Archive of SID

پژوهش‌های فلسفی، شماره‌ی چهاردهم، پاییز و زمستان ۱۳۸۷، ص۷-۲۵

عملیات‌گرایی:
بررسی رابطه معانی نمادها و مفاهیم فیزیکی با عملیات اندازه‌گیری (با توجه به آراء پرسی بریجمن)[۱]

کیوان الستی[۲]
دانش‌آموخته دکتری مطالعات علم، مؤسسه پژوهشی حکمت و فلسفه ایران.

چکیده

چگونه کاربرد مفاهیم فیزیکی توسط فیزیک‌دان، از کاربرد همان مفاهیم، توسط افراد عادی مجزا می‌شود؟ پاسخ به این سؤال می‌تواند این باشد که معنای یک مفهوم در فیزیک چیزی نیست مگر عملیات اندازه‌گیری متناظر با آن مفهوم. با وجود این، مفهومِ خاصِ علمی ممکن است با عملیات متفاوتی اندازه‌گیری شود. در این صورت چگونه می‌توان این عملیات متفاوت را به یک مفهوم نسبت داد؟ اگر پیرو مکتب عملیات‌گرایی[۳] باشیم، پاسخ این خواهد بود که از پیش نمی‌دانیم عملیات‌های متفاوت به مفهومی واحد اشاره می‌کنند. طبق این دیدگاه، محتوای قوانین تجربی است که عملیات متفاوت را به مفهومی واحد نسبت می‌دهد. در این مقاله ابتدا شرح مختصر آراء پرسی بریجمن و مکتب عملیات‌گرایی، و تحلیل دقیق مفهوم طول توسط بریجمن شرح داده خواهد شد. سپس نقدهایی که به این مکتب وارد شده بازگو می‌شود. در نهایت، با توجه به انتقادات، از مزایا و معایب دیدگاه عملیات‌گرایی بحث خواهد شد.

واژگان کلیدی: عملیات‌گرایی، مفهوم علمی، عملیات اندازه‌گیری، بریجمن.

---

۱. تاریخ وصول: ۱۳۸۸/۱۰/۵ تاریخ تصویب: ۱۳۸۹/۲/۲۰

۲. پست الکترونیک: keyvan.alasti@gmail.com

3. operationalism

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

واژه‌هایی مثل طول، زمان، فشار، نیرو و ... برای هر فردی (چه فیزیکدان و چه فردی عادی) معنادار به نظر می‌رسند. از طرفی می‌دانیم این مفاهیم، زمانی که در شاخه‌ای از علوم تجربی مثل علم فیزیک بکار می‌روند، کاربردشان در بسیاری از موارد با کاربردی که در زبان روزمره از این مفاهیم وجود دارد، متفاوت و یا حداقل دقیق‌تر است. واژه‌ی «فشار» در زبان روزمره برای موارد متفاوتی بکار می‌رود، فشار هوا، فشار سیاسی، فشار مالی، گروه فشار. همین واژه و واژه‌های دیگر، وقتی مورد استفاده‌ی دانشمند قرار می‌گیرند، نه تنها چنین دامنه‌ی گسترده‌ای ندارند، بلکه تا این اندازه نیز دچار ابهام نیستند. به نظر می‌رسد که دقّت مفاهیم، یکی از عواملی باشد که تضمین کننده‌ی دقّت علم فیزیک است. دوگانگی معنای این واژه‌ها (یعنی معنای آنها در فیزیک و در زبان روزمره)، سؤالاتی را به همراه دارد. کاربرد این مفاهیم برای فیزیک‌دان تا چه اندازه با کاربرد افراد عادی، متفاوت (و یا متشابه) است؟ آیا واژه‌ای مثل «فشار» وقتی توسط فیزیک‌دان استفاده می‌شود، همان واژه‌ای است که در زبان روزمره مورد استفاده‌ی مردم عادی است؟ منظور از اینکه این مفاهیم برای فیزیک‌دان دقیق‌تر است، چیست؟

پاسخی به این سؤال می‌تواند این باشد که معنای یک مفهوم در فیزیک چیزی نیست مگر عملیات اندازه‌گیری متناظر با آن مفهوم. می‌دانیم نتیجه هر اندازه‌گیری، اختصاص دادن اعداد به یک نماد است، عددی که به یک نماد اختصاص داده می‌شود، نتیجه عملیات خاصی است که نماد با آن تعریف شده است. بنابراین می‌توان گفت معنای هر نماد (کمّی) در فیزیک، عملیاتی است که منجر به نسبت دادن یک عدد به آن نماد می‌شود. هر نماد بازنمایاننده‌ی مفهومی فیزیکی است. به عبارت دیگر یک مفهوم فیزیکی، معنادار است، اگر دارای عملیات اندازه‌گیری باشد. هر نماد بیان کننده‌ی خلاصه‌ای از نتیجه یک عملیات است و آن نتیجه، ارزشی عددی است که به آن نماد نسبت داده می‌شود.

اولین مانعی که در این تعبیر از مفاهیم وجود دارد این است که کمیت‌های فیزیکی مثل فشار یا طول را با عملیاتی متفاوت اندازه‌گیری می‌کنند. به عنوان مثال فشار را با استفاده از فشارسنج جیوه‌ای، یا با استفاده از بارومتر عقربه‌ای[1] و هم‌چنین با استفاده از ابزار

1. aneroid barometer
شامل سلولی خشک است که از آلیاژ برلیوم و مس تشکیل شده و تحت تأثیر تغییر فشار، منبسط و منقبض می‌شود.

www.SID.ir

Archive of SID

اندازه‌گیری فشار بوردان[1]، و همین‌طور اندازه‌سنج یونیزاسیون[2] و... می‌توان اندازه گرفت. سوال این است که در این صورت چطور می‌توان این عملیاتِ متفاوت را به یک مفهوم، یعنی مفهوم فشار و نماد فیزیکی آن یعنی P، نسبت داد.

به این سوال به دو صورت می‌توان پاسخ گفت: پاسخ اول این است که ما مفاهیمی مثل فشار یا طول را از دانش پیشاعلمی می‌شناسیم. ما از پیش می‌دانیم که کدام یک از عملیات برای اندازه‌گیری فشار و کدام برای اندازه‌گیری طول ترتیب داده شده‌اند. هر عملیات را از پیش برای اندازه‌گیری همان مفهوم ترتیب داده‌ایم. مشکل این پاسخ این است که ما مفهومی مثل فشار یا طول را از زبان روزمره و با تمام ابهامات موجود در آن قرض گرفته‌ایم. ارتباط این مفاهیم و عملیات مرتبط با آنها از پیش تعیین شده است.

پاسخ دومی که می‌توان برای سؤال بالا ترتیب داد این است که ما از پیش نمی‌دانیم، عملیات متفاوت به مفهوم واحدی اشاره می‌کنند. بدست آوردن نتایج مشابه و ملاحظات دیگر، دانشمندان را وا می‌دارد که قانونی تجربی ترتیب دهند که محتوای آن قانون تجربی، عملیات متفاوت را به مفهوم واحدی مثل فشار نسبت می‌دهد. به عبارت دیگر، در ابتدا هر عملیات اندازه‌گیری، به مفهومی منحصر به فرد اشاره می‌کند. عملیات اندازه‌گیری با ستون جیوه، و عملیات اندازه‌گیری با دستگاه بوردان به دو مفهوم متفاوت اشاره دارند، امّا دانشمندان به طور تجربی کشف می‌کنند که این دو مفهوم متفاوت می‌توانند مصداق واحدی داشته باشند. پاسخ دوّم متعلق به مکتب عملیات‌گرایی است.

مدعی مکتب عملیات‌گرایی در درجه اول فیزیک‌دان برجسته و برنده جایزه نوبل پرسی بریجمن[3] است. بریجمن آراء خود در مورد عملیات‌گرایی را اول بار در ۱۹۲۷ و در کتاب *منطق فیزیک جدید*[4] مطرح کرد. سپس در کتاب *سرشت نظریه فیزیکی*[5] و ... این دیدگاه را پروراند. آراء بریجمن توسط فلاسفه‌ای مثل کارل همپل[6] و آر. بی. لیندسی[1] نقد شده است.

---

1. bourdon pressure gauge
دارای یک لوله حلقه شده است که تحت تأثیر فشار باعث چرخیدن عقربه می‌شود.
2. ionization gauge
ابزاری برای اندازه‌گیری فشارهای پایین است، و به طور غیر مستقیم فشار را با اندازه‌گیری یون‌های به وجود آمده در گاز، تحت تأثیر بمباران الکترونیکی آن گاز، اندازه‌گیری می‌کند.
3. Percy W. Bridgman
4. *The Logic of Modern Physics*
5. *The Nature of Physical Theory*
6. Carl Hempel

www.SID.ir

Archive of SID

امّا به نظر می‌رسد آراء عملیات‌گرایی مزایایی دارد، هر چند امروزه کمتر فیزیک‌دانی به آن پایبند است.

در این مقاله ابتدا به شرح مختصر آراء بریجمن و مکتب عملیات‌گرایی خواهم پرداخت. در بخش دوم تحلیل دقیق مفهومی مثل طول که توسط بریجمن انجام شده، بررسی می‌شود. در بخش سوم نقدهایی که به این مکتب وارد شده به طور خلاصه بازگو می‌شود. در بخش چهارم با اشاره به مزایا و معایب این دیدگاه نتیجه‌گیری خواهم کرد.

۱. تغییر مفهوم همزمانی

بریجمن قسمتی از ادعایش درباره مفاهیم را از تحلیل اینشتاین از مفهوم همزمانی گرفته است. نتایجی که از آراء اینشتاین به وجود آمد، درک ما را از مفاهیمی مثل زمان و همزمانی تغییر داده است. بریجمن معتقد است که نتیجه‌ی بدست آمده و تغییری که در درک ما از فضا و زمان پدید آمد، نباید برای ما غیرمنتظره باشد. زمانی که به حوزه‌های جدید در تجربه وارد می‌شویم، باید برای واقعیت‌های جدید نیز آماده باشیم. واقعیت‌هایی که کاملاً متفاوت از تجربیات پیشین ما هستند. این موضوع را، هم در کشف خصوصیات ماده در سرعت‌های بالا و هم در واقعیت‌های جدیدی که در حوزه‌ی کوانتوم با آنها مواجه شدیم، درک کرده‌ایم. در این صورت در آینده نیز همانند پیش باید انتظار داشته باشیم که مثلاً با وارد شدن تجربه در حیطه‌های کیهانی یا در خصوصیات موادی بسیار چگال (همانند ستاره‌های نوترونی) نیز با چنین چیزی مواجه شویم.

تا پیش از اینشتاین بسیاری از مفاهیم فیزیکی بر حسب خصوصیاتشان تعریف می‌شدند. یکی از مهم‌ترین مثال‌ها در این مورد، مفهوم «زمان مطلق» نیوتونی است. نیوتن در فصل اوّل کتاب *اصول ریاضی فلسفه طبیعی*[۲] توضیح می‌دهد که مفهوم زمان مطلق را بر اساس خصوصیات[۳] خاصی تعریف کرده است. او می‌گوید:

> من مفاهیم زمان و مکان و فضا یا حرکت را تعریف نمی‌کنم. تنها به درک عامیانه از این مفاهیم مراجعه می‌کنم. که این درک [عامیانه]، آنها را تحت هیچ تعریفی مگر روابطی که با بعضی اشیاء قابل حس دارند قرار نمی‌دهد....

1. R. B. Lindsay
2. *The Mathematical Principles of Natural Philosophy*.
3. properties

www.SID.ir

Archive of SID

> اینها را به کمک واژگان نسبی و مطلق جدا می‌کنم. زمان مطلق، [یا] زمان ریاضی، [ساخته شده] از خودش، در خودش و برخواسته از حقیقت خودش است، و مستقل از اشیاء خارجی است. جریان طبیعت این زمان را از هر شیء بیرونی جدا کرده است.[1]

بر خلاف نظر نیوتن، بریجمن در این مورد که زمان فی‌نفسه چیزی مستقل از رویدادهای جهان خارج باشد، تردید دارد. به طور دقیق‌تر او معتقد است اگر مفهوم زمان مطلق را با تجربه بررسی کنیم، چیزی در طبیعت با این خصوصیات نمی‌توانیم بیابیم. وقتی مفاهیم علمی تنها با خصوصیت‌هایی که *ممکن است* داشته باشند تعریف شوند، همیشه این امکان وجود دارد که متوجه شویم هیچ چیزی در طبیعت متناظر با آن مفاهیم وجود ندارد. اگر فیزیک به مفاهیمی که با این خصوصیت‌ها تعریف شده، تقلیل یابد، تبدیل به علمی انتزاعی همانند هندسه خواهد شد و از واقعیت فاصله خواهد گرفت.[2]

مفهوم همزمانی نیز تا پیش از اینشتاین برحسب «خصوصیات» تعریف می‌شد. طبق این دیدگاه هر دو واقعه‌ی در نظر گرفته شده، یا خصوصیت *همزمانی* را دارا هستند یا خیر. این رویکرد در حوزه‌های محدود، کاربرد دارد، اما زمانی که حوزه تجربه گسترش پیدا می‌کند، مثلاً به مرز سرعت‌های بسیار بالا می‌رسد، مفهوم همزمانی، که به صورت عملیاتی تعریف نشده است، دیگر بکار نمی‌آید. نگاه ما نسبت به مفاهیم، بخصوص بعد از اینشتاین و تحلیلی که او در مورد مفاهیمی مثل همزمانی ارائه کرده است، تغییر می‌کند. اینشتاین در تحلیل مفهوم همزمانی اعلام می‌کند که زمانی می‌توان معنایی برای همزمانی قائل شد، که بتوان عملیاتی برای تحقیق همزمانی یافت. بنابراین به سرعت نمی‌توانیم اعلام کنیم که این مفهوم معنا دارد. اینشتاین در کتاب *نسبیت* توضیح می‌دهد که اگر دو رویداد در فاصله‌ای نزدیک به هم رخ دهند، همزمانی را به این صورت می‌توان درک کرد که ناظری همزمانی وقوع دو رویداد مورد نظر را (مثلاً با یک ساعت) اندازه‌گیری کند. امّا مساله وقتی مشکل‌تر می‌شود که دو رویداد مورد نظر در فاصله‌ی نسبتاً زیادی از هم قرار داشته باشند. اینشتاین طی مثالی خواننده را وا می‌دارد که تصوّر برخورد دو آذرخش در دو نقطه نسبتاً دور از یک خاکریز را مجسم کند. و در عین‌حال تصور کند که این دو واقعه، همزمان روی می‌دهند. سپس می‌نویسد:

1. Bridgman, *the Logic of Modern Physics*, p. 58.
2. Ibid.

www.SID.ir

Archive of SID

> اگر از شما بپرسم که آیا این گفته دارای معنی است، با آری مؤکدی پاسخ خواهید داد.....[اما] از نظر فیزیک‌دان این مفهوم وجود ندارد، مگر آنکه او بتواند تحقق (یا عدم تحقق) آن را در یک مورد عملی کشف کند.[۱]

در اینجا امکان تحقیق بر اساس یک ساعت وجود ندارد. احتمالاً به دو ساعت و دو ناظر متفاوت احتیاج است تا این همزمانی را تحقیق کنند و در نهایت به وسیله‌ای احتیاج است تا نتیجه هر یک از دو مشاهده را به دیگری منتقل کند، که این انتقال اطلاعات در بهترین حالت محدود به سرعت نور است. اینشتاین پیشنهاد می‌کند که آیینه‌ای به فاصله یکسان از دو سر محلی که آذرخش برخورد کرده گذاشته شود و در این صورت اگر لحظه‌ی رسیدن دو اشعه نور به آینه یکسان بود در این صورت واقعه‌ها را همزمان بدانیم. و این در صورتی نتیجه درستی خواهد داد که سرعت نور در هر دو مسیر یکسان باشد. به نظر می‌رسد این مفهوم، با گسترش حوزه تجربه، وابسته به مفاهیم دیگری نیز خواهد شد[۲]. اینشتاین این سؤال را مطرح می‌کند که آیا دو واقعه، مثل برخورد آذرخش به دو نقطه‌ی متفاوت از مسیر یک راه آهن، اگر نسبت به خاکریز همزمان باشند آیا نسبت به قطار متحرک نیز همزمان خواهند بود؟ خواهیم دید رویدادهایی که نسبت به مسیر راه آهن همزمان هستند نسبت به قطار همزمان نیستند. بنابراین هر دستگاه مختصات، زمان خاص خود را دارا است.[۳] بنابراین تعریفی که اینشتاین برای همزمانی و بالطبع برای مفاهیم دیگر فیزیکی می‌پسندد، معرفی راهی برای تحقیق آن است:

> تعریف [همزمانی] باید چنان باشد که ما را به روشی مجهز سازد که به کمک آن بتوان از راه آزمایش تعیین کرد که آیا جرقه‌های آذرخش همزمان فرود آمده‌اند یا نه. تا زمانی این شرط تأمین نشده باشد، اگر تصور کنم که می‌توانم به همزمانی دو رویداد معنایی نسبت دهم، خود را به عنوان یک فیزیک‌دان فریب داده‌ام.

او حتی از این فراتر رفته و می‌گوید حتی اگر فیزیک‌دان نباشیم نیز این نکته صحیح است.[۴]

---

۱. اینشتاین، *نسبیت نظریه‌ی خصوصی و عمومی*، ص۳۹.

۲. مثلاً در نسبیت خاص فرض همزمانی نسبت به دو دستگاه مرجع متفاوت، قابل اندازه‌گیری به نظر نمی‌آید.

۳. همان.

۴. اینشتاین، *نسبیت نظریه‌ی خصوصی و عمومی*، ص۳۶.

www.SID.ir

Archive of SID

بریجمن از این بحث نتیجه می‌گیرد، در واقع وقتی معنای یک مفهوم را خواهم دانست که عملیات اندازه‌گیری آن مفهوم را بدانم. معنای یک مفهوم معادل است با مجموعه عملیات اندازه‌گیری متناظر با آن مفهوم. «همزمانی» یعنی عملیاتی که بکار می‌بریم تا همزمانی دو واقعه را اندازه‌گیری کنیم. کسی معنای «جرم حجمی» را می‌داند که عملیات اندازه‌گیری جرم حجمی را بداند. بنابراین کار اینشتاین بر همزمانی، درک ما را از مفهوم همزمانی تغییر داد.

مفاهیم بر اساس این‌که چه نوع عملیاتی به آنها نسبت داده می‌شود، می‌توانند «فیزیکی» یا «ذهنی» باشند. مفهومی فیزیکی است که عملیاتی فیزیکی برای اندازه‌گیری آن وجود داشته باشد. مثلاً معنای «وزن» را وقتی می‌دانیم که عملیات اندازه‌گیری آن را مثلاً با ترازو بدانیم. مفاهیم ذهنی مفاهیمی هستند که عملیاتی که برای محاسبه‌ی آنها بکار می‌رود، ذهنی باشد. به عنوان مثال معنی «انتگرال یک تابع» را وقتی می‌دانیم که مجموعه عملیاتی که انتگرال یک تابع را بدست می‌آورد بشناسیم[1].

در صورت پذیرش دیدگاه عملیات‌گرایی در مورد معنای مفاهیم فیزیکی، یعنی پذیرش اینکه یک مفهوم مترادف یک عملیات است، این سؤال پیش خواهد آمد اگر عملیات اندازه‌گیری یک مفهوم عوض شد، آیا متعاقباً آن مفهوم نیز تغییر خواهد کرد؟ همان‌طور که می‌دانیم، دسته‌ای از عملیات متفاوت، نه عملیاتِ واحدی، برای اندازه‌گیری مفاهیمی مثل فشار، طول و ... وجود دارد. در این صورت چه معیاری می‌تواند گروه خاصی از عملیات را به مفهومی خاص نسبت دهد؟ این عملیات شاید شباهت کمی به هم داشته باشند، در این صورت چگونه می‌توان مجموعه عملیات متفاوتی را تحت رده‌ی خاصی که با یک نماد نشان داده می‌شود گرد آورد؟

یک پاسخ به این سوال می‌تواند بر مبنای مفاهیم پیشاعلمی باشد. مفاهیمی مثل «طول»، «زمان»، «فضا» و... پیش از آن‌که در فیزیک استفاده شوند، در زبان روزمره کاربرد داشته‌اند. پیش از آن‌که این مفاهیم در دستگاه فیزیکی تعریف شوند، شهوداً برای ما معنادار بوده‌اند. اینشتاین می‌گوید:

> دستگاه مفاهیم علم از بطن دستگاه‌های مفاهیم زندگی روزمره زاده شده‌اند... هر چه مفهومی عام‌تر باشد بیشتر با اندیشه ما تلاقی می‌کند و هر چه بستگی آن با تجربه حسی نامستقیم‌تر باشد، فهم معنی آن برای ما

1. Bridgman, *the Nature of Physical Theory*, p.58.

www.SID.ir

Archive of SID

> مشکل‌تر است. این نکته به‌ویژه در مورد مفاهیم پیشاعلمی صدق می‌کند... مفاهیمی مثل «کجا»، «کی»، «چرا» و «بودن» و... کتاب‌های فلسفه بیشماری به روشن کردن آنها اختصاص یافته‌اند.[۱]

در این صورت به واسطه معنای پیشاعلمی این واژه‌ها، می‌توان عملیاتی مختلف برای محاسبه یک مفهوم مثلاً طول به مفهوم از پیش معنادار طول نسبت داد. اما در این صورت معنای یک نماد فیزیکی صرفاً عملیات اندازه‌گیری آن نخواهد بود، و امکان وارد شدن ابهام در کاربرد عملی از این مفاهیم به وجود خواهد آمد که ما نمی‌خواهیم.

بنابراین نتیجه قوی‌تری که از عملیات‌گرایی حاصل می‌شود، این است که دو عملیاتِ اندازه‌گیری متفاوت، متناظر با دو مفهوم متفاوت خواهند بود. مجموعه عملیاتی که معادل یک مفهوم است منحصر به فرد است. یعنی اگر زمان را با ساعت شنی اندازه‌گیری کنم یا با وسیله‌ای دیگر، مفاهیم متفاوتی خواهم داشت. مفهوم طول وقتی با خط‌کش اندازه‌گیری می‌شود، با زمانی که به کمک ابزارآلات نقشه برداری محاسبه می‌شود، متفاوت است. مفهوم طول، زمانی تثبیت می‌شود که عملیاتی که طول را اندازه می‌گیرد، تثبیت شده باشد. این نتیجه مورد قبول بریجمن است. بریجمن می‌گوید بعد از اینشتاین بخش بزرگی از مفاهیمی که پیش از این نیز بکار می‌بردیم، دستخوش تغییر شده است، چون مجموعه عملیات اندازه‌گیری آن تغییر کرده است. امروز برخلاف گذشته می‌دانیم که باید این انتظار را داشته باشیم که هر لحظه نظریات ما عوض شوند. اما برای رسیدن به این نتیجه لزومی نداشت که منتظر اینشتاین بمانیم.[۲]

اگر پیش از اینشتاین می‌دانستیم که معنای واژگان علمی، مترادف با عملیات اندازه‌گیری آنها است، به این نتیجه رسیده بودیم. مفهومی مثل *زمان*، اگر معادل با چند مجموعه عملیات متفاوت باشد، صرف اینکه واژه‌ی «زمان» برای هر دو عملیات بکار رفته، به این نتیجه منجر نمی‌شود که در حال صحبت از یک مفهوم باشیم. ممکن است نتایج جدید به من نشان دهند که این دو یکی نیستند. ساعت الکترونیکی در حال حاضر با ساعت آونگی نتایج یکسان نشان می‌دهند. اما وجود این نتیجه یکسان ممکن است فقط یک تصادف باشد. ما این دو نوع *زمان* را تنها به واسطه یک قانون تجربی و نه به واسطه یک نگاه پیشینی، یکسان می‌دانیم. همیشه باید آماده باشم که از این دو، نتایج متفاوت بگیرم.

---

۱. اینشتاین، *فیزیک و واقعیت*، ص۱۰۱.

2. Bridgman, *the Logic of Modern Physics*, p.60.

www.SID.ir

Archive of SID

هیچ فرض مطلق و پیشینی در فیزیک وجود ندارد. مگر این فرض که یک آزمایش را اگر افراد متفاوت انجام دهند، نتیجه یکسان خواهد شد. این فرض نیز در صورتی درست است که تمام چیزهایی که موثرند، ثابت بمانند. از نظر بریجمن مفاهیم به شرایطی که عملیات اندازه‌گیری در آن انجام می‌گیرد نیز وابسته هستند. تغییر شرایطی که عملیات اندازه‌گیری در آن انجام می‌شود ممکن است به مفاهیم متفاوتی منجر شود. شرایط آزمایش را یا باید تثبیت کنیم، یا از فرض‌های تثبیت کننده استفاده کنیم. یک دانشمند از پیش می‌داند که این فرض تثبیت کننده را در نظر گرفته است. در واقع دانشمند «فرض کرده است» که خیلی چیزها موثر نیستند نه اینکه واقعاً مؤثر نیستند. کما اینکه ممکن است حتی رنگ لباس آزمایش‌گر نیز در تغییر نتایج آزمایش دخیل باشد. بنابراین همیشه باید آماده باشیم که نتایج عجیبی از آزمایش‌هایمان بگیریم. وقتی مفاهیم به حوزه‌های دیگری نزدیک می‌شوند با مفاهیم دیگری گره می‌خورند. همان‌طور که خواهیم دید مفهوم طول با تغییر حوزه، با مفهوم میدان جاذبه، سرعت نور یا... گره می‌خورد. در واقع به نظر بریجمن مفاهیم در حوزه‌های جدید، فردیت شان را از دست می‌دهند و به مفاهیم دیگری تبدیل می‌شوند.

۲. مفهوم طول

الف: بریجمن برای نشان دادن دقیق‌تر دیدگاهش مفهوم طول را به طور دقیق تحلیل می‌کند. او بحث خود را با اندازه‌گیری طول اشیاء ایستا آغاز می‌کند. در این موارد عملیات اندازه‌گیری طول را می‌توان با یک خط‌کش معمولی انجام داد. برای مثال اندازه‌گیری طول دیوار یک اتاق، شامل مراحل زیر است؛ ابتدا خط‌کش را به ابتدای دیوار مماس کرده، سپس محل برخورد انتهای خط‌کش با دیوار را روی دیوار علامت زده و دوباره اندازه‌گیری را از ابتدای محل علامت زده شده، تکرار می‌کنیم. با ادامه این روش، در نهایت اندازه‌های بدست آمده را با هم جمع کرده تا طول دیوار بدست آید. اما این روش اندازه‌گیری در عین سادگی، معمولاً باید با احتیاط‌هایی از سوی اندازه‌گیر همراه است. مثلاً انجام دهنده این عملیات مراقب است که درجه حرارت خط‌کش در حالت استانداردی باشد که برای آن خط‌کش درنظر گرفته شده، چرا که می‌داند ممکن است انبساط یا انقباض خط‌کش اندازه‌گیری او را دچار خطای زیاد کند. اما این احتیاط که حرکت خط‌کش از یک نقطه روی دیوار به نقطه‌ای دیگر به صورت خاصی باشد، با سرعت یا شتاب ثابت انجام گیرد، به نظر لازم نمی‌آید. چرا که فرض این است این‌گونه ملاحظات تأثیری در نتیجه محاسبه ندارد. اما ادعای بریجمن

www.SID.ir

Archive of SID

این است که از پیش نمی‌توان مطمئن بود که این موارد در اندازه‌گیری مؤثر نیستند. شاید در آینده متوجه شویم که چگونگی حرکت خط‌کش نیز در بالا بردن دقت اندازه‌گیری موثر است. فرض علی‌الاصول ما همیشه این است که عملیات متناظر با مفهومی مثل طول باید منحصر به فرد باشد. در غیر این صورت با بیشتر از یک مفهوم مواجه هستیم.

ب: حال اگر بخواهیم طول یک شیء متحرک را اندازه‌گیری کنیم و اگر بخواهیم عملیاتی مشابه عملیات قبل را برای اندازه‌گیری طول بکار ببریم، مجبور خواهیم بود سوار بر متحرک شده و این اندازه‌گیری را انجام دهیم. از آن‌جا که همیشه این راه عملی نیست، اینشتاین عملیات دیگری برای این مورد پیشنهاد می‌کند. به عنوان مثال اگر بخواهیم فاصله دو نقطه روی قطاری متحرک را محاسبه کنیم، باید ابتدا دو نقطه روی خط آهن، متناظر با دو نقطه روی قطار پیدا کرده و سپس فاصله آن دو نقطه روی خط آهن را با خط‌کش اندازه بگیریم. اگر این قطار با سرعت ثابتی حرکت کند، دو نقطه مورد نظر روی قطار در یک لحظه خاص از دو نقطه روی خط آهن گذر خواهند کرد. اینشتاین پیشنهاد می‌کند که این دو نقطه را با کمک تعریفی که پیش از این از همزمانی مطرح کرده بود، می‌توان بدست آورد. بنابراین در این تعریف مفهوم طول به نحوی وابسته به مفهوم همزمانی خواهد بود و خود مفهوم همزمانی نیز همان‌طور که گفته شد با مفهوم سرعت نور گره خورده است. از سوی دیگر می‌دانیم که همزمانی با تغییر حرکت دستگاه مرجع نیز تغییر خواهد کرد. بنابراین به نظر می‌رسد که مفهوم تغییر می‌کند. مفهوم اولی مفهومی سرراست بود، در حالی که مفهوم دوم با مفهوم همزمانی گره خورده است. نتایج بدست آمده از این دو عملیات ممکن است یکسان باشند اما یکی بودن نتایج، چیزی نیست که پیش از آزمایش به آن مطمئن باشیم. همان‌طور که اینشتاین خود تأکید می‌کند:

> ... هرگز از پیش معلوم نیست که اندازه‌گیری اخیر به همان نتیجه اندازه‌گیری اول منتهی شود.[۱]

ج: محاسبه‌ی طول مسافت‌های زیاد نیز عملیاتی متفاوت را می‌طلبد. محاسبه مسافت یک زمین زراعی با خط‌کش سخت است. این مسافت‌ها را معمولاً با دوربین‌های مهندسی مخصوص (تئودولایت)[۲] اندازه‌گیری می‌کنند. در بکار بردن این دستگاه‌ها از پرتوهای نور و مثلث بندی نوری و از نظریاتی که در مثلثات وجود دارد استفاده می‌کنیم. طولی که به این

---

۱. اینشتاین، *نسبیت نظریه‌ی خصوصی و عمومی*، ص۴۲.

2. theodolite

www.SID.ir

Archive of SID

طریق محاسبه می‌شود، برخلاف موارد پیشین که با عملیاتی بساویدنی[1] صورت می‌گرفت، با عملیاتی نوری[2] انجام می‌شود. ماهیت مفهوم نیز به همین اعتبار متفاوت خواهد شد. پیش‌فرض‌های ما در این گونه محاسبات این است که نور مسیری مستقیم را طی می‌کند. اینکه فضا (در این ابعاد) اقلیدسی است و اینکه مجموع زوایای مثلث برابر دو قائمه است. فرضیاتی از این سنخ در محاسبات اولیه ما از طول در نظر گرفته نشده بود.

بریجمن می‌گوید وقتی نوع عملیات تغییر می‌کند، مفهومی داریم که بهتر است با نامی دیگری نامیده شود. توجیه ما برای ابقای این نام این است که در محدوده تجربه ما در حال حاضر، تفاوت عددی فاحش بین نتایج دو عملیات مشخص نشده است. تفاوت‌های عددی به خطاهای محاسبه تعبیر می‌شود. اما وقتی حوزه تجربه تغییر کند، ممکن است محاسبات نیز نتایج متفاوتی را نشان دهند که حاکی از تفاوت قطعی این مفاهیم باشد.

د: در هنگام محاسبه‌ی طول مسافتِ میان ستاره‌ها، از مثلث بندی نوری و یا از فرستادن علامت‌های راداری و محاسبه‌ی رفت و برگشت آن علامت استفاده می‌شود. عملیات در این‌جا کاملاً نوری می‌شود و دیگر این شانس که نتیجه این مفهوم را با مفهومی بساویدنی مقایسه کنیم وجود ندارد. در استفاده از قواعد مثلثاتی برای محاسبه فاصله بین ستاره‌ای نیز، بر خلاف مواردی که با تئودولایت اندازه‌گیری می‌کردیم، تنها قادر هستیم دو زاویه از مثلث را اندازه بگیریم. بریجمن می‌گوید:

> ستاره‌شناسی علم دقیقی است، اما این دقت محدودیت‌هایی نیز دارد که ناشی از عدم توانایی در اندازه‌گیری زاویه است، هیچ مسافت میان ستاره‌ای، به جز ماه، با دقتی بیشتر از یک دهم درصد اندازه‌گیری نشده است.[3]

ه: اگر ابعاد را به حدّی بزرگ کنیم تا به ابعاد کیهانی برسیم، باز عملیات متفاوتی برای اندازه‌گیری طول لازم است. به عنوان مثال اگر بخواهیم مسیر حرکت مشتری به دور خورشید را بدست آوریم، باید قانون گرانش جهانی نیوتن را در محاسبات بکار ببریم. در این مورد مفهوم طول وابسته به این است که قانون نیوتن را بشناسیم. در این حوزه طول کاملاً ویژگی بساویدنی خود را از دست داده است.

---

1. tactual
2. optical
3. Bridgman, *The Logic of Modern Physics*, p.25.

www.SID.ir

Archive of SID

و: زمانی که می‌خواهیم مسافت‌های بسیار کوچکتر را اندازه بگیریم به مشکلات مشابهی بر می‌خوریم. عملیات ما در اینجا ترکیبی از عملیات بساویدنی و عملیات نوری خواهد بود. این بار نیز پیش‌فرض‌هایی مربوط به رفتار اشعه نور اضافه می‌شود که این پیش‌فرض‌ها از موردی که در اندازه‌گیری مسافت‌های بزرگ داشتیم، یعنی مورد خمیدگی نور، متفاوت است. در این‌جا با اثر تداخل به سبب مقیاس محدود ساختار نور مواجه هستیم. در اندازه‌گیری ابعاد کوچکی همانند ابعادی که با دستگاه گیج بلاک[1] اندازه گرفته می‌شود، باید از تمیز بودن بلوک‌ها مطمئن باشیم. در ابعادی پایین‌تر شرط سنگین‌تر می‌شود، چرا که باید مراقب لایه‌های رطوبت باشیم و باز در ابعاد پایین‌تر باید، لایه‌ی گاز را نیز از بین ببریم. به عبارت دیگر اندازه‌گیری باید در شرایط خلاء انجام شود. در اندازه‌گیری در این مقیاس به اینجا می‌رسیم که بگوییم در پیدا کردن عملیاتی که طول را تعریف کند، محدودیت‌های ذاتی داریم.

ز: در ابعادی که دیگر گیِج بلاک نمی‌تواند اندازه‌گیری کند، از میکروسکوپ استفاده می‌شود. در اینجا با محدودیت‌هایی مثل طول موج محدود نور مواجه خواهیم بود. بنابراین از طول موج‌های کوتاه‌تر باید استفاده شود. امّا طول موج را در نهایت تا طول موج اشعه X می‌توانیم کاهش دهیم. بریجمن می‌گوید:

> وقتی می‌گوییم فاصله بین اتم‌های یک کریستال ۳×۱۰^{-۸} است منظور چیست؟ آیا منظور این است اگر ۱.۳×۱۰^{۸} از این فاصله را روی هم بگذاریم، مقدار آن یک سانتی‌متر می‌شود؟[2]

او معتقد است که این نمی‌تواند معنای این مفهوم از طول باشد. معنای طولی به اندازه ۳×۱۰^{-۸}، عملیاتی است که این عدد را به ما داده است.

این فرض که این دسته از عملیات متفاوت، مربوط به مفهوم واحدی هستند، ریشه در دیدگاه باقی مانده از نیوتن دارد. همانطور که در نیوتن مفهوم زمان مستقل از اشیاء خارجی است، طول نیز اندازه فاصله‌هایی در فضای مطلق است که حتی اگر هیچ ماده‌ای وجود نداشت باز این فواصل موجود بودند. در دیدگاه پیش از اینشتاین معنای یک مفهوم، متناظر با چیزی است که اندازه‌گیری می‌شود. بریجمن می‌خواهد نشان دهد که فرض فیزیک‌دان

1. gauge block (Johansson gauge)
استاندارد اندازه‌گیری دقیقی برای طول است که در سال ۱۸۹۶ توسط کارل ای یوهانسون ابداع شد.
2. Bridgman, *The Nature of Physical Theory*, p.64.

www.SID.ir

Archive of SID

متفاوت از این است. هر مفهوم واحد تنها با یک عملیات واحد متناظر است؛ و هر عملیات نه به طور پیشینی، بلکه بر اساس نتایج بدست آمده از تجربه با هم یکسان هستند. بنابراین بهتر است برای هر عملیات اسم متفاوتی گذاشته شود. پیشنهاد بریجمن این است که هر عملیات متفاوت وابسته به یک مفهوم را با یک شناسه مشخص کنیم یعنی بگوییم «طول بساویدنی» یا «طول نوری».

خلاصه‌ی نتایج عملیات‌گرایی: نتایج بحث بریجمن و به طور کلی عملیات‌گرایی را می‌توان در چهار گروه خلاصه کرد:

الف: وقتی عملیات اندازه‌گیری یک کمیت تغییر می‌کند، همواره این احتمال وجود دارد که نتایج آزمایش ما با نتایج پیشین‌مان تفاوت کند. بنابراین شرط احتیاط این است که برای هر عملیات، اندازه‌گیری متفاوت که تاکنون مرتبط به یک مفهوم قلمداد می‌شد، اسمی متفاوت انتخاب کنیم. اگر امروز طول نوری و طول بساویدنی نتایجی یکسان می‌دهند، ممکن است به این علت باشد که به مرجع واحدی دلالت می‌کنند، ولی باید بدانیم که این تنها یک ادعای علمی است و نه یک ادعای پیشینی.

ب: وقتی مفاهیم علمی به حوزه‌های جدیدی که پیش از این برای آن تعریف نشده، وارد می‌شوند، هویت خود را از دست می‌دهند، با مفاهیم دیگر گره می‌خورند، و از تعدادشان کم می‌شود. مفاهیم در سر حدّات خود فردیتشان را از دست می‌دهند.

ج: معرفت علمی خصلتی نسبی دارد. این نسبی بودن به دو معنی است. در معنای کلی همه چیز نسبت به عملیات اندازه‌گیری و به تبع آن نسبت به ابزار اندازه‌گیری نسبی است. در معنای خاص به این معنی است که باید مفهوم مطلق را از علم بیرون بریزیم. یعنی مفاهیمی که تغییر نمی‌کنند با علم کاری ندارند. تنها حکم مطلق این است که مشاهده‌گرهای متفاوت در زمان‌های متفاوت مقدارهای یکسان از یک عملیات دریافت می‌کنند. همه مطلق بودنی که علم نیاز دارد این است.

د: نتیجه‌ی چهارم مربوط به سؤالاتی است که باید بی‌معنا محسوب شوند. سوالاتی که علی‌الاصول مجموعه عملیاتی برای آنها نداشته باشیم، بی‌معنا هستند. به عنوان مثال، این سوال که آیا همه کائنات با هم انبساط پیدا کرده‌اند.

www.SID.ir

Archive of SID

۳. انتقادات به بریجمن

انتقاد رابرت لیندسی به بریجمن: انتقاد لیندسی[1] ناظر به چگونگی نقش ریاضیات در فیزیک است. او می‌گوید، وقتی یک فیزیک‌دان نظریه‌ای می‌سازد، در نهایت به دنبال مجموعه‌ی معادلات ریاضیاتی است که نتیجه اندیشه‌اش را در بردارد. بر طبق دیدگاه مکتب عملیات‌گرایی فیزیک‌دانان فراموش می‌کنند مجموعه‌ای از عبارات زبانی که به هر نماد بکار رفته در این معادلات معنای عملیاتی می‌دهند ذکر کنند. در واقع عملیات‌گرا می‌گوید باید از پیش نشان داده شود چگونه با اندازه‌گیری، یک عدد را به یک نماد نسبت می‌دهیم.

از نظر لیندسی[2] چنین انتظاری باعث می‌شود طبیعت کارهایی که توسط فیزیک‌دانان در فیزیک انجام می‌شود را بد بفهمیم. فیزیک‌دان نظریه‌ای فیزیکی ارائه می‌کند تا حیطه‌ای خاص از پدیده‌ها را توصیف کند. روال فیزیک‌دان برای رسیدن به این هدف این است که از شهود خاصی که به مفاهیم مورد نیازش دارد شروع کند. او سپس با استفاده از روش اصل موضوعی[3] منطقاً از مفاهیم غیرقابل توصیف به ساختن مفاهیم دقیق‌تری می‌پردازد. برای مثال، در مکانیک ابتدا از فضا و زمان که غیر قابل تعریف هستند به مفاهیم انتزاعی پیچیده‌تر و دقیق‌تری مثل سرعت و شتاب می‌رسیم. طبق نظر لیندسی قبول این دیدگاه منکر آن نیست که مفاهیم از تجربه حاصل شوند و عملیات آزمایشگاهی خاص در اندازه‌گیری آنها بکار رود. اما در فیزیک همیشه عناصری اختیاری در ساختن مفاهیم نقش ایفا می‌کنند. فیزیک‌دانان مفاهیمی را که فکر می‌کنند بدردشان می‌خورد می‌سازند، هر چند این مفاهیم کاملاً با تجربه خام مترادف نباشند.

شهود و تخیل آزاد نقش زیادی در اینجا بازی می‌کند. وقتی این این‌گونه مفاهیم را داشته باشیم، و نمادهایی به آنها نسبت دهیم، آنگاه می‌توانیم فرایند ساخت نظریه را با فرض کردن روابطی ریاضیاتی که میان این نمادها برقرار است، ادامه دهیم. این روابط معمولاً به فرم معادلات دیفرانسیل نوشته می‌شوند، زیرا فیزیک‌دانان اصرار دارند که اصل موضوع‌های نظریاتشان را برای اجزای عنصری[4] تجربه بکار ببرند. این همان چیزی است که به عنوان اصل «تجرید به عناصر[5]» شناخته می‌شود[1]. از این معادلات دیفرانسیل با پروسه

1. Lindsay, "A Critique of Operationalism in Physics", p.458.
2. Ibid.
3. postulational method
4. elementary
5. elementary abstraction

www.SID.ir

Archive of SID

انتگرال‌گیری روابطی بدست می‌آید که نشان دهنده‌ی معادلات قابل اندازه‌گیری‌اند که آنها را «قانون» می‌نامیم.

در هر نظریه، میان اصول موضوعی که فرض می‌شوند و قوانینی که منطقاً از این اصول مشتق می‌شوند تفاوت وجود دارد. از آنجا که قوانین مشتق شده توصیف مستقیمی از پدیده‌ها هستند باید بر حسب کمیات مختلف با عملیات‌های آزمایشگاهی بدست آیند. امّا لزومی ندارد که این موضوع در مورد نمادهایی که در اصول فرض شده وجود دارند نیز درست باشد. به نظر می‌آید اصل دوم نیوتن در خدمت توصیف مفهوم نیرو وارد می‌شود. مفهوم نیرو حتی در تعبیرهای دیگری که از مکانیک کلاسیک وجود دارد، مثلاً در تعبیر دالامبر، که دینامیک را به استاتیک تقلیل می‌دهد، می‌تواند حذف شود. اما ما هنوز اعتقاد داریم که مفهوم نیرو در فیزیک کلاسیک مفید است. از سوی دیگر حتی در معادلاتی که شامل قوانین فیزیکی مشتق شده از اصول هستند نیز همه کمیات، قابل اندازه‌گیری نیستند. به عنوان مثال در قانون مربوط به سقوط آزاد اجسام، شتاب جاذبه زمین یا g مترادف با عملیات اندازه‌گیری نیست، بلکه ما فرمول $x=½gt^2$ را برای محاسبه آن بکار می‌بریم.[۲]

انتقادات کارل همپل به بریجمن: همپل به دیدگاهی که بریجمن مطرح کرده است ایرادهایی را وارد می‌داند.

الف: در درجه اول همپل، به رغم دیدگاه بریجمن، معتقد است نتایجی که از نسبت دادن پیشینی چند عملیات مختلف به یک مفهوم فیزیکی ناشی می‌شود چندان وخیم نیست. همان‌طور که گفته شد بریجمن معتقد است نسبت دادن چند عملیات مختلف به یک مفهوم باید بر اساس *قانونی تجربی* صورت می‌گیرد و نه بر اساس فرضی پیشینی. بنابراین بهتر است به هر عملیات متفاوت، مفهومی متفاوت نسبت دهیم. فایده لحاظ کردن این احتیاط این است که اگر در آینده شرایطی کشف کنیم که طی آن نتایجِ عددیِ بدست آمده از این دو عملیات یکسان نباشند، تنها قانون فرض شده در مورد یکسان بودن این مفاهیم را رها می‌کنیم، اما معنای مفاهیم هنوز یکسان باقی می‌مانند. همپل معتقد است حتی در صورت رعایت نکردن چنین احتیاطی با مشکلی جدی مواجه نخواهیم بود، چرا که اگر مشاهدات نشان داد که نتایج یکسانی برای دو عملیات وجود ندارد، تنها شرط سازگاری[۳] دو روش

1. Lindsay & Margenau, *Fundations of Physics.*
2. Lindsay, "A Critique of Operationalism in Physics", p.459.
3. requirement of consistency

www.SID.ir

Archive of SID

نقض می‌شود. بنابراین ما تنها از یکی از دو معیار عملیاتی برای یک مفهوم دست برمی‌داریم، یعنی در تعبیر عملیاتی آن تعدیل به عمل می‌آوریم، اما هم‌چنان از لفظ «طول» استفاده می‌کنیم.

ب: از سوی دیگر، به نظر همپل، پایبند بودن به اصل بریجمن برای دانشمند مشکل است. وقتی مجموعه‌ای از قوانین و مجموعه‌ای از اصول نظری در حوزه‌ای از تحقیق وجود داشته باشند، مفاهیم آن به نحوی با یکدیگر و با مفاهیمی که از پیش موجود بودند ارتباط می‌یابند. از این پیوندها ملاک‌های جدید عملیاتی بدست می‌آید. به عنوان مثال، با کشف اینکه دما در مقاومت الکتریکی یک هادی مؤثر است، می‌توانیم دماسنج مقاومتی بسازیم. با دانستن اینکه دمای گاز در فشار ثابت با حجم ارتباط دارد، می‌توانیم دماسنج گازی اختراع کنیم. یا مثلاً با دانستن اینکه ساختمان اجسام بسیار داغ را می‌توان با پرتوی نوری که از آن گسیل می‌شود اندازه گرفت، می‌تواند راهی دیگر برای اندازه‌گیری دما برای ما مهیا کند. راه‌های بسیار دیگری نیز برای اندازه‌گیری دما وجود دارد که پذیرش مکتب عملیات‌گرایی ما را ملزم می‌کند به ازای هر کدام از آن‌ها مفهومی داشته باشیم. به این ترتیب مفاهیمی مثل طول و دما و مفاهیم دیگر به مفاهیم نامحدودی تکثیر می‌شوند. همپل می‌گوید:

> نتیجه افزایش مفاهیم این است که به لحاظ عملی مهار آن از دست دانشمند بیرون می‌رود و به لحاظ نظری حدّی برای تعداد این مفاهیم نمی‌توان در نظر گرفت. این موضوع با هدف علم که دست یافتن به توضیحی منظم، ساده، و واحد برای پدیده‌های تجربی است منافات دارد.[۱]

ج: نظم‌بخشی علمی[۲] به این معنی است که با قوانین و اصول نظری بتوانیم میان وجوه مختلف جهان تجربی که در قالب مفاهیم علمی مشخص می‌شوند، رابطه برقرار کنیم. همپل قوانین و مفاهیم را به گرافی تشبیه می‌کند که مفاهیم رئوس گراف، و قوانین، یال‌های آن هستند. شأن نظم بخش برای مفهومی که یال‌های بیشتری به آن مرتبط شده بیشتر است. نظم‌بخشی مفاهیم علمی با تکثّر مفاهیم سازگار نیست. از سوی دیگر با ظهور تدریجی قوانین و نظریه‌های فیزیکی و با دقیق‌تر شدن این نظریه‌ها، غالباً نیاز است که در تعریف‌های عملیاتی اولیّه اصلاحاتی صورت گیرد. ممکن است قانون‌ها و نظریه‌ها بر داده‌هایی مبتنی باشند که آن داده‌ها از طریق تعریف‌های عملیاتی به دست آمده‌اند، اما این‌گونه قانون‌ها

---

۱. همپل، *فلسفه‌ی علوم طبیعی*، ص۱۱۶.

2. systematization

www.SID.ir

Archive of SID

ونظریه‌ها کاملاً از قالب این داده‌ها بیرون نمی‌آیند و ملاحظاتی مثل سادگی نظم بخش، در انتخاب فرضیه‌های علمی نقش مهمی ایفا می‌کند. تنها شرط لازم برای مفاهیم علمی، بر خلاف نظر عملیات‌گرایان، این نیست که مضمونی تجربی داشته باشد، بلکه نظم‌بخشی شرط لازم دیگری است به طوری که تعبیر تجربی مفاهیم را می‌توان تغییر داد تا قدرت نظم‌بخشی مفاهیم افزایش یابد. در تحقیق علمی مفهوم‌سازی و نظریه‌پردازی باید پا به پای هم پیش بروند.[۱]

نتیجه‌گیری

لیندسی نتایج مجموعه‌ای از عملیات را که فیزیک‌دان آنها را به یک عنصر واحد نسبت می‌دهد، مفهومی سنتزی می‌داند. از نظر او قدرت واقعی نمادگرایی در فیزیک، در این است که یک نماد برای یک مفهوم، سنتزی از نتایج بدست آمده از مجموعه‌ای عملیات باشد که ممکن است در ظاهر شبیه نباشند[۲]. چنین حکمی الزاماً با عملیات‌گرایی بریجمن متضاد نیست؛ چرا که می‌توان همراه با دیدگاه عملیات‌گرا، نیز با استفاده از قوانین تجربی، و به صورت تجربی و پسینی، مفاهیمی که تنها با یک عملیات منحصر به فرد مترادف هستند را به هسته‌ی واحدی نسبت داد.

نگرانی همپل در مورد دیدگاه بریجمن در بعضی از موارد بیش از حد اغراق‌آمیز به نظر می‌رسد. نتیجه این دیدگاه که برابری تعریف‌های عملیاتی را قانون‌های تجربی معین می‌کنند و نه فرضی پیشینی، الزاماً به انفجار مفاهیم منجر نمی‌شود. قوانین تجربی که مفاهیم متفاوت را به هسته واحدی نسبت می‌دهند، می‌توانند در مورد نظم‌بخشی و ... به همان خوبی عمل کنند که فرض‌های پیشینی ما در مورد مرتبط بودن عملیات مختلف با یک مفهوم. اگر تعاملی نیز میان مفاهیم و قوانین نظری دیگر اتفاق می‌افتد، اصل عملیات‌گرایی مانعی برای آن نیست، چرا که تعامل میان مفاهیم و تجربیات، در صورت پذیرش عملیات‌گرایی، می‌تواند میان قوانینی مرتبط با مفاهیم و قوانین نظری دیگر رخ دهد. اصرار بریجمن شاید تنها به این صورت قابل تعبیر باشد که به جای متوسل شدن به مفاهیم پیشاعلمی و نسبت دادن عملیات به این مفاهیم، از عملیات آغاز کنیم و با توّسل به قوانین به مفاهیم برسیم.

---

۱. همان، ص۱۱۹.

2. Lindsay & Margenau, *Fundations of Physics*, p.1956.

www.SID.ir

Archive of SID

لیندسی در مقاله‌اش در انتقاد از عملیات‌گرایی به موضوعی اشاره می‌کند[1] که به نحوی بازگو کننده انتقاد سوم همپل نیز هست. او می‌گوید که جداسازی مفاهیم به نحوی که مورد نظر عملیات‌گرایی است، هدف علم فیزیک را که بدست آوردن توصیفی اقتصادی و ساده با حداقل مفاهیم است، برآورده نمی‌کند. اما بریجمن صراحتاً این را از اهداف علم نمی‌داند. او می‌گوید ممکن است در آینده بتوانیم همه جهان را با یک فرمول توضیح دهیم. این امکان وجود دارد، هر چند این فرضی نیست که بتوانیم آن را به صورت یک فرض متافیزیکی که قابل تردید نیست قبول کنیم. این موضوع دانشی تجربی است و تصمیم در مورد آن باید با تجربه انجام پذیرد. در واقع بریجمن به فیزیک‌دانان این موضوع را یادآوری می‌کند که علم فیزیک، علمی تجربی و وابسته به آراء آزمایش است؛ و پذیرش هر حکمی به صورت پیشینی می‌تواند نتایج غیر منتظره (هر چند آن طور که همپل اصرار دارد نه چندان وخیم) داشته باشد. بریجمن تنها حکم پیشینی فیزیک را این می‌داند که مشاهده‌کننده‌های متفاوت وقتی عملیات خاصی را انجام می‌دهند به نتایج واحدی می‌رسند. اما از استدلالات خود بریجمن، این نتیجه حاصل می‌شود که باید انتظار داشت حتی آزمایش‌گران مختلف نیز وقتی آزمایش واحدی را انجام می‌دهند، نتایج متفاوت بگیرند. چرا که به گفته‌ی بریجمن از پیش نمی‌توان دانست که چه چیزهایی در یک آزمایش دخیل هستند. اما در مورد این حکم نیز، مانعی وجود ندارد تا آن را به نحوی حکمی پسینی بدانیم. حکمی که ممکن است روزی تجربه‌ها و آزمایش‌های متعدد دانشمندان، آن را نقض کند. اگر این حکم را نیز پسینی بدانیم به نظر می‌رسد به هدف مورد نظر بریجمن نزدیک‌تر شده‌ایم. ولو اینکه نقض شدن چنین قانونی نتیجه‌ای به واقع وخیم برای علم تجربی به همراه داشته باشد.

منابع

۱. اینشتاین، آلبرت، *نسبیت نظریه‌ی خصوصی و عمومی*، ترجمه‌ی محمدرضا خواجه پور، شرکت سهامی انتشارات خوارزمی،۱۳۶۲.

1. Lindsay, “A Critique of Operationalism in Physics”.

www.SID.ir

Archive of SID

۲. اینشتاین، آلبرت، *فیزیک و واقعیت*، ترجمه‌ی محمدرضا خواجه پور، شرکت سهامی انتشارات خوارزمی،۱۳۶۳.
۳. همپل، کارل، *فلسفه‌ی علوم طبیعی*، ترجمه‌ی حسین معصومی همدانی، مرکز نشر دانشگاهی، چاپ اول، ۱۳۶۹.

4. Bridgman, Percy W., *The Logic of Modern Physics*, The MacMillan Company, 1927.
5. Bridgman, Percy W., *The Nature of Physical Theory*, Princeton University Press, 1936.
6. Hempel, C., "A Logical Appraisal of Operationalim", in *Scientific Montly*, I, No. 79 (October 19, 1954), 215-20,1954.
7. Lindsay, R. B., "A Critique of Operationalism in Physics", Philosophy of Science, Vol. 4, No. 4, 1937.
8. Lindsay, R. B., Margenau H., *Foundations of Physics*, Dover publication inc., New York, 1956.

www.SID.ir