارد دیده می‌شود[Marion 2003, P49] که قانون دوم نیوتن را به عنوان تعریف مفهوم نیرو می‌پذیرند و تنها قانون سوم را به عنوان قانون قبول می‌کنند. اما به همین نحو ثابت می‌شود که مفهوم اولیه نیرو هم مفهومی مستقل است که بدون تعریف پذیرفته می‌شود. این خاصیت مفاهیم در کارهای اسنید مورد توجه واقع قرار گرفت و مبنایی شد برای تمایز میان مفاهیم نظری و غیر نظری. در رهیافت اسنید کلیه توابع و مفاهیمی که برای تعیین مقادیر آنها ناگزیر به استفاده از نظریه هستیم، مفاهیمی نظری هستند و آنهایی که مستقل از نظریه‌اند غیر نظری هستند. مشاهده می‌شود که نظری و غیر نظری بودن تمایزی است که در متن نظریه رخ می‌دهد نه زبان. به عنوان مثال، تابع مکان در CPM تابعی غیر نظری است؛ چراکه در تعیین مقادیر آن از CPM استفاده نمی‌شود، ولی توابع جرم و نیرو توابعی نظری هستند؛ چراکه تعیین مقادیر آنها مستلزم استفاده از CPM است.

شایان ذکر است که در این مدل اصل موضوعی در رابطه با قانون سوم نیامده است. در واقع اگر بخواهیم قانون سوم را به این مدل اضافه کنیم، مدل جدیدی به دست می‌آید که پدیده‌های کمتری را حفظ می‌کند.

قبل از اینکه به این مدل بپردازیم، مدل‌های دیگری وجود دارند که ضعیف‌تر از CPM هستند یا به بیان دیگر پدیده‌های بیشتری را در بر می‌گیرند. برای تمایز این مدل‌ها سؤالات زیر می‌تواند نقش تعیین‌کننده‌ای ایفا کنند.

۱ـ اندازه‌گیری کدام یک از توابع s، m و f مستقل از اصول موضوعه CPM است؟

۲ـ اگر اندازه‌گیری تابع α وابسته به دیگر مفاهیم شود، این وابستگی توسط کدام یک از اصول موضوعه بیان می‌شود؟

کمی آشنایی با فیزیک تجربی ما را به این موضوع رهنمون می‌کند که از میان سه تابع مزبور، تنها تابع مکان یا s است که مستقل از CPM است. در حقیقت برای تعیین مکان یک ذره به مفاهیم جرم و نیرو نیازی نداریم. به همین دلیل تابع s تابع غیر نظریه‌ای CPM نامیده می‌شود. از طرفی، یک جسم صلب نمی‌تواند مدلی برای این ساختار باشد یا اینکه این ساختار نمی‌تواند پدیده‌هایی که در بازه‌های فضا ـ زمانی گسسته اتفاق می‌افتند، مثل $t\leq(Gh/(2\pi c^5))^{1/2}=T_{Planck}$ را حفظ کند. بنابراین تنها مدل‌هایی که در آنها مجموعه‌های P و T و تابع s وجود دارند می‌توانند مدل‌های ممکن جزیی CPM به شمار روند. مدل ممکن جزیی CPM را سینماتیک ذره‌ای یا PK می‌نامیم که به این صورت تعریف می‌شود:

تعریف: x یک PK است اگر وتنها اگر P,T, s به نحوی وجود داشته باشند که:

اصل موضوع۱ PK: $x = < P,T,s >$؛

اصل موضوع۲ PK:مجموعه P متناهی و غیر تهی باشد؛

اصل موضوع۳ PK:مجموعه T بازه‌ای از اعداد حقیقی باشد؛

اصل موضوع٤ PK:s تابعی از $T \times P$ به R^3 باشد؛ به‌علاوه اینکه s در زیربازه باز T بر حسب زمان دو بار مشتق پذیر باشد؛

بنابراین تمامی مدل‌هایی که انتظار داریم مدلی از CPM باشند، باید مدلی از PK باشند.

اما دو تابع m وf توابعی هستند که اندازه‌گیری آنها مستلزم به کارگیری CPM است. همانطور که در مورد مثال اندازه‌گیری جرم نشان داده شد، اندازه‌گیری جرم یک جسم به شتاب و به تبع نیروی وارد بر آن وابسته است. بنابراین تابع جرم تابع نظریه‌ای CPM است. اما اندازه‌گیری جرم یک جسم به کدام یک از اصول موضوعه CPM وابسته است؟ به اصول موضوعه ٥ و ٦ قطعاً وابسته است؛ چراکه تحت این دو اصل توابع جرم و نیرو تعریف می‌شوند. اما اندازه‌گیری جرم یک جسم به اصل موضوع هفتم بستگی ندارد؛ چراکه

در اندازه‌گیری جرم تنها نسبت میان دو نیرو اهمیت دارد نه مقدار نیروی وارد بر آن. بنابراین بجاست که مدل ممکن CPM که آن را مکانیک ذره‌ای PM می‌نامیم را چنین تعریف کنیم:

تعریف: x یک PM است اگر و تنها اگر P,T,m,s,f به نحوی وجود داشته باشند که:

اصل موضوع۱ PM: $x = < P,T,s ,m,f >$ ؛

اصل موضوع۲ PM:مجموعه P متناهی و غیر تهی باشد؛

اصل موضوع۳ PM:مجموعه T بازه‌ای از اعداد حقیقی باشد؛

اصل موضوع٤ PM:s تابعی از $T \times P$ به R^3 باشد؛ به‌علاوه اینکه s در زیربازه باز T بر حسب زمان دو بار مشتق‌پذیر باشد؛

اصل موضوع٥ PM:m تابعی از P به R است؛ به نحوی که به ازای تمامی $u \in P$، $m(u)> 0$

اصل موضوع٦ PM:f تابعی از $P\times T\times N$ به R^3 است و $\Sigma_{i\in N} f(u,t,i)$ به ازای تمامی $u\in P$ و $t\in T$ همگرای مطلق است.

بنابراین تمامی مدل‌های CPM باید مدلی از PK باشند. دست آخر اینکه اندازه‌گیری تابع نیرو یا f به اصل موضوع هفتم بستگی دارد. پیش فرض تمامی روش‌های اندازه‌گیری که در آنها هدف تعیین مقدار نیرو است، برقرار بودن قانون دوم نیوتن است. در واقع هنگامی که بخواهیم مدلی را مورد آزمون قرار دهیم که آیا اصول موضوعه CPM را ارضا می‌کند یا نه، به دنبال این هستیم که قانون دوم نیوتن یا اصل موضوع هفتم ارضا می‌شود یا نه. به همین دلیل اصل موضوع هفتم را اصل موضوع مرجح می‌نامیم. می‌توان ارتباط میان مدل(CPM)، مدل ممکن جزیی(PK) و مدل ممکن(PM) را اینچنین خلاصه کرد:

اصول موضوعM_{PP}(PK) = اصول موضوعه حاوی توابع غیر نظریه‌ای(CPM)M.

اصول موضوعM_{P}(PM)= اصول موضوعه PK + اصول موضوعه معرف توابع نظریه‌ای(CPM)M.

اصول موضوع(CPM)M = اصول موضوعه PM + اصل موضوع مرجح.

اما محمول CPM می‌تواند به همراه قیودی باشد. به عنوان مثال، می‌توانیم تنها

نیروهایی را در نظر بگیریم که به صورت معکوس با مجذور فاصله تغییر می‌کنند یا اگر به جسم u از طرف جسم v نیروی f وارد شود، آنگاه به جسم v از طرف جسم u نیز همان نیرو در خلاف جهت و در یک راستا وارد شود. این نمونه دوم بیان ضعیف قانون سوم نیوتن است؛ زیرا قانون سوم نیوتن را به عنوان یک قید همراه CPM کنیم ابتدا تابع دوتایی یک به یک و متقارن ϕ را تعریف می‌کنیم:

$$\phi : P \times N \to P \times N$$
$$\phi(\langle v,i \rangle) = \langle u,j \rangle, u \neq v$$

اگر تابع f(u,t,i) به عنوان یکی از نیروهای اعمال شده بر ذره u از طرف ذره v در زمان t باشد برای داشتن مکانیک ذره‌ای کلاسیک نیوتنی کافی اصل موضوع زیر را به CPM اضافه کنیم:

اصل موضوع NCPM۸: به ازای هر u، v، i، j اگر

$$\phi(\langle v,i \rangle)\langle u,j \rangle, u \neq v$$

آنگاه به ازای هر $t \in T$ داشته باشیم:

(a)f(u,t,i) = - f(v,t,j);

(b)s(u,t). f(u,t,i) = - s(v,t). f(v,t,i).

که a مساوی بودن مقدار نیروی عمل و عکس العمل و b موازی بودن دو نیرو را با خط واصل دو ذره تضمین می‌کند.

۶. نتیجه

فلسفه علم استاندارد با معیاری برای اصل موضوعی کردن نظریه‌های علمی دو هدف عمده را مورد نظر داشت: یکی عقلانیت علم و دیگری انباشتی بودن فرآیند علمی. اما در اواسط قرن بیستم گروهی از فلاسفه علم با بررسی‌های تاریخی نشان دادند بسیاری از پیش‌فرض‌های فلسفه علم استاندارد که در معیار اصل موضوعی آنها می‌گنجد،

پیش‌فرض‌های غیر واقعی است که در تاریخ علم خلاف آنها اتفاق افتاده است. پس نتیجه گرفتند که علم فرایندی غیر عقلانی و غیر انباشتی است. البته گروهی دیگر از فلاسفه هدف فلاسفه علم استاندارد را نظری صحیح می‌دانستند؛ هرچند بر این باور بودند که روش آنها ناکافی است.

در این مقاله طرح اجمالی دیدگاه این نوع فلاسفه، یعنی دیدگاه غیر گزاره‌ای معرفی و نشان داده شد که چگونه بعضی از پیچیدگی‌های مفهومی در آن حل می‌شود.

سپاسگزاری ـ در پایان لازم می‌دانم از آقایان دکتر نسرین و علی بابایی به جهت راهنمایی‌هایشان تشکر کنم.

منابع

[Carnap 1956] R, 'Empiricism, Semantics, and Ontology', in R. Boyd, P. Gasper & J. D. Trout (ed.), The Philosophy of Science, Mass: Cambridge (1992) 85-97

[Da Costa 1990] N. C. A. Da Costa & S. French, 'The Model-Theoretic Approach in the Philosophy of Science', Philosophy of Science 57 (1990) 248-265

[Kleppner 1973] R. K, An Introduction to Mechanics, New York: McGraw-Hill, 1973

[Marion 2003] J. B, Classical Dynamics of Particles and Systems, New York: Academic Press, 2003

[Sneed 1979] J. D, The Logical Structure of Mathematical Physics (2nd. ed.), Dordrecht: Reidel, 1979

[Stegmuller 1976] W, The Structure and Dynamics of Theories, Berlin: Springer-Verlag, 1976

[Suppe 1974] F, The Structure of Scientific Theories, Urbana: University of Illinois Press, 1974

[Suppes 1953] J. C. C. McKinsey, A. C. Sugar & P. Suppes, 'Axiomatic Foundation of Classical Particle Mechanics', Journal of Rational Mechanics and Analysis 2 (1953) 253-272

[Suppes 1954] P, 'Some Remarks on Problems and Methods in the Philosophy of Science', Philosophy of Science 27 (1954) 242-248

[Suppes 1957] P, Introduction to Logic, Princeton: Van Nostrand, 1957

[Suppes 1967] P, 'What is a Scientific Theory?', in S. Margembesser (ed.), Philosophy of Science Today, New York: Basic Books (1967) 55-67

[Suppes 1968] P, 'The Desirability of Formalisation in Science', Journal of Philosophy 65 (1968) 651 _ 664

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی