

دوئم و واقع‌گرایی علمی^۱

مریم قاسمی نراقی^۲

دانش‌آموخته کارشناسی ارشد فلسفه علم، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران، ایران.

چکیده

رویکرد دوئم به فیزیک، رویکردی نظام‌مند و ریاضی‌وار است که این امر بی‌تردید تا اندازه‌ی زیادی بر ماهیت تبیین فلسفی او از نظریه‌های علمی اثرگذار بوده است. به نظر دوئم هدف علم طبقه‌بندی طبیعی پدیده‌ها در یک چارچوب ریاضی مناسب است که بتواند روابط واقعی میان هستی‌مندهای غیرمشاهدتی را بدون آشکار ساختن آنها، مشخص کند. نظریه‌ها تنها جعبه‌هایی پر شده از ابزارهای طبقه‌بندی پدیده‌ها نیستند که مناسب امروز و نامناسب برای آینده باشند. مهم‌ترین ویژگی یک نظریه‌ی علمی توانایی پیش‌بینی پدیده‌ها و قوانین تجربی کشف نشده است اما آنچه در این پیش‌بینی بدیع تأثیر می‌گذارد، روابط بین هویت است و به لحاظ هستی‌شناختی نظریه‌های علمی تعهدی نسبت به هویت غیرمشاهدتی به‌بار نمی‌آورند. با توجه به این که دوئم یک مورخ علم است، با جستجو در آثار و آراء او نمی‌توان با صراحت و به وضوح نشان داد که درباره‌ی نظریه‌های علمی، دوئم یک واقع‌گرا است یا ابزارگرا. حتی برخی معتقدند او تلاش کرده است تا راهی بین ابزارگرایی و واقع‌گرایی بیابد. در این مقاله ابتدا آراء دوئم در خصوص هدف و ساختار نظریه فیزیکی بررسی می‌شود. سپس با بیان برخی نظرات موافق و مخالف با واقع‌گرا بودن دوئم، نشان می‌دهیم دیدگاه‌های او درباره‌ی نظریه‌های علمی تمایل بیشتری به واقع‌گرایی ساختاری دارد.

واژگان کلیدی: هدف و ساختار نظریه فیزیکی، طبقه‌بندی طبیعی، تاریخ علم، واقع‌گرایی، ابزارگرایی.

۱. تاریخ وصول: ۱۳۸۸/۸/۷ تاریخ تصویب: ۱۳۸۹/۱۲/۲۵

۲. پست الکترونیک: maryam.ghasemi@gmail.com

این مقاله برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد با عنوان "دوئم و واقع‌گرایی علمی" است که زیر نظر اساتید محترم آقایان دکتر شیخ‌رضایی و دکتر کرباسی‌زاده انجام شده است.

مقدمه

پیر موریس ماری دوئم در سال ۱۸۶۱ در شهر پاریس به دنیا آمد. در ۲۵ سالگی، در سال ۱۸۸۶، کتاب مهمی تحت عنوان *ترمودینامیک* منتشر کرد. در خلال دهه‌ی ۱۸۹۰ به تحقیق در خصوص تاریخ و فلسفه علم پرداخت. در ۱۸۹۴ طی انتشار مقاله‌ای برای نخستین بار ایده‌های خود را درباره‌ی آزمایش سرنوشت‌ساز مطرح کرد. در سال ۱۹۰۳ اولین کتاب خود در زمینه‌ی تاریخ فیزیک را منتشر کرد. در همین سال اقدام به انتشار مجموعه مقالاتی درباره‌ی تاریخ علم استاتیک کرد. تحقیقات وی در باب فیزیک قرون وسطی تلاشی برای اثبات این مطلب است که انقلاب علمی قرن‌های شانزده و هفده ریشه‌های عمیقی در آثار و پژوهش‌های علمای قرون وسطی نظیر بوریدان^۱، اورسم^۲ و دیگران داشته است. این تحقیقات تأثیر زیادی در تصحیح دیدگاه‌های نادرست درباره‌ی تاریخ علم داشت، دیدگاه‌هایی که به قرون وسطی به منزله‌ی دوران بحث‌های بی‌حاصل و عقیم می‌نگریست و آن را عاری از هر نوع اندیشه‌ی علمی می‌دانست.

دو گرایش تاریخی و ریاضی او را در کتابش درباره‌ی فلسفه‌ی علم که اکنون به عنوان یک اثر کلاسیک شناخته می‌شود، یعنی در *هدف و ساختار نظریه‌ی فیزیکی*، که در ۱۹۰۶ منتشر شد آشکارا می‌توان دید. در این کتاب و دو پیوست آن، دوئم علاوه بر تبیین فلسفه‌ی علم خود، به ارائه‌ی دیدگاه‌هایش درباره‌ی آموزش فیزیک می‌پردازد. به عقیده‌ی او، برای دانشمند دانستن تاریخ موضوع مورد بررسی‌اش بخشی اساسی از فعالیت علمی او محسوب می‌شود. اثر مهم دیگری از او در باب انرژی، در ۱۹۱۱، تحت عنوان *رساله‌ای درباره‌ی انرژی* منتشر شد. دوئم در سال ۱۹۱۶ در سن ۵۵ سالگی درگذشت.

تبیین دوئم از نظریه‌ی فیزیکی، با این پیش‌فرض آغاز می‌شود که توضیح، عبارت است از برهنه ساختن واقعیت از پدیدارهایی که آن را همانند تور احاطه کرده‌اند، تا خود واقعیت عریان دیده شود. اما واضح است که علم به مشاهده متکی است و مشاهده نمی‌تواند بیش از پدیدارها به ما نشان دهد و نمی‌تواند به واقعیت زیرین نفوذ کند. این واقعیت به حوزه‌ی متافیزیک تعلق دارد و فقط متافیزیک می‌تواند آن را تبیین کند. حالت آرمانی نظریه‌های علمی تنها حفظ پدیدارها برای عرضه به یک چارچوب اساساً ریاضی است که پدیده‌ها در آن جاسازی شوند. در این میان هستومندهای نظری نقش مهمی در علم ایفا می‌کنند، اما تاریخ

1. Buridan
2. Orseme

علم نشان می‌دهد که فرض‌های نظری/ توضیحی در دگرگونی‌های نظریه‌ها بدون استفاده می‌شوند تا حدی که در سیر تحولات نظریه‌ها، از بین خواهند رفت و فقط بخش توصیفی یا همان بخش بازنمایاننده‌ی نظریه‌ها باقی می‌ماند.

به نظر دوئم هیچ فرضیه‌ی علمی هرگز به‌تنهایی و مستقل از فرضیه‌های دیگر آزموده نمی‌شود و آزمون سرنوشت‌سازی در علم وجود ندارد. از دیدگاه او، فرضیه همواره بخشی از نظریه است و صرفاً برای به عمل آوردن پیش‌بینی‌هایی معین در کنار دیگر بخش‌های نظریه مذکور و شاید نظریه‌های دیگر به‌کار می‌آید. در صورت عدم وقوع پیش‌بینی مورد نظر از گروهی از فرضیه‌ها، منطق به‌تنهایی نمی‌تواند به دانشمند کمک کند از میان فرضیات چه فرضیه یا فرضیه‌هایی غلط هستند و کدامیک را باید تغییر دهد، بلکه راهنمای دانشمند برای تصمیم‌گیری درباره تغییر فرضیه‌ها شم خوب^۱ است.

اهمیت آرای دوئم در خصوص واقع‌گرایی علمی، در سیر تحولات فکری فلاسفه بعد از او، به‌ویژه در شکل‌گیری واقع‌گرایی ساختاری^۲ و فرااستقرای بدبینانه^۳ چشم‌گیر بوده است. لذا تحقیق در باب آراء دوئم علاوه بر اهمیت تاریخی، نقشی مهم در روشن شدن مباحث جاری فلسفه علم در حوزه واقع‌گرایی علمی خواهد داشت. در این مقاله ارتباط بین دیدگاه‌های دوئم و واقع‌گرایی علمی بررسی خواهد شد و سعی بر آن است با تکیه بر آراء و بیان فلسفه‌ی علم دوئم و ذکر دیدگاه‌های له و علیه واقع‌گرایی علمی، استدلال کنیم راه میانه‌ای که وی بین ابزارگرایی و واقع‌گرایی اتخاذ کرده است تمایل بیشتری به واقع‌گرایی ساختاری دارد.

۱. هدف نظریه‌ی فیزیکی چیست؟

برای این پرسش که هدف یک نظریه‌ی فیزیکی چیست، دو پاسخ مختلف وجود دارد. برخی معتقدند هدف یک نظریه‌ی فیزیکی توضیح قوانین تجربی مربوط به آن نظریه است. اما بسیاری از اندیشمندان بر این باورند که یک نظریه‌ی فیزیکی دستگاهی است انتزاعی که هدف آن خلاصه کردن و طبقه‌بندی منطقی دسته‌ای از قوانین تجربی، بدون توضیح سازوکارهای علی پشت این قوانین است.

1. good sense
2. structural realism
3. the pessimistic metainduction

به نظر دوئم توضیح دادن، برهنه کردن واقعیت از پوشش نمودهای ظاهری به منظور مشاهده‌ی واقعیت عریان و بدون پوشش است. در چنین وضعیتی اگر هدف فیزیک توضیح قوانین پدیداری مربوط به آن باشد، تا وقتی که تمام ظواهر محسوس برای به چنگ انداختن واقعیت فیزیکی کنار نرفته باشد، به هدفش نرسیده است. این امر مستلزم پاسخ دادن به این پرسش است که ماهیت و سرشت اجزایی که واقعیت مادی را تشکیل می‌دهند چیست؟ و اساساً آیا واقعیت مادی متمایز از ظواهر محسوس وجود دارد؟

برای پاسخ دادن به این پرسش‌ها باید از روش‌های استفاده شده در فیزیک فراتر رویم و وارد حوزه‌ی متافیزیک شویم. دوئم معتقد است: «اگر هدف نظریه‌های فیزیکی توضیح قوانین پدیداری است، فیزیک نظری یک علم مستقل نیست و ذیل متافیزیک است.»^۱ در نتیجه ارزش یک نظریه فیزیکی وابسته به نظام متافیزیکی است که شخص انتخاب می‌کند. به نظر دوئم طی قرون گذشته، نظام‌های فکری متفاوتی در حوزه‌های مختلف متافیزیکی ظهور کردند که هر کدام جدای از یکدیگر و حتی مخالف همدیگر بوده‌اند. اگر فیزیک نظری ذیل متافیزیک در نظر گرفته شود، دسته‌بندی‌های مجزای نظام‌های متافیزیکی به دامنه‌ی فیزیک تسری می‌یابند. در این صورت یک نظریه‌ی متافیزیکی که مقبول گروهی است که به متافیزیک خاصی گرایش دارند، با عدم مقبولیت از جانب فرقه‌ای دیگر که به متافیزیکی متفاوت با آن وابستگی دارند، روبرو خواهد شد.

دوئم معتقد است اگر یک نظریه مطابق با ادعاهای متافیزیکی فرقه‌ی خاصی بنا شده باشد، برای توضیح یک پدیده‌ی فیزیکی به قوانینی نیاز داریم که این نظام متافیزیکی نمی‌تواند آن‌ها را در اختیار ما قرار دهد، زیرا هیچ نظام متافیزیکی دستورالعمل دقیق و با جزئیات کافی برای تمام اجزاء یک نظریه فیزیکی ندارد. درحقیقت دستورالعمل‌هایی که مطابق با آموزه‌های متافیزیکی خاصی باشد درباره‌ی سرشت واقعی هستارها اظهارات دقیقی ارائه نمی‌دهند و در بیشتر موارد این اظهارات با اظهارات آموزه‌های متافیزیکی دیگر به شدت مغایرت دارند. پس هیچ نظام متافیزیکی برای ایجاد یک نظریه فیزیکی مناسب نیست.

1. Duhem, "Physics and Metaphysics", p.10.

۲. نظریه‌ی فیزیکی و طبقه‌بندی طبیعی

مطابق آراء دوئم بدون درنظر گرفتن نظریه‌ی فیزیکی به منزله‌ی توضیح قوانین پدیداری، می‌توان هدفی برای نظریه‌ی فیزیکی درنظر گرفت که موجب استقلال آن از متافیزیک گردد، همچنین می‌توان روشی اتخاذ کرد که برای ساخت یک نظریه‌ی فیزیکی به‌قدر کافی کفایت داشته باشد. دوئم ادعا می‌کند که هدف یک نظریه‌ی فیزیکی، طبقه‌بندی طبیعی و سازمان‌دهی قوانین تجربی است. یک نظریه علاوه بر خلاصه کردن قوانین تجربی، این قوانین را طبقه‌بندی نیز می‌کند. به نظر او این طبقه‌بندی، صرفاً یک طبقه‌بندی مصنوعی و بدون ارتباط با حقایق واقعی نیست، بلکه یک طبقه‌بندی طبیعی است.

دوئم معتقد است نظریه‌ها دستگاه‌های کاملاً مصنوعی نیستند، بلکه یک طبقه‌بندی طبیعی هستند. نظریه‌ها توانایی به‌چنگ انداختن واقعیت‌های جهان خارج را دارند و قوانین تجربی را در قالب دسته‌بندی‌هایی ارائه می‌کنند که بازنمایاننده‌ی واقعیت‌های جهان خارج هستند، اما این نظریه‌ها هیچ‌گونه ادعایی برای توضیح واقعیت‌های پنهان پشت پدیدارها ندارند. این در حالی است که هر یک از این قوانین پدیداری، انعکاس یک حکم هستی‌شناسانه هستند و نظریه به سمت یک طبقه‌بندی طبیعی پیش می‌رود. پدیده‌های جهان خارج به‌طور طبیعی در دسته‌بندی‌هایی قرار دارند که وظیفه‌ی یک نظریه، یافتن این طبقه‌بندی و سازمان‌دهی قوانین تجربی به شکلی است که بازنمایاننده‌ی این طبقه‌بندی طبیعی باشد.^۱

مطابق نظر دوئم، هدف نظریه‌ی فیزیکی، توضیح نیست، بلکه ارائه‌ی نظامی از گزاره‌های ریاضی است که از تعداد محدودی اصول استنتاج می‌شوند و هدف آن است که تا حد امکان، مجموعه‌ای از قوانین تجربی را به شکل ساده، کامل و دقیق ارائه کنیم. چهار مرحله‌ی زیر را دوئم به عنوان مراحل ساخت یک نظریه معرفی می‌کند:

۱- تعریف و اندازه‌گیری مقادیر فیزیکی: از میان خصوصیات فیزیکی، خصوصیات ساده را انتخاب می‌کنیم. سپس به کمک روش‌های اندازه‌گیری مناسب، این خصوصیات را با علائم ریاضی، اعداد و مقادیر معین بیان می‌کنیم.

1. Ibid, pp.26-27.

۲- انتخاب فرضیه‌ها: کمیت‌های معرفی شده به وسیله‌ی یک سری گزاره به همدیگر مربوط می‌شوند. گزاره‌های محدودی که همانند اصولی در استنتاج‌های ما به کار می‌روند. این اصول، فرضیه‌های ما هستند.

۳- توسعه‌ی ریاضی نظریه: فرضیه‌های یک نظریه، مطابق قوانین آنالیز ریاضی و شرایط منطق جبری به یکدیگر متصل می‌شوند.

۴- مقایسه‌ی نظریه با تجربه: نتایج مختلفی که از فرضیه‌ها به دست می‌آید، به احکامی که در برگیرنده‌ی خصوصیات فیزیکی اجسام هستند، ترجمه می‌شوند. این احکام با قوانین تجربی، که نظریه قصد بازنمایی کردن آنها را دارد، مقایسه می‌شوند، اگر این احکام موافق قوانین تجربی باشند، نظریه خوب است و به هدفش رسیده است، در غیر این صورت نظریه‌ی بدی است که یا باید اصلاح و یا رد شود.^۱

۳. نظریه از آزمایش پیشی می‌گیرد

نظریه‌ها با فشرده و خلاصه کردن قوانین تجربی و رسیدن به اصول کمتری که قدرت استنتاج قوانین بیشتری را دارند، نه تنها برای اقتصاد ذهنی مناسب هستند، بلکه با طبقه‌بندی کردن قوانین، استفاده از آنها را آسان‌تر و مطمئن‌تر می‌سازند و نظم خاصی را بر روی کل قوانین، حاکم می‌کنند. ویژگی که این طبقه‌بندی دارد این است که یک طبقه‌بندی طبیعی است، به نحوی که روابط واقعی بین پدیده‌ها را بیان می‌کند. اما مهم‌ترین و بارزترین ویژگی یک نظریه، قدرت پیش‌بینی پدیده‌ها و قوانین تجربی‌ای است که هنوز کشف و مشاهده نشده‌اند.

به نظر دوئم زمانی که نظریه پیش‌بینی جدیدی می‌کند، باید آزمایش‌هایی طراحی شوند تا این پیش‌بینی ارزیابی شود. اگر آزمایش پیش‌بینی‌های نظریه را تأیید کرد، نظریه تقویت می‌شود، به این معنا که اطمینان بیشتری حاصل می‌شود که روابط میان مفاهیم انتزاعی در نظریه، منطبق با روابط واقعی بین پدیده‌ها هستند، همچنین دامنه‌ی استفاده از نظریه گسترده‌تر می‌شود. اگر آزمایش پیش‌بینی‌های جدید را تأیید نکرد، یا آن پیش‌بینی اصلاح می‌شود و یا به طور کامل رد می‌شود.^۲

1. Ibid, pp.21.

2. Ibid, p.28.

به‌طور مثال، دوئم به استفاده از فرمول‌های پیچیده‌ی شیمیایی، به عنوان نمادهایی برای طبقه‌بندی ترکیبات مختلف مواد شیمیایی اشاره می‌کند. طبقه‌بندی که از طریق این فرمول‌ها پیشنهاد می‌شود، یک طبقه‌بندی مصنوعی نیست بلکه یک طبقه‌بندی طبیعی است، زیرا روابط بین ترکیبات شیمیایی که از طریق این فرمول‌ها بیان می‌شود با روابط واقعی میان ترکیبات شیمیایی مواد، مطابقت دارد. حال اگر یک نظریه به کمک این فرمول‌ها ترکیبات جدیدی را پیش‌بینی کند، تنها به کمک آزمایش است که می‌توان درستی این پیش‌بینی را ارزیابی کرد.

با توجه به آراء دوئم در این بخش، می‌توان چنین نتیجه گرفت که به نظر او روابط موجود بین هستومندها بر خود آنها تقدّم دارند زیرا به نظر او همین قدر که یک نظریه بتواند خصوصیات فیزیکی این هویات را به کمک علائم ریاضی بازنمایی کند، بدون این که توضیحی درخصوص ماهیت درونی این هویات بدهد، کافی است. ربط این علائم ریاضی صرفاً نمادی است و هر هستومندی که بتواند ساختار ریاضی نظریه را حفظ کند می‌تواند در یک طبقه قرار گیرد. پس از این که نظریه‌ها به بلوغ رسیدند به طبقه‌بندی طبیعی نزدیک می‌شوند و از دل آن‌ها مجموعه پیش‌بینی‌هایی بدست می‌آید که فقط باید آن‌ها را با طبیعت و واقعیت تطبیق داد. از نظر دوئم آنچه حائز اهمیت است درک روابط بین طبقه‌بندی‌های طبیعی است.^۱

۴. نظریه‌های بازنمایاننده و تاریخ فیزیک

دوئم در بخش دیگری از اظهاراتش ادعا می‌کند تنها واقعیت‌های تجربی هستند که یا صادقاند و یا کاذب. قوانین فیزیکی روابط نمادی هستند که نه صادقاند و نه کاذب: در معنای واقعی کلمه تقریباً^۲ هستند. به همین دلیل هر قانون فیزیکی موقتی^۳ و نسبی^۴ است. از سوی دیگر به نظر دوئم هستومندهای نظری موجود در نظریه‌های علمی نقش مهمی در علم دارند تا جایی که در بسیاری از مواقع مشاهدات نیز نظریه‌بار تلقی می‌شوند. با توجه به این مطلب چگونه می‌توان هویات نظری را کنار گذاشت و ادعا کرد کار علم توضیح

1. Ibid, pp.23-26.

2. approximation

3. provisional

4. relative

سازوکارهای علی پشت پدیده‌ها نیست؟ اگر هدف نظریه طبقه‌بندی دسته‌ای از پدیده‌ها است، آیا مطمئن‌ترین راه برای رسیدن به این هدف، بررسی حقایق پنهان پشت پدیده‌ها نیست؟ آیا بهتر نیست به‌جای آن که قوانین تجربی را در یک دستگاه منطقی متراکم کنیم، تصویر هستی‌شناسانه‌ای ارائه دهیم که این قوانین را توضیح دهد؟^۱

پاسخ دوئم به این پرسش‌ها از طریق توسل به تاریخ فیزیک و بررسی سیر پیشرفت نظریه‌های فیزیکی در درون تاریخ این علم است. با مراجعه به تاریخ فیزیک و تحلیل نظریه‌هایی که براساس توضیح پدیدارهای محسوس ساخته شده‌اند، دوئم معتقد است این نظریه‌ها از دو بخش کاملاً مجزاً تشکیل شده‌اند، یکی بخش توصیفی یا بازنمودی، که قوانین را طبقه‌بندی می‌کند، دیگری بخش توضیحی، که سازوکارهای علی پشت پدیده‌ها را بیان می‌کند. بعید است که بخش توضیحی دلیلی برای وجود بخش توصیفی باشد. بخش توضیحی طفیلی بخش توصیفی است و وارث سازوکارهای کاملاً صوری شده است. نظریه مدیون قدرت بخش توضیحی نیست. تمام آنچه برای نظریه مفید است، اعم از طبقه‌بندی طبیعی و قدرت پیش‌بینی، هر دو در بخش توصیفی نظریه قرار دارد و هر آنچه نادرست و دارای تناقض است، در بخش توضیحی قرار می‌گیرد.^۲

به نظر دوئم زمانی که پیشرفت فیزیک تجربی با یک نظریه در تضاد قرار می‌گیرد و نظریه را وادار به اصلاح یا تغییر می‌کند، صرفاً بخش بازنمودی در نظریه‌ی جدید حفظ می‌شود و تمام دارایی‌های با ارزش نظریه‌ی قدیمی به نظریه‌ی جدید منتقل می‌شود و بخش توضیحی از بین رفته و جا را برای توضیح دیگری باز می‌کند. به این ترتیب سهم طبقه‌بندی طبیعی از هر نظریه به نظریه‌ی بعدی منتقل می‌شود، لذا به واسطه‌ی این سنت پیوسته، پیشرفت علم تا ابد ادامه خواهد داشت، اما به علت گسستگی توضیح‌ها، این پیوستگی قابل رؤیت نیست.

به طور مثال توضیح دکارت از پدیده‌های نوری و بازنمایی او از قوانین مختلف شکست نور، که بوسیله گاسندی و نیوتن مورد حمایت قرار گرفت، منجر به ارائه‌ی نظریه‌هایی شد که هیچ شباهتی به نظریه‌ی دکارتی نداشت تا جایی که نظریه بعد با نظریه‌ی قبلی کاملاً ناسازگار از آب درآمد و زمانی که رومر، اخترشناس دانمارکی نشان داد نور در فضا با سرعت

1. Ibid, p.31.

2. Ibid, p.32.

محدود و قابل اندازه‌گیری منتشر می‌شود، توضیح دکارتی از پدیده‌های نوری به‌طور کلی از بین رفت.

۵. کل‌گرایی و شَمّ خوب

دوئم با انتشار مقالاتی در دهه‌ی ۱۸۹۰ تز کل‌گرایانه‌ای را شرح می‌دهد که مطابق آن، هر آزمون تجربی چندین فرضیه‌ی فیزیکی را درگیر می‌کند و هیچ فرضیه‌ی علمی هرگز به تنهایی و مستقل از فرضیه‌های دیگر آزموده نمی‌شود. دوئم با استفاده از چنین تز کل‌گرایانه‌ای استدلال می‌کند در فیزیک آزمون سرنوشت‌ساز وجود ندارد. همچنین با کمک این تز روش استقرایی و قراردادگرایی را مورد انتقاد قرار می‌دهد.

مطابق تز کل‌گرایی دوئم، اگر دانشمندی از تعدادی فرضیه مانند h_1, h_2, \dots, h_n نتیجه‌ی O را استنتاج کرده باشد و سپس آزمایش و یا مشاهده، نشان دهد که O باطل است، می‌توان این نتیجه را به‌دست آورد که حداقل یکی از فرضیه‌های h_1, h_2, \dots, h_n باطل است. اما کدام فرضیه یا فرضیه‌ها غلط است؟ به نظر دوئم تا آن جا که فقط منطق مدنظر باشد، گزینش میان فرضیه‌های مختلف کاملاً آزاد است. او معتقد است راهنمای دانشمند برای تصمیم‌گیری درباره‌ی تغییر فرضیه‌ها "شَمّ خوب" دانشمند است. منطق محض تنها قاعده‌ی ممکن برای احکام ما نیست، برخی نظرها هستند که در تیررس اصل تناقض قرار نمی‌گیرند، اما کاملاً نامعقولند. این انگیزه‌ها را که از منطق سرچشمه نمی‌گیرند ولی گزینش‌های ما را جهت می‌دهند، این "ادله‌ی بی دلیل" را که با "اذهان نکته سنج" سخن می‌گویند، نه با "اذهان هندسی" به درستی می‌توان شَمّ خوب نام کرد.^۱

دوئم دو دانشمند را فرض می‌کند که وقتی با نقض تجربی گروهی از فرضیه‌ها مواجه می‌شوند، دو راه مختلف در پیش می‌گیرند. یک دانشمند نظریه‌ای بنیادی در گروه را تغییر می‌دهد و دیگری برخی از فرضیه‌های کمکی را. به لحاظ منطقی هر دو راه ممکن است و تنها شَمّ خوب است که به ما کمک می‌کند بین دو دانشمند حکم کنیم. در مجادله‌ی بین نظریه‌ی ذره‌ای نور و نظریه‌ی موجی نور، بیو^۲ مرتب فرضیه‌های کمکی را تغییر می‌داد و به آنها می‌افزود تا از نظریه‌ی ذره‌ای دفاع کند، در حالی که فرنل^۳ دائماً آزمایش‌های جدیدی ابداع می‌کرد که به سود نظریه‌ی موجی بودند. اما سرانجام مجادله خاتمه یافت:

1. Ibid, p.217.

2. Biot

3. Fresnel

«پس از آن که آزمایش مزبور نشان داد که نور در هوا سریع‌تر از آب حرکت می‌کند، بیو دیگر از فرضیه‌ی گسیل دفاع نکرد. فقط منطقی او را مجبور نمی‌کرد دست از آن فرضیه بکشد، چون آزمایش فوکو^۱ آن آزمایش سرنوشت‌سازی نبود که آراگو فکر می‌کرد، اما اگر بیو بیش از این در برابر نورشناسی موجی، مقاومت می‌کرد، نشان می‌داد که فاقد شم خوب است.»^۲

با این که تعریف دقیقی از مفهوم شم خوب در دسترس نیست اما با توجه به آراء دوئم می‌توان نتیجه گرفت که شم خوب در اثر مطالعه‌ی تاریخ علم حاصل می‌شود. به نظر می‌رسد دوئم دانشی را اتخاذ می‌کند که وابسته به مزایای عقلی و ذهنی دانشمندان است. «برای سنجش نظریه‌ی فیزیکی با واقعیت‌ها، ریاضی‌دان خوب و آزمایش‌گر ماهر بودن کافی نیست، علاوه بر آن باید یک قضاوت بی‌طرف و ایمان نیز وجود داشته باشد.»^۳

۶. دوئم: واقع‌گرا یا ابزارگرا

ابزارگرایی در عام‌ترین معنای آن، نوعی دیدگاه ضد واقع‌گرایانه نسبت به نظریه‌های علمی است که مطابق آن، نظریه‌ها را باید به عنوان ابزارهای مفیدی برای سازماندهی، طبقه‌بندی و پیش‌بینی پدیده‌های مشاهده‌پذیر در نظر گرفت. ارزش نظریه‌های علمی به‌طور کامل با آنچه نظریه‌ها درباره‌ی جهان مشاهده‌پذیر می‌گویند بیان می‌گردد و برخلاف دیدگاه‌های واقع‌گرا، گزاره‌های نظری، نامزدی برای صدق یا ارجاع نیستند و نظریه‌ها هیچ‌گونه تعهد هستی‌شناسانه ندارند.

گروهی معتقدند حاصل دیدگاه دوئم درباره‌ی نظریه‌های علمی، به ابزارگرایی منتهی می‌شود: هدف از نظریه‌های علمی چیزی جز تنظیم تجربه نیست، بنابراین می‌توانیم بگوییم درباره‌ی صدق یا کذب، یا صدق تقریبی نظریه‌های علمی چیزی نمی‌دانیم. این نظریه‌ها تنها می‌توانند ما را قادر سازند که پدیده‌ها را پیش‌بینی و کنترل کنیم. باید نظریه‌های علمی را، بی‌آن‌که باور کنیم، بپذیریم و برای یک نظریه همین بس که کفایت تجربی داشته باشد. به تعبیر دیگر، همه‌ی آنچه از یک نظریه‌ی علمی می‌توان انتظار داشت صرفاً عبارت است از نجات پدیده‌ها.

1. Foucault

2. Ibid, p.218.

3. Ibid.

نقطه مقابل ابزارگرایی، دیدگاه واقع‌گرایانه نسبت به نظریه‌های علمی است. مطابق این دیدگاه نظریه‌ها جهان را آن‌گونه که واقعاً هست توصیف می‌کنند یا چنین هدفی دارند. هدف علم نزد واقع‌گرایان توصیف صادق یا تقریباً صادق بودن از چگونگی وضع جهان است. نظریه‌ای که چهره‌ای از جهان و چگونگی رفتارش را به طور صحیح، یا تقریباً صحیح وصف کند صادق است.

در این جا ما به نوعی واقع‌گرایی رقیق شده، تحت عنوان واقع‌گرایی ساختاری، که توسط جان ورال^۱ ارائه شده است، اشاره می‌کنیم. پیش از ورال، لائودن^۲ در تزی با عنوان فرااستقرای بدبینانه^۳ با توجه به تاریخ علم، استدلالی علیه واقع‌گرایی علمی طرح می‌کند که مطابق آن تاریخ علم گورستان نظریه‌هایی است که زمانی دارای موفقیت تجربی بوده‌اند و درست به نظر می‌رسیدند، در حالی که اکنون، به‌عنوان نظریه‌های کاذب در نظر گرفته می‌شوند. این نادرستی یا به سازوکارها و ساختارهای نهایی که این نظریه‌ها به عالم نسبت می‌دادند برمی‌گردد و یا هستومندهای نظری که در آن نظریه‌ها وجود داشته است، ارجاع دهنده نیستند. این واقعیت می‌تواند مبنای یک فرا استقرا قرار گیرد و منجر به این نتیجه شود که نظریه‌های فعلی ما به احتمال زیاد نادرست هستند.

ورال با استفاده از تز واقع‌گرایی ساختاری می‌کوشد تا پاسخی به تز فرااستقرای بدبینانه دهد و نوعی موافقت بین دو تز مخالف، واقع‌گرایی و ابزارگرایی ایجاد کند. ورال معتقد است بسیاری از بخش‌های نظریه از جمله تعهدات هستی‌شناختی، با رشد علم از بین رفته است، اما آنچه باقی مانده است، ساختار یا صورت‌بندی ریاضی نظریه‌ها است، که این ساختار در مقابل محتوای نظری قرار می‌گیرد.

معمولاً هنگامی که یک نظریه فیزیکی ابطال می‌شود، بسیاری از قوانین در نظریه‌های بعدی، یا به‌طور کامل یا به‌طور حدی حفظ می‌شوند. ساختار نظریه حفظ می‌شود، اما محتوای آن تفاوت می‌کند. به این معنا که یک سری داربست‌های ریاضی بسته به این که چگونه آن را تفسیر کنیم، باقی می‌مانند. به‌طور مثال مفهوم جرم در نظریه نیوتن و نظریه نسبیت متفاوت است، اما شکل ریاضی نظریه نیوتن، به‌صورت حدی، از دل نظریه نسبیت بیرون می‌آید. ورال معتقد است ساختارها، متعلق واقع‌گرایی هستند. اما از طرف دیگر

1. Worrall, J.
2. Laudan
3. the pessimistic metainduction

می‌پذیرد که هر آن‌چه در نظریه وجود دارد، ضرورتاً بازتاب واقعیت نیست. آن‌چه واقعی است، جزو ساختار نظریه محسوب می‌شود و از یک نظریه به نظریه‌ی بعد منتقل می‌شود. به‌طور مثال ورال به پیوستگی ساختار نظری، بین نظریه فرنل و ماکسول اشاره می‌کند و معتقد است صورت‌بندی ریاضی بین این دو نظریه مشترک است، اما تعهدات هستی‌شناختی در هر یک متفاوت است.

در تز ابزارگرایی، ساختار ریاضی نظریه‌ها بازنمایاننده‌ی جهان خارج نیست، آنچه واقعی و مهم است پدیده‌ها هستند. اما سازوکارهای طبقه‌بندی این پدیده‌ها، اهمیت نداشته و حالت ابزارگونه دارد. در صورتی که مطابق واقع‌گرایی ساختاری، ساختار ریاضی نظریه‌های علمی، بازنمایاننده‌ی ساختار جهان است و محتوای شناختی یک نظریه همان ساختار آن است.

ابزارگرایی نحوی به دو شکل حذف‌گرا و غیرحذف‌گرا وجود دارد. بر اساس ابزارگرایی غیرحذفی که گروهی معتقدند مرتبط با آراء دوئم است، لازم نیست که وجود واقعیتی مشاهده‌ناپذیر را ورای پدیدارها فرض کنیم و علم برای آن‌که کار خود را به نحو موقفی انجام دهد، ضرورتی ندارد هدف خود را توصیف چنین واقعیت مشاهده‌ناپذیری قرار دهد. مطابق این دیدگاه لازم نیست فرض کنیم گفتمان نظری بازنمایاننده‌ی هستی‌موندهای عمیق‌تری در جهان است و اساساً در قبال این‌که پشت پدیده‌ها، واقعیت عمیق‌تری وجود دارد یا نه، ابزارگرایی غیرحذفی موضع لادری دارد. اما ابزارگرایی حذف‌گرا، دیدگاه قوی‌تری را مطرح می‌کند و آن این‌که نظریه‌ها نباید در صدد بازنمایی چیزی عمیق‌تر از تجربه باشند چرا که نهایتاً چیزی عمیق‌تر از تجربه، یعنی یک واقعیت مشاهده‌ناپذیر، وجود ندارد که نظریه‌ها آن را بازنمایی کنند.

آن‌چنان‌که ذکر شد مطابق نظر دوئم، هدف علم مرتب کردن و طبقه‌بندی پدیده‌ها در یک چارچوب ریاضی است، اما توضیح این‌که پدیده‌ها با چه سازوکارهای علی‌پنهانی رخ می‌دهند، خارج از حوزه‌ی فیزیک و در حوزه‌ی متافیزیک است. کار علم دادن یک طبقه‌بندی جامع است، یعنی زمانی که چندین دستگاه ریاضی وجود داشته باشند که بتوانند یک سری از پدیده‌ها را جاسازی کنند، دانشمندان دستگاهی را انتخاب می‌کنند که جامع‌ترین طبقه‌بندی را انجام دهد. دوئم معتقد است تنها درخصوص صدق و کذب واقعیت‌های تجربی می‌توان سخن گفت و فرضیه‌های نظری ارزش صدق ندارند، آنها نه

صادق‌اند و نه کاذب، بلکه فقط مناسب یا نامناسب هستند. با توجه به این اظهارات دوئم، عده‌ای او را در زمره‌ی ابزارگرایان تلقی می‌کنند.

همان‌گونه که در بخش چهارم این مقاله ذکر شد دوئم معتقد است نظریه‌ها متشکل از دو بخش هستند، بخش توصیفی یا طبقه‌بندی یا قسمت بازنمودی، که وظیفه‌اش حفظ پدیده‌ها است و معمولاً این قسمت یک ساختار ریاضی است. بخش دوم، بخش توضیحی است که سازوکارهای پشت پدیده‌ها را توضیح می‌دهد، این بخش معین می‌کند که نمادهایی که در بخش توصیفی و یا در واقع نمادهایی که در ساختار ریاضی قرار دارند، به چه چیزهایی در جهان خارج دلالت می‌کنند. بخش توضیحی طفیلی بخش توصیفی است و اولویت با بخش توصیفی یک نظریه است. این ایده، ایده‌ی اصلی تز واقع‌گرایی ساختاری است که به آن اشاره شد. اما به نظر دوئم تمام آن‌چه برای نظریه مفید است، اعم از طبقه‌بندی طبیعی و قدرت پیش‌بینی، هر دو در بخش توصیفی نظریه قرار دارد و تاریخ علم نشان می‌دهد در سیر پیشرفت نظریه‌های علمی، صرفاً بخش بازنمودی از نظریه‌ی قبل به نظریه‌ی بعدی منتقل شده است و ساختار ریاضی ثابت باقی مانده، اما بخش توضیحی از بین رفته و توضیح دیگری جایگزین توضیح قبلی شده است. لذا گفتمان نظری حذف نمی‌شود، اما تعهد هستی‌شناختی نیز ایجاد نمی‌کند. علاوه بر این دوئم نقدهای مهمی از ابزارگرایی می‌کند:

۱- ابزارگرایی مخالف شهود علمی است، نظریه‌ها صرفاً ابزارهای فهرست‌نویسی داده‌های گردآوری شده از طریق آزمایش‌ها و تجربه نیستند. بلکه هدف آنها بالا بردن فهم ما نسبت به جهان است. نظریه‌ها علاوه بر طبقه‌بندی کردن واقعیت‌ها در یک چارچوب ریاضی مناسب، فهم ما از جهان خارج را بالا می‌برند.^۱

اندرو لاگ^۲، آناستاسیوس برنر^۳ و میلنا ایوانووا^۴ هر کدام در مقالات جداگانه‌ای به این نظر دوئم اشاره می‌کنند که نظریه فیزیکی نمی‌تواند واقعیت غیرمشاهدتی را آشکار کند، اما می‌تواند به ما چیزهایی درباره‌ی جهان بیاموزد، زیرا نظریه کامل‌تر می‌شود و روابط بیشتری از داده‌های مشاهدتی متناظر با روابط واقعی بین واقعیت‌ها را برقرار می‌کند. از آنجا که نظریه فیزیکی یک بازنمایاننده است و نه یک توضیح، حتی در انتهای علم نیز نه ماهیت

1. Ibid, p.334.

2. Andrew Lugg

3. Anastasios A. Brenner

4. Milena Ivanova

هستومندهای غیرمشاهدتی آشکار خواهد شد و نه علت‌های پدیده‌ها. با این حال، نظریه فیزیکی روابط واقعی میان هستومندهای غیرمشاهدتی را بدون این که خود آن هستومندها را آشکار کند، مشخص می‌کند. لذا لاگ، برنر و ایوانووا معتقد به جانب‌داری دوئم از نوعی واقع‌گرایی درخصوص نظریه‌های علمی هستند.

همچنین ایوانووا به این موضوع اشاره می‌کند که دوئم معتقد است با توئل به شمّ خوب، می‌کوشیم نظریه‌هایی را توسعه دهیم که باعث طبقه‌بندی طبیعی هر چه بیشتر قوانین تجربی شوند. یعنی نظریه‌ها همیشه قصد دارند روابط واقعی در طبیعت را هر چه بیشتر و بیشتر منعکس کنند. اما ایوانووا معتقد است که دوئم بر این نکته تأکید می‌کند که تنها با استفاده از تاریخ علم، می‌توان به این نتیجه رسید که علم رشد می‌کند و هر نظریه‌ی جدید بر روی نظریه‌های دیگری که پیش از این وجود داشته‌اند، بنا می‌شود. این دیدگاه دوئم معروف به نظریه‌ی پیوستگی تاریخی است. به نظر ایوانووا نظریه شمّ خوب منجر به پیوستگی تاریخی نظریه‌های علمی می‌شود، که این امر به نفع نوعی واقع‌گرایی در آراء دوئم است.^۱

روبرتو مایوچی^۲ در مقاله‌ای با عنوان هدف و ساختار نظریه‌ی فیزیکی پیر دوئم: کتابی علیه قراردادگرایی، با توجه به تز پیوستگی تاریخی دوئم، بیان می‌کند این تز بخشی از معرفت‌شناسی اوست که نتیجه‌ی بسیار مهمی دارد: اگر در سال ۱۸۹۲، دوئم بر ملاک‌های منطقی از جمله سادگی تکیه می‌کرد، نمی‌توانست از نسخه‌ای ابزارگرایانه برای علم اجتناب کند، اما اکنون با استفاده از تز پیوستگی تاریخی او می‌تواند از چشم‌اندازی واقع‌گرایانه و معرفتی درخصوص سازمان علمی حمایت کند.^۳

۲- اگر وظیفه نظریه‌های علمی صرفاً طبقه‌بندی داده‌ها باشد، توضیح این که چرا و چگونه نظریه‌ها پیش‌بینی بدیع دارند، بسیار دشوار خواهد بود. اگر یک نظریه فقط جعبه‌ای پر شده از ابزارها باشد، درک این مطلب که چگونه یک نظریه می‌تواند بنا به گفته دوئم برای ما یک پیامبر باشد نیز دشوار است، اما اگر اصول یک نظریه روابط بین چیزها را عمیق و واقعی بیان کند، دیگر پیش‌بینی‌های بدیع یک نظریه، مورد تردید قرار نخواهند گرفت. لاگ معتقد

1. Ivanova, M., *Pierre Duhem's Consept of Good Sense*, pp.5-7.

2. Roberto Maiocchi

3. Maiocchi, R., *Pierre Duhem's The Aim and Structure of Physical Theory : A Book Against Conventionalism*, p.389.

است به نظر دوئم اکثر نظریه‌های علمی خوب، علاوه بر اینکه پدیده‌های مشاهده‌ای را طبقه‌بندی می‌کنند، به شکل یک طبقه‌بندی طبیعی، پیش‌بینی‌های بدیع نیز دارند، لذا باید نظریه‌های علمی چیزی فراتر از ابزارهایی برای طبقه‌بندی پدیده‌ها باشند.

لاگ برای تبیین این موضوع به نقل قولی از دوئم اشاره می‌کند:

سخت‌ترین آزمونی که می‌توانیم به آن تن دهیم برای آن که طبقه‌بندی، طبیعی است این است که بپرسیم آیا پیشرفت چیزهایی را که تنها در آینده آشکار می‌شود نشان می‌دهد؟ و هنگامی که آزمایش طراحی شد و پیش‌بینی‌های بدست آمده از نظریه‌ی ما را تأیید کرد، احساس می‌کنیم که این اعتقاد در ما تقویت شده است که روابط برقرار شده‌ی بین مفاهیم انتزاعی توسط استدلال ما، به درستی با روابط بین چیزها مطابقت دارد.^۱

۳- اگر نظریه‌ها فقط ابزارهایی برای طبقه‌بندی / نظام‌مند کردن قوانین تجربی هستند، چرا دانشمندان می‌کوشند آن‌ها را در یک طرح نظری، متحد کرده و نظام کلی و همسانی عرضه کنند که تمام پدیده‌ها بتوانند در آن جاسازی شوند؟ لاگ، برنر، ایوانووا و سیلوس همگی معتقدند به نظر دوئم ابزارگرایی مخالف وحدت نظریه‌ها بین دانشمندان است. اگر قسمتی از علم را یک نظریه به خوبی طبقه‌بندی کند، قسمت دیگری را نظریه‌ی دیگری به خوبی طبقه‌بندی کند و ... دیگر دانشمندان نباید به دنبال نظریه واحدی باشند تا بتواند همه پدیده‌ها را به خوبی طبقه‌بندی کند.

هر چند دوئم نقدهایی به ابزارگرایی کلاسیک وارد کرده است اما نمی‌توان او را در زمره‌ی واقع‌گرایان علمی قرار داد. ارنان مک‌مولین^۲ در ابزارگرا نبودن دوئم با لاگ موافق است اما بر خلاف لاگ که موافق نوعی واقع‌گرایی در کارهای دوئم است، مک‌مولین معتقد است در کارهای دوئم درخصوص ماهیت علم نوعی دوسوگرایی وجود دارد. به نظر او دوئم کاملاً به‌طور عمد تلاش کرده است تا راه میانه‌ای بین دو موضع واقع‌گرایی و قراردادی‌گرایی ایجاد کند.

مک‌مولین به نقل از آرتور فاین می‌گوید: دوئم درخصوص نظریه‌های فیزیکی نه واقع‌گرا بود و نه شکاک. او حالتی انعطاف‌پذیر بین این دو موضع داشت. فاین معتقد است دوئم برای یافتن راهی میانی بین واقع‌گرایی و ابزارگرایی، تعریفی از نظریه‌ی فیزیکی پیشنهاد می‌کند که به او اجازه می‌دهد چنین نتیجه بگیرد که: آنچه در آموزه‌های فیزیکی ماندنی است

1. Duhem, 1954, p.28.

2. Ernan McMullin

تلاشی منطقی برای طبقه‌بندی طبیعی قوانین استنتاج شده از تعدادی اصل است و آنچه از بین‌رفتنی و بی‌حاصل است تلاش برای توضیح این اصل‌ها جهت الحاق آن‌ها به فرض‌هایی در خصوص واقعیت‌های پنهان پشت پدیده‌های ملموس است.^۱

نتیجه‌گیری

دوئم بارها بر این نکته تأکید کرده است که نظریه‌های فیزیکی را نباید تنها به منزله‌ی طبقه‌بندی‌های اقتصادی در نظر گرفت. نظریه‌های فیزیکی علاوه بر طبقه‌بندی قوانین تجربی، اطلاعاتی در خصوص ماهیت و سرشت جهان در اختیار ما قرار می‌دهند. این موضع او نشان می‌دهد که دوئم تفاوت بین طبقه‌بندی طبیعی و مصنوعی را درک کرده است. به نظر او نظریه فیزیکی صرفاً یک دستگاه مصنوعی نیست که مناسب امروز و برای فردا غیرقابل استفاده باشد. بعلاوه هدف نظریه فیزیکی ارائه یک طبقه‌بندی طبیعی، برای برقراری هماهنگی منطقی بین قوانین تجربی است، که این نظم منطقی باید منطبق با نظم واقعی جهان باشد.

تصویر دوئم از علم، منطبق با فرآیند خودبسنده‌ای^۲ است که در آن طبقه‌بندی‌های بهتر، جایگزین طبقه‌بندی‌های قدیمی می‌شوند. به نظر او فیزیکدانان طبقه‌بندی‌های بیشتر بازنمایاننده و کمتر توضیحی را جایگزین طبقه‌بندی‌های تا حدی بازنمایاننده و تا حدی توضیحی می‌کنند. دوئم معتقد است تقریباً کل بخش بازنمایاننده از یک نظریه به نظریه جدید منتقل می‌شود و بخش توضیحی برای توضیح دیگری کنار گذاشته می‌شود و بنابر سنت پیوستگی، هر نظریه به سمت نظریه‌ی بعدی پیش می‌رود و سهمی از طبقه‌بندی طبیعی را به عهده می‌گیرد.

نتیجه آن که با توجه به تز واقع‌گرایی ساختاری مبنی بر این که ساختار و روابط ریاضی موجود در نظریه‌ها، از یک نظریه به نظریه‌ی بعد منتقل می‌شود و نظریه‌ها با همدیگر پیوستگی ساختاری دارند، اما تعهدات هستی‌شناختی در هر یک از نظریه‌ها با یکدیگر متفاوت است، می‌توان چنین نتیجه گرفت که دیدگاه‌های دوئم در خصوص هدف و ساختار نظریه‌های فیزیکی به تز واقع‌گرایی ساختاری نزدیک‌تر است.

1. McMullin, E., *Comment: Duhem's Middle Way*, p.422.

2. Self-sufficient

منابع

۱. رنان، کالین ا.، *تاریخ علم کمبریج*، ترجمه‌ی حسن افشار، چ ۵، تهران، انتشارات نشر مرکز، ۱۳۸۵.
۲. گیلیس، دانالد، *فلسفه علم در قرن بیستم*، ترجمه‌ی حسن میان‌داری، چ ۱، تهران، انتشارات سمت، ۱۳۸۱.
۳. لازی، جان، *درآمدی تاریخی به فلسفه‌ی علم*، ترجمه‌ی علی پایا، چ ۳، تهران، انتشارات سمت، ۱۳۸۵.
4. Brenner, Anastasios A., *Holism a Century Ago: The Elaboration of Duhem's Thesis*, Kluwer Academic Publisher. Printed in the Netherland, 1990.
5. Crowe, Michael J., *Pierre Duhem, the History and Philosophy of Physics and the Teaching of Physics*, Birkhäuser Verlag, Basel, 1999.
6. Duhem, P., "Physics and Metaphysics". In R.Ariew and P.Barker (eds) *Pierre Duhem: Essays in the History and Philosophy of Science*, Indianapolis: Hackett (1996)
7. -----, *The Aim and Structure of Physical Theory*, English translation by Philip P.Wiener of the 2nd French edn of 1914, Atheneum, 1962. French edn, Vrin, 1989.
8. -----, *Physics of a Believer*, Reprinted as an appendix to Duhem, 1904-1905.
9. -----, *To save the Phenomena*, English translation with an introductory essay by Stanley L.Jaki, University of Chicago, 1969.
10. -----, *The Value of Science*, Reprinted as an appendix to Duhem, 1904-1905.
11. Ivanova, M., *Pierr Duhem's Consept of Good Sense*, Published in *Studies in the History and Philosophy of Science*, Volume 41, Issue 1, March 2010, pp. 58-64
12. Ladyman, J., *what Is Structural Realism?*, *Studies in History and Philosophy of Science*, 1998, pp. 409-424.
13. Lugg, A., *Pierre Duhem's Conception of Natural Classification*, Kluwer Academic Publisher. Printed in the Netherland, 1990.
14. Maiocchi, R., *Pierre Duhem's the Aim and Structure of Physical Theory: a Book against Conventionalism*, Kluwer Academic Publisher. Printed in the Netherland, 1990.
15. McMullin, E., *Comment: Duhem's Middle Way*, Kluwer Academic Publisher, Printed in the Netherland, 1990.

16. Psillos, S., *Scientific Realism: How Science Tracks Truth*, First published 1999 by Routledge.
17. Worrall, J., *Structural Realism: The Best of Both Worlds?*, Dialectica, 1989.