

# بررسی تأثیر آرای ارسطو در باب حرکت

علیرضا منصوری\*

اشاره

در این مقاله هدف این است که از رهگذر یک مطالعه موردی (case study)، یعنی بررسی تأثیر دیدگاه‌های ارسطو در زمینه حرکت، بر علم جدید، و ارزیابی ظرفیت‌های آن در پرتو دستاوردهای علم جدید، تزقیاس‌ناپذیری کامل نظریه‌ها مورد نقد قرار گیرد. در ارتباط با بحث مذکور به دیدگاه‌های بدیع ابن سینا و ملاصدرا در مقایسه با ارسطو نیز اشاراتی می‌شود. واژگان کلیدی: حرکت، ارسطو، قیاس‌ناپذیری، اصل ماخ.

\*\*\*

مقدمه

براساس دیدگاهی که بر شقاق و تفاوت ماهوی علم قدیم و جدید تأکید دارد، یک ناپیوستگی عمیق بین علم جدید و قدیم وجود دارد که گاه از آن به قیاس‌ناپذیری تعبیر می‌شود، یا اینکه «ناپیوستگی» مذکور نتیجه آن قیاس‌ناپذیری تلقی می‌شود. در هر حال از اغلب توسل به این ناپیوستگی و قیاس‌ناپذیری بهانه و دستاویزی شده است که با آن هر نظریه قدیمی را غیرقابل فهم و بکلی بی‌ربط به نظریه‌های جدید تلقی کنند. قائلین به این دیدگاه، مخالفان خود را که معتقد به پیوستگی علم جدید و قدیم هستند متهم به

---

\*. پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی

تاریخ‌نگاری ویگی و پوزیتیویستی می‌کنند. هر چند حکایت تاریخ‌نگاری ویگی، حکایت طنزآلودی است، زیرا فراوان دیده می‌شود همان کسانی که پوزیتیویست‌ها را متهم به تاریخ‌نگاری ویگی می‌کنند، خود به نحوی به آن دچارند!<sup>۱</sup>

طنز دیگر قضیه اینجا است که چنین دیدگاهی، یعنی ناپیوستگی علم قدیم و جدید، از جانب دو گروهی ترویج می‌شود که اهداف فلسفی مقابل یکدیگر دارند. یکی آن دسته که علم‌گرایی را با شدت تبلیغ می‌کند تا به پشتوانه تفاوت ماهوی مذکور بین علم قدیم و جدید، به تخفیف اندیشه‌های قبل از رنسانس، و تمجید دستاوردهای علم جدید پردازد.<sup>۲</sup> دسته دوم از قضا جریانی است که برای علم به عنوان یک فعالیت عقلانی، ارزشی قائل نیست و معتقد است اساساً مفهوم «پیشرفت»، بی‌معنی است چرا که قیاس‌ناپذیری کامل نظریه‌ها مانع از مقایسه نظریه‌های قدیم و جدید است.<sup>۳</sup> به این ترتیب، نظریات قدیم همان قدر صادق‌اند که نظریات جدید.

تبین‌های هر دو گروه در درجه اول مبتنی بر فرض یک ناپیوستگی عمیق در سیر تحول علم است که این ناپیوستگی در دو دیدگاه به دو منظور متفاوت به کار گرفته می‌شود. اما چنین تلقی و تصویری از علم هم از جهات تاریخی و هم از زاویه فلسفی مورد مناقشه قرار گرفته است. از یک جهت مورخان علم سعی کرده‌اند پیوستگی علم را از جهات محتوایی و روش‌شناختی بین قرون میانه و رنسانس نشان دهند، و از جهت دیگر فلاسفه علم قیاس‌ناپذیری کامل نظریه‌ها را مورد نقدهای فلسفی قرار داده‌اند. همراستا با بحث فوق هدف من در این مقاله این است که به‌عنوان یک مطالعه موردی به بررسی تأثیر و ارزیابی ظرفیت دیدگاه ارسطویی برای علم جدید پردازیم تا از رهگذر آن تأکیدی بر نامقبول بودن گسست و قیاس‌ناپذیری کامل نظریه‌ها داشته باشیم.

ارسطو به این جهت انتخاب شده است که تأثیر وی بر حکمای اسلامی و متفکران قرون میانه غیر قابل انکار است. برخی از متفکران جهان اسلام خطوط کلی حکمت طبیعی ارسطو را پذیرفتند و به درجات مختلف از آن تبعیت کردند. این دسته از متفکران به حکمای مشائی معروف‌اند. در عین حال برخی دیگر از متفکران اسلامی نیز مثل رازی و بیرونی نقدهایی را به افکار ارسطوئیان وارد می‌دانستند و برخی دیگر نیز روش‌های

استقرائی - تحلیلی و استدلالی ارسطو را برای شناخت جهان کافی ندانستند و همچون سهروردی به مشرب‌های اشراقی گراییدند. از حکمای اسلامی که نامشان بیشتر با مکتب مشاء قرین است، کندی، فارابی، ابن‌سینا، و ابن‌رشد است. البته همان‌طور که گفته شد تأثیر ارسطو بر این متفکران به درجات مختلف بود. مثلاً تأثیر ارسطو بر فارابی بیشتر در زمینه حکمت طبیعی بود، در حالی که در زمینه حکمت اولی، فارابی عناصری از فلسفه نوافلاطونی و معارف شرقی را با سنت مشاء در هم می‌آمیزد. ابن‌سینا نیز در طبیعیات هر چند به شدت تحت تأثیر ارسطو بود ولی برخی نظریات بدیعی مثل نظریه «میل» را در همان زمینه ارسطویی طرح کرد، و در آثار حکمة‌المشرقیین و حی‌ابن‌یقضان عناصری از مشرب افلاطونی را در دیدگاه‌های فلسفی خود وارد کرد، اما به ابن‌رشد که می‌رسیم با یک نظام کاملاً ناب ارسطویی مواجه می‌شویم. با این مقدمه در بخش‌های بعد به مؤلفه‌های تأثیرگذار دیدگاه ارسطو در باب حرکت، می‌پردازیم.

### اهمیت حرکت نزد ارسطو

گاهی گفته می‌شود که دیدگاه‌های ارسطو سیر پیشرفت و تحول علم دینامیک را کند کرد. اما این اظهارنظر دقیقی نیست. هر چند دیدگاه ارسطویی ظرفیت محدودی داشت با وجود این برخی جنبه‌های تأثیرگذار برای علم دینامیک را از خود بر جای گذاشت. برای بیان میراث و دستاوردهای ارسطو برای علم نوین ما خود را محدود به دیدگاه ارسطو درباره حرکت می‌کنیم، هر چند در مواردی مجبور خواهیم شد که به نظرات وی درباره مکان و زمان نیز اشاره کنیم. البته در این میان بر مواردی تأکید خواهیم داشت که در ایجاد یک پیوستگی هر چند اجمالی برای سیر تحول علم مفید واقع شود.

غیر از اینکه قدرت ارسطو در نظام‌سازی یکی از میراث‌های مهم فلسفی وی است، توجه خاص ارسطو به حرکت از جمله مواردی است که می‌توان آن را زمینه ساز تلاش‌هایی دانست که در نهایت منجر به علم دینامیک شد. کرومبی در تاریخ تحلیلی خود از علم بر این نکته تأکید دارد که دانشمندان فیزیک قرن هفدهم به تصادف اهمیت ویژه‌ای برای تحقیق درباره حرکت به صورتی متمایز از جنبه‌های دیگر طبیعت قائل نشدند، بلکه

در این کار متأثر و دنباله‌رو ارسطو و ارسطوئیان قرون میانه بودند. البته آنها وجه تجربی حرکت را جدی‌تر گرفتند و با ترکیب آن با ریاضیات، به عنوان وجه برجسته رویکرد نوافلاطونی، به تحلیل‌های خود غنا بخشیدند. (کرومبی ۱۹۶۹: ۱۳۶، ۱۳۷)

در فلسفه افلاطون و اتم‌گرایان تبیین همه چیز با تحویل آن به ترتیب، تعداد و شکل قرار گرفتن اتم‌ها توضیح داده می‌شد. خود اتم‌ها یکسان بودند و تفاوت‌های ذاتی با یکدیگر نداشتند. در واقع مقایسه اتم‌گرایی باستان و اتم‌گرایی نیوتن روشن می‌کند که، این دو از این جهات باهم تفاوتی نداشتند، بلکه تفاوت رویکرد نیوتن با اتم‌گرایان باستان، در واقع همان تفاوت اساسی ارسطو با آنها بود؛ یعنی توجه خاص به حرکت. یعنی در حالی که نزد افلاطون و اتم‌گرایان حرکت شأنی ثانوی داشت و توجهی به تحلیل آن نمی‌شد، برای ارسطو، حرکت شأنی اولی داشت و بسیاری از پدیده‌ها بر اساس آن توضیح داده می‌شد؛ نه برعکس. از این نظر همین توجه ارسطو به حرکت را می‌توان نقطه عطفی در پیدایش علم دینامیک دانست. در واقع در نظام ارسطویی بحث حرکت چنان محوری است که بسیاری دیگر از مؤلفه‌های دیگر نظام ارسطویی، مثل روش‌شناسی وی، تبیین ثقل، تقسیم عالم به فسادپذیر و فسادناپذیر و ... در ارتباط با آن معنا پیدا می‌کند و توضیح داده می‌شود. در اینجا سعی می‌کنیم برخی از این مؤلفه‌ها را در ارتباط با بحث حرکت و تأثیر آن در علم جدید توضیح دهیم.

### اهمیت روش‌شناختی

ارسطو از پذیرفتن عقیده وابسته بودن اشیای محسوس که افلاطون مطرح ساخت امتناع داشت، و برای آنها وجود مستقل و قائم به ذات قائل بود، زیرا بنا بر نظریه او این اشیاء جهان واقعی را پدید می‌آوردند. گذشته از این در دیدگاه ارسطویی آن نشانه‌ها و آثاری که به یک شیء صفت و خاصیت آن را می‌بخشد، وجود قبلی و مجزایی در عالم صور و مثل ندارد، بلکه متعلق به خود آن شیء است.

از طرفی تصمیم بر اینکه واقعیت را در اشیای محسوس و مادی بدانیم، و این ادعا که واقعیات اولیه، افراد عینی هستند، واجد ملزومات معرفت‌شناختی بود. از آنجا که دانش و

معرفت حقیقی فقط بر امور واقعی حقیقی تعلق می‌گیرد، از این رو، در حالی که توجه افلاطون به صورت‌های مثالی و ابدی بود که از طریق عقل یا تفکر فلسفی قابل شناخت بودند، برعکس نظریه مابعدالطبیعی ارسطو درباره افراد عینی، معرفت‌شناسی وی را به سوی عالم اعیان و طبیعت و عالم متغیر سوق می‌داد؛ یعنی اینکه باید آنها را در عالم محسوس جستجو کنیم. توجه به این نکته مهم است که ارسطو نیز مانند افلاطون در پی رسیدن به مفهوم کلی است، اما برخلاف استاد خود، استدلال می‌کند که برای رسیدن به کلی باید از افراد جزئی شروع کرد و وقتی به تعریف کلی نائل آمدیم می‌توانیم آن را در مقدمه استدلال قیاسی قرار دهیم. بنابراین علم یا شناخت، از طریق فرایندی که با تجربه شروع می‌شود؛ هر چند در زمینه ارسطویی معنای تجربه چندان فراخ است که عقاید عرفی، یا اخبار شاهدان غایب را نیز شامل می‌شود. به این معنی دانش امری تجربی است. البته آنچه از طریق استقراء فرا می‌گیریم، به معرفت حقیقی نمی‌رسد مگر اینکه به صورت استنتاجی در آید. به این ترتیب، ثمرات توجه وی به رویکرد تجربه‌گرایانه، در مقابل افلاطون، برای علم جدید غیرقابل انکار است. البته باید اذعان کرد که در عمل، این طور نبود که خود ارسطو همواره مطابق دستورات روش‌شناسی مختار خود پیروی کند؛ چنانکه دانشمندان جدید نیز در فعالیت علمی خود از یک روش‌شناسی مدون و از پیش تعریف شده، استفاده نمی‌کنند. غیر از این، اگر آزمایش تجربی را به معنای ایجاد یک فرایند طبیعی، تحت شرایط مقید و کنترل شده آزمایشگاه در نظر بگیریم، در این صورت این مفهوم در نظام ارسطویی ترکیبی متناقض می‌شد، چرا که اگر فرایندی «طبیعی» باشد، چرا باید آن را «ایجاد» کرد! (Torretti 1999:3)

ارسطو از رهگذر نقدهایی که به اتمیست‌ها در خصوص حرکت در خلأ و تبیین ثقل وارد کرد مسئله نسبی و مطلق بودن را در چارچوب طبیعیات وارد ساخت و در واقع پیشرو اصل روش‌شناختی ماخ بود. وی معتقد بود در خلأ، حرکت یا سکون امکان‌پذیر نیست و امکان ندارد که هیچ حرکتی اعم از مستدیر، قسری و غیره در خلأ صورت پذیرد. در خلأیی که در همه جهات یکسان هست، تصور حرکت معنا ندارد. مبدأ، انتها و جهت از لوازم حرکت است که اموری نسبی هستند که در خلأ معنای محصلی پیدا نمی‌کنند، زیرا چپ و راست و بالا و پایین روابطی نسبی هستند که فی‌نفسه و بطور ذاتی شناخته

نمی‌شوند. این آموزه روش‌شناختی رابطه‌گرایانهٔ ارسطو بعدها از طرف کسانی مثل بارکلی، لایبنیتز و ماخ در نقد فضا و زمان مطلق نیوتنی به کار گرفته شد و شکل کامل آن از طرف اینشتین به «اصل ماخ» مبنی بر اینکه خواص ماندی (یا اینرسیال) مادهٔ موضعی، با توزیع کل مادهٔ موجود در جهان معین می‌شود، شهرت یافت. (Barbour 2001: 2, 3, 77, 78) شباهت با اصل ماخ وقتی مضاف می‌گردد که به توضیح ارسطو در مورد سقوط اجسام به زمین و توضیحات وی در مورد ثقل توجه کنیم.

### تبیین ثقل

ارسطو برای پدیدهٔ جاذبه و ثقل اجسام توضیحی بر اساس نظریهٔ «حیز طبیعی» ارائه داد. او و پیروان مشائیش معتقد بودند که اگر قوهٔ جاذبه‌ای در جهان وجود داشته باشد آن قوه یقیناً با جایگاه طبیعی اجسام مربوط است. بنابراین ارسطو بر این باور بود که گرانی یا ثقل یک تمایل ذاتی است و متعلق به طبع و شکل جسم و حرکات طبیعی ناشی از تأثیر همین قوهٔ ذاتی بود. بر اساس این دیدگاه قوهٔ جاذبه تأثیری نبود که از یک جسم به جسم دیگر منتقل شود، بلکه کیفیتی بود که در هر جسمی وجود داشت و قابل انتقال به اجسام دیگر نبود و لذا برخلاف دیدگاه نیوتنی تأثیر از دور منتفی بود.

به نظر ارسطو یکی از تأثیرات قوهٔ ثقل در سرعت اجسام ساقط‌شونده ظاهر می‌شد. وی عقیده داشت هر قدر جسم سنگین‌تر باشد سرعت سقوطش بیشتر است. البته در زمان ارسطو و حتی پیش از آن نظریه‌هایی مخالف نظریهٔ ارسطویی وجود داشت. مثلاً اتمیست‌ها معتقد بودند که اجسام با اوزان مختلف در خلأ دارای سرعت مساویند و تفاوت سرعت سقوط اجسام در ملاء خاص، مثلاً در هوا، ناشی از تفاوت مقاومت هواست که به گونه‌ای متناسب با وزن آنها در برابر سقوطشان ابراز می‌گردد. بدیهی است که ارسطو به دلیل نفی وجود خلأ نمی‌توانست چنین نظری را بپذیرد. در قرن ششم میلادی نیز متفکری نوافلاطونی با نام جان فیلوپونوس دیدگاه اتم‌گرایان را در مقابل ارسطو به این نحو تقریر و بیان کرد که هر جسم در خلأ با سرعتی معین و محدود که مرتبط با وزن آن است حرکت می‌کند، در حالیکه سرعت محدود جسم در هوا به نسبت مقاومت هوا در برابر حرکتش

کاهش می‌یابد. بنابراین سرعت سقوط اجسام در هوا متناسب با مقدار وزنشان نیست. ارسطو تأکید داشت که این حرکت و سقوط باید به مکان معینی باشد. همه حرکات طبیعی دارای جهت معینی، یا غایتی هستند. این غایت، نه تنها جهت حرکت را معین می‌کند، بلکه مولد اثری نیز هست. این بیان ارسطو نه تنها مستلزم یک آموزه روش‌شناختی یا معرفت‌شناختی است مبنی بر اینکه فضای تهی و بلامرجح، ترجیحی برای حرکت ایجاد نمی‌کند، بلکه متضمن یک ایده فیزیکی است که بر مبنای آن این مکان‌های غایی واجد تأثیری علی هستند که به عنوان مراکز جذب عمل می‌کنند. ارسطو در کتاب درباره آسمان، به طور خلاصه، امکان تبیین مکانیکی جاذبه را بر اساس تأثیر نیروهای جاذبه یا دافعه اجسام مطرح کرده بود، ولی بر اساس این تصور کلی که حرکات سنگینی و سبکی، حرکت یک ماهیت به طرف مکان طبیعی خود است، این امکان را رد کرد. تلقی مفاهیم سنگینی و سبکی به صورت کیفیات ذاتی که سبب حرکت است، در قرن سیزدهم شکل متعارفی یافت، تا جایی که بعضی از نویسندگان قرن چهاردهم مکان طبیعی را همچون یک علت فاعلی برای گرانش می‌دانستند. (کرومبی ۱۹۶۹: ۴۸، ۴۹) در نظام ارسطویی دو مکان متمایز برای حرکات وجود داشت، یکی مرکز جهان که مکان زمین بود، و دیگری مکان اثر که فلک اقصا بود. البته شباهت این ایده با ماخ کامل نبود، چون آن توان جذب در خود مکان‌ها بود، نه در ماده‌ای که آن مکان‌ها را اشغال می‌کنند، در حالی که ماخ، اجرام جهان را واجد نوعی نیروی جاذبه می‌دانست.

### چهاربعدی بودن و مفهوم رویداد

هر چند ریاضیات نزد افلاطون نقش برجسته‌ای نسبت به ارسطو داشت، اما یک تفاوت مهم وی با ارسطو این بود که وی به سه بعد اکتفا کرد. در مقابل، ارسطو در تحلیل‌های خود با در نظر گرفتن چهار بعد به جای سه بعد، و وابستگی زمان به حرکت، قدم دیگری در جهت پی‌ریزی مبانی دینامیک برداشت، هر چند ایراد کار وی این بود که تحلیل‌های وی محدود به تحلیل‌های کیفی می‌شد.

در نظر گرفتن زمان به عنوان یک امتداد<sup>۴</sup> نزد ارسطو موجب می‌شد که یک قرابت و

شباهت ساختاری بین زمان و خط ایجاد شود و این به نمایش امروز خط در محور زمان مختصات بسیار نزدیک است.<sup>۵</sup> به خصوص اگر تأکید صدرا بر سیال بودن این امتداد<sup>۶</sup> را در نظر بگیریم، خواهیم دید چگونه بر اساس آن به نفع حرکت قطعی استدلال می‌کند، و به این شکل در هم‌تنیدگی ماده و حرکت و زمان در نظام صدرایی تکمیل می‌شود. از یک سو هر چند صدرا برای جسم و ماده اصالت قائل است، ولی بر خلاف مشائیان این اصالت نزد او، اصالتی پویا است، به این معنا که ماده دارای شخصیتی بالنده است که از هر لحاظ با حرکت همراه است. ضمناً برخلاف مشائین که زمان را ظرف وجودی اشیا می‌دانستند، اجزاء زمان را عین وجود می‌دانست به طوری که دو مفهوم زمان و حرکت عین یکدیگرند. به عقیده وی زمان و مکان زاید بر جسم نیستند، و همه باهم متحد می‌باشند. همان طور که دو جسم در یک مکان جمع نمی‌شوند، زمان هر جسمی نیز مختص به همان جسم است. به این ترتیب صدرا زمان را از مشخصات جسم به شمار می‌آورد و آن را در کنار ابعاد سه‌گانه قرار می‌دهد. به این ترتیب صدرا یک قدم به مفهوم رویداد در فیزیک جدید نزدیک می‌شود. این مسأله با تحلیل مفهوم جسم ساکن نزد صدرا و مقایسه آن با دیدگاه ارسطویی روشن تر می‌شود.

نزد صدرا شیء در حالت سکون هم حرکت دارد؛ این از یک جهت شبیه چیزی است که متکلمان می‌گویند یعنی اینکه شیء حتی وقتی ساکن است اکوان متعددی پیدا می‌کند و از این جهت متفاوت است که از نظر فلاسفه، و صدرا، اکوان متعدد نداریم بلکه یک کون واحد مستمر دارد، به این ترتیب یک کون واحد قار داریم. این نتیجه در نظر گرفتن حرکت جوهری و زمان ذاتی برای شیء است. در واقع «... سکون، حقیقتی یک بعدی است که بعد زمانی دارد، ولی بعد مسافتی ندارد. علت اینکه سکون بعد دارد این است که خودش نوعی از حرکت است، ولی حرکت شیء است در جای خودش و از این رو، زمان دارد... شیء چون در جای خودش حرکت دارد بر زمان منطبق می‌شود و الاً صرف یک قرار بدون زمان سکون نیست». (مطهری، مجموعه آثار: ۳۵۵-۳۵۶) پذیرش تحلیل فوق بسیار به این ایده نزدیک می‌شود که بودن شیء را در فضا و زمان بر اساس «رویداد» بیان کنیم: بودن شیء عبارت است از داشت بعد مکانی و بعد زمانی به گونه‌ای که یک شیء ساکن صرفاً با یک نقطه، در این فضا زمان نمایش داده نمی‌شود. بلکه به واسطه بودن آن در زمان،



حرکت جوهری آن و بنابراین گره خوردن زمان با حرکت جوهری، باید نحوه وجود شیء قابل انطباق با زمان باشد و لذا توسط یک خط نمایش داده می‌شود که از آن در فیزیک جدید به جهانخط تعبیر می‌شود. این جهانخط از آن جهت نماینده یک شیء است که یک کون و بودن در فضا زمان را نشان می‌دهد ولی از این جهت که این خط یک امتداد است، هر نقطه فرضی از آن یک مقطع از حرکت شیء را نشان می‌دهد. بنابراین علاوه بر در نظر گرفتن چهاربعد برای اشیا، دیدگاه صدرایی از جهت نزدیک شدن به مفهوم رویداد، یک قدم به فیزیک جدید نزدیک‌تر می‌شود.

### قوانین حرکت

تأمل در تفاوت و تمایز ارسطو بین حرکت طبیعی و حرکت قسری و اینکه اساساً چرا حرکت طبیعی برای وی اهمیت داشت روشن می‌کند که چطور دیدگاه‌های وی شکل‌های هر چند خام، ولی اولیه‌ای از حرکت اینرسیال و یکنواخت را در تقابل با حرکت تحت تأثیر یک نیرو را در بر داشت. حرکت طبیعی جسم به گونه‌ای است که همواره به سمت حیز طبیعی خود گرایش دارد و چنانچه مانعی در راه چنین حرکتی نباشد جسم مزبور به سوی آن مکان طبیعی حرکت می‌کند و پس از رسیدن به آن حرکت طبیعی پایان می‌یابد و ساکن می‌شود. به این ترتیب می‌توان گفت که ارسطو زمینه‌هایی از قوانین نیوتن را در خود داشت.

جالب است که ابن‌سینا خصوصاً در باب حرکت ارسطویی است، یعنی نظریه «حیز طبیعی» را می‌پذیرد، ولی نظریه ارسطویی در مورد حرکت قسری در حرکت پرتابی را نمی‌پذیرد. نظر ارسطو درباره حرکت قسری اجسام، آن بود که محرک جسم باید همواره همراه با متحرک باشد و الا جسم متوقف خواهد شد. از این رو، در دیدگاه ارسطویی، جسم پرتابی با پس‌زدن هوا و راندن آن به عقب جسم و ایجاد اختلاف فشار حرکت می‌کند. همچنین از نظر ارسطو جسم از محرک خویش یک نیروی دفعی به دست می‌آورد. فیلوپونوس در قرن ششم میلادی نه تنها هوا را به‌عنوان علت حرکت پرتابه رد کرد بلکه آن را عامل مقاومت در برابر حرکت نیز می‌دانست. تازگی نظریه وی در این بود که می‌گفت علت حرکت عاملی است که به گونه‌ای به خود جسم پرتاب شده القا می‌شود. جسم به سبب این عامل القاکننده است که برخلاف میل طبیعی‌اش که سکون‌گرایی است حرکت

می‌کند ولی سرانجام به علت مقاومت‌ها این قوه به پایان می‌رسد و حرکت جسم متوقف می‌گردد. نظریه اخیر را برخی از مورخان تاریخ علم از جمله مقدمات تبیین قانونی اینرسی (قانون لختی) دانسته‌اند؛ قانونی که در قرن هفدهم میلادی توسط نیوتن بیان گردید. گفته شده است (فرشاد ۱۳۶۵: ۴۱۹) که ابن‌سینا نخستین متفکری است که نظریات غیرارسطویی فیلوپونوس مبنی بر عامل حرکت و نیروی گرانش را دنبال کرد<sup>۷</sup> و پس از مقایسه آرای مختلف در باب حرکت قسری به این نتیجه رسید که علت حرکت قوه‌ای اکتسابی است که از سوی محرک به متحرک داده می‌شود. بنابراین، جسم پرتابی پیش از پرتاب شدن کیفیتی را که عامل حرکت آن خواهد شد، از محرک خویش کسب می‌نماید. بر اساس چنین تحلیلی ابن‌سینا در باب حرکت غیر طبیعی یا قسری نظریه «میل» را ارایه کرد (ابن‌سینا: ۴۱۰-۴۱۳) که در عین حال دو تغییر مهم در نظریه فیلوپونوس ایجاد کرد: نخست اینکه فیلوپونوس معتقد بود، حتی در خلأ، اگر ایجاد خلأ امکان‌پذیر باشد، قوه مکتسبه به تدریج از میان می‌رود و حرکت قسری متوقف می‌شود، اما ابن‌سینا استدلال می‌کرد که قوه مکتسبه از محرک توسط متحرک، و حرکت قسری ناشی از آن در غیاب هر گونه مانعی به طور نامحدود دوام خواهد یافت. به این ترتیب ایده اساسی قانون لختی یا قانون اینرسی با جرح و تعدیل‌هایی از نظام ارسطویی شکل می‌گرفت. ابن‌سینا حتی کوشید تا به این نیروی محرکه «کمیت» بخشد. به بیان وی اجسام تحت اثر قوه محرکه مذکور با سرعتی متناسب با عکس مقدار وزنشان حرکت می‌کنند. نیز اجسامی که با سرعت مفروض حرکت می‌نمایند در هوا مسافتی با تناسب مستقیم با وزنشان را طی می‌کنند. ابوالبرکات بغدادی در قرن ششم هجری به پیروی از این تئوری نظریه‌ای دایر بر چگونگی تعیین شتاب اجسام در حال سقوط ارایه داد که در آن مفهوم افزایش‌های متوالی قوه ناشی از سرعت‌های فزاینده به کار گرفته شده بود. (کرومبی ۱۹۶۹، ۶۰-۶۱)

## قوه و فعل

ارسطو در تبیین خود از مسئله تغییر و حرکت و در دفاع از نظریه خود در مقابل این ایراد پارمنیدسی که هر تغییری مستلزم پدید آمدن چیزی از عدم است، نظریه قوه و فعل را مطرح کرد. وی در این نظریه توضیح داد که وجود، سه مقوله دارد که عبارت‌اند از: عدم،

وجود بالقوه و وجود بالفعل. در این صورت تغییر می‌تواند میان وجود بالقوه و بالفعل صورت بگیرد؛ لذا حرکت گذر از مقوله عدم به وجود نیست. به این ترتیب همه حرکات واجد نوعی گذار از قوه به فعل هستند.

نظریه وی در مورد قوه و فعل هنوز در علم جدید کم و بیش استفاده می‌شود. مثلاً ارسطو وزن را نوعی قوه محقق نشده جسم توصیف می‌کند مشابه آن در علم جدید نیز وقتی گفته می‌شود جسمی دارای بار الکتریکی است یعنی اینکه وقتی جسم باردار در یک میدان الکتریکی قرار گیرد بتواند دارای شتاب شود. نیوتن نیز در تعریف خود از لختی یا اینرسی ارسطویی است وقتی آن را این طور توصیف می‌کند که قوه‌ای است که هر جسمی توسط آن در حالت سکون یا حرکت مستقیم‌الخط یکنواخت خود باقی می‌ماند.

جالب است که واژه «پتانسیل» در علم جدید، مثلاً در *انرژی پتانسیل*، به همان معنای ارسطویی بکار می‌رود. در علم جدید واژه *نیروی پتانسیل* (*vis potentialis*) اول بار در سال ۱۷۵۰ توسط برادران برنولی (*Bernoulli*) و اولر (*Euler*) به کار گرفته شد و مفهوم تابع *پتانسیل* (*potential function*) توسط گرین (*Green*) در ۱۸۲۸ معرفی شد. و *انرژی پتانسیل* (*potential energy*) در ۱۸۵۳ توسط رنکین (*Rankine*) در تمایز صریح با *انرژی فعلیت یافته* (*actual energy*) معرفی شد که عبارت دومی بعدها توسط تامسون (*Thomson*) و تیت (*Tait*) جای خود را به *انرژی جنبشی* (*Kinetic energy*) داد که البته تا حدی موجب ابهام تمایزی شد که رنکین در نظر داشت. (*Barbour 2001:76*)

در نظریه مکانیک کوانتوم نیز برای توضیح مسئله اندازه‌گیری گاهی از این ایده بالقوه استفاده می‌شود. مسأله اندازه‌گیری از اینجا ناشی می‌شود که مکانیک کوانتوم درباره سرنوشت یک تک ذره به زبان احتمال سخن می‌گوید به این ترتیب که تحول تابع حالت کل سیستم یا ذره توسط معادله شرودینگر به صورتی موجیتی مشخص می‌شود ولی براساس اصل ترکیب (*superposition principle*) هر حالت کوانتومی را می‌توان به صورت مجموعی از حالات مجاز نوشت که توان دوم ضرایب آن حالات، معرف این احتمال است که هنگام اندازه‌گیری، سیستم مورد نظر در آن حالت مجاز قرار داشته باشد. اینکه چطور ذره ما از یک حالت نامتعین اولیه که مجموعی از حالات مجاز است، با

اندازه‌گیری به یک حالت متعین تقلیل پیدا می‌کند مشخص نیست. در حوالی سال ۱۹۵۵، هایزنبرگ برای توضیح چنین وضعیت‌هایی از نظریه قوه و فعل ارسطویی کمک گرفت. وی گفت که جهان اتمی جهان فعلیت‌ها نیست، بلکه جهان استعدادها و بالقوگی‌ها است. آن حالات نامتعین که تحت معادله شرودینگر تحول پیدا می‌کنند نماینده همین حالات بالقوه هستند، به این معنی که در خود، همه حالات مجاز را به صورت بالقوه دارا هستند. به این ترتیب هایزنبرگ تابع موج سیستم را توصیفگر استعدادهای سیستم دانست و آن را با قوه ارسطویی تطبیق داد، کمیتی که استعدادهای وقوع یک حادثه را نشان می‌دهد، اما به اندازه خود حادثه واقعیت ندارد. (گلشنی ۱۳۶۹: ۴۲۹)؛ (هایزنبرگ ۱۹۵۸: ۳۹)<sup>۸</sup>

### مسأله بی‌نهایت بالفعل

مقایسه کیهان ارسطویی و اینشتینی نیز ما را به نتایج جالبی می‌رساند. شباهت‌هایی بین جهان بسته ارسطویی و اینشتینی وجود دارد. هر دو جهان از نظر فضایی کروی هستند و از نظر زمانی در هر دو جهت بی‌نهایت هستند. البته جهان اینشتینی که از نظر متریکی بسته است، بسیار مقبول‌تر از جهان ارسطویی است که از نظر توپولوژیکی بسته است و مبتنی بر مفاهیمی است که امروزه کفایت لازم را ندارند. نکته جالب‌تر این است که هر دو جهان بر اساس آموزه‌های روش‌شناختی مآخی ساخته شده‌اند؛ یعنی تأکید بر یافتن علل فیزیکی مشاهده‌پذیر.

از طرفی ارسطو، همگام با بسیاری از متفکران یونانی، ایده «بی‌نهایت بالفعل» را رد می‌کرد و علیه دیدگاه جهان بی‌نهایت استدلال می‌کرد. ارسطو بی‌نهایت را تنها به شکل بالقوه قبول داشت؛ مثلاً قبول داشت که هر جسم ممتد را می‌توان به طور بالقوه به بی‌نهایت جزء کوچک‌تر تقسیم کرد. این رد آگاهانه بی‌نهایت بالفعل از طرف ارسطو، دلیل اساسی این بود که وی به یک جهان بسته و متناهی اعتقاد داشت. درحالی‌که اینشتین در ابتدا متوجه خطر این بی‌نهایت نشد، از این رو، در حالی که جهان ارسطوی نزدیک به دو هزاره دوام یافت، جهان اینشتین دو ماه بیشتر دوام نیاورد تا اینکه دوسیتز (de' Sitter)، اینشتین را متوجه مسأله بی‌نهایت کرد و اصلاحاتی را در دیدگاه اینشتین موجب شد.

## ارزیابی ظرفیت دیدگاه ارسطویی

مهم‌ترین نقص دیدگاه ارسطویی، منحصر بودن تحلیل‌های وی به تحلیل‌های توپولوژیک و غفلت آن از تحلیل‌های کمی و هندسی یا متریک بود؛ رویکردی که در واقع وجه بارز و میراث برجسته مکتب افلاطونی و اتمیستی رقیب ارسطو بود و تأثیر این رویکرد افلاطونی تا قرون ۱۶ و ۱۷ بر کپلر و کپرنیک و گالیله به تعویق افتاد. در مقابل، دیدگاه افلاطونی هر چند به ریاضیات اهمیت می‌داد ولی به سه بعد محدود می‌شد و در نتیجه، می‌توان گفت کار گالیله این بود که افلاطون‌گرایی را به چهار بعد ارسطویی تزریق کند. با این وجود هر چند یکی از کمبودهای دیدگاه ارسطویی توجه صرف به تحلیل‌های کیفی و غفلت از تحلیل‌های کمی بود ولی به هر حال همین توجه به قسمت کیفی را می‌توان مقدمه‌ای برای هر رویکرد کمی دانست. اما پرسشی که در اینجا قصد پاسخ به آن را داریم این است که ببینیم آیا اگر برخی کاستی‌های رویکرد ارسطویی را به نحوی به آن اضافه کنیم، دیدگاه ارسطویی می‌تواند غنا و ظرفیت لازم برای بیان علم جدید را داشته باشد.

برای ارزیابی ظرفیت دیدگاه ارسطویی فرض کنید که کمیت‌گرایی را نیز به آن اضافه کنیم، همچنین مفهوم رویداد را نیز به آن وارد می‌کنیم. درست است که دیدگاه ارسطویی واجد هیچ‌یک از اینها نیست ولی فرض می‌کنیم آن را به این شکل غنا بخشیم حالا سؤال اینجا است که دیدگاه ارسطویی تا چه حد ظرفیت پذیرش دعاوی فیزیک جدید در مورد حرکت را دارد؟ می‌توان نشان داد که با وجود تمام این موارد هنوز دیدگاه ارسطویی نمی‌تواند، چارچوب مناسبی برای علم جدید باشد. برای درک این مسئله خوب است مثال زیر را در نظر بگیرید. (Geroch 1978:34-36)

وضعیتی را در نظر بگیرید که شما تنها و در یک مکان دوری قرار دارید؛ دور از هر کهکشانی. راکتی هم به شما داده‌اند تا به کمک آن حرکت کنید. غریبه‌ای از کنار شما عبور می‌کند و دو ترقه در دست دارد که یکی را ۵ ثانیه بعد از دیگری منفجر می‌کند. اگر پرسیده شود آیا این دو ترقه در یک زمان و مکان روی داده‌اند؟ برای پاسخ به این سؤال یک راه‌حل این است که موضع این دو رویداد را نسبت به هم مشخص کنید و ببینید که آیا مکان اینها یکی است یا نه؟ شخصی که در دیدگاه ارسطویی است برچسب خود را روی

رویدادها می‌زند و آنها را دارای یک مکان می‌داند اگر دارای یک مختصات مکانی باشند. حالا فرض کنید وضعیت کمی متفاوت بود. شما یک هفته قبل از ملاقات با فرد غریبه یکی از راکت‌ها را شلیک می‌کردید و از این رو، دارای سرعتی در جهت خاصی می‌شدید. در این حالت وقتی مکان دو رویداد انفجار را تعیین می‌کردید، امکان داشت که دو رویداد را در یک مکان اندازه بگیرید چون ممکن بود سرعت شما باعث شود که شما اختلاف زمانی ۵ ثانیه را که قبلاً می‌دیدید حالا نبینید. یا فرض کنید فرد دیگری هم آنجاست و در حال حرکت نسبت شما باشد. از این رو، به نظر می‌رسد بر اساس دیدگاه ارسطویی، رخ دادن در یک مکان در فضا یک مسئله شخصی باشد: افراد مختلف و حتی یک فرد با تاریخچه‌های مختلف پاسخ‌های متفاوتی به پرسش مذکور می‌دهند. بنابراین یک دسته از روابط بین رویدادها هر چند معنی دارد ولی وابسته به ناظر و تاریخچه وی است. در واقع هر ناظری توصیف خود را از پدیده مورد نظر ارجح می‌داند، بدون اینکه آن ترجیح مبنایی عینی و همگانی داشته باشد. ما چنین وضعیتی را در فیزیک نمی‌پسندیم زیرا دوست نداریم توصیفاتی که از پدیده‌ها ارایه می‌کنیم وابسته به افراد باشد. دوست داریم تمایزی بگذاریم بین تجربه‌های شخصی، خام و وابسته به افراد و آنچه مربوط به خود طبیعت می‌شود.<sup>۹</sup> در دیدگاه ارسطویی این مرز در نظر گرفته نمی‌شود و تکیه‌گاه عینی وجود ندارد تا افراد مختلف بتوانند به مدد آن باهم ارتباط برقرار کنند. به طور خلاصه، هر چند در این دیدگاه در خصوص سطوح همزمانی توافق وجود دارد، ولی در مورد جهان‌خط‌ها باهم توافق ندارند. اما مثلاً به دیدگاه گالیله‌ای که می‌رسیم، این دعوای خاتمه می‌یابد زیرا این دیدگاه به گونه‌ای تعریف می‌شود که هیچ ارجحیتی توصیفات گروه‌های ارسطویی قائل نمی‌شود. این پرسش که «فاصله فضایی دو رویداد ۲۰ سانتی‌متر است»، در دیدگاه ارسطویی معنادار است، هر چند نزد ناظران مختلف یا یک ناظر با تاریخچه‌های مختلف در مورد قبول آن توافق ندارند، ولی در دیدگاه گالیله‌ای این گزاره اساساً بی‌معنی است، چون معلوم نیست نسبت به کدام دستگاه مختصات بیان شده است.

## نتیجه

در این مقاله قصدم این بود تا با کنکاشی در نظریه ارسطو درباره حرکت، به برخی از

آموزه‌های وی برای علم جدید، اشاره کنم. نتیجه‌ای که می‌خواهم بگیرم به هیچ وجه این نیست که دیدگاه ارسطو درباره حرکت، حالت حدی دیدگاه‌های فیزیک جدید است، اما تحلیلی که ارایه شد حداقل نشان می‌دهد که ایده قیاس‌ناپذیری نظریه‌های علمی نیز، دیدگاه قابل دفاعی نیست و اسطوره شقاق و ناپیوستگی علم قدیم و جدید، در برابر بررسی‌های تاریخی دقیق‌تر و تخصصی‌تر تاب نمی‌آورد.

همان‌طور که لیندبرگ می‌گوید نتیجه تأکید اغراق‌آمیز بر ناپیوستگی علم جدید و قدیم در تاریخ‌نگاری علم قرون وسطا منجر به تصویری از علم و عالمان قرون میانه شد که در آن «... استاد دانشگاه سده‌های میانه را آدمی سست و چاپلوس و پیرو برده‌وار ارسطو و آبای کلیسا (اینکه چگونه ممکن است انسان برده این هر دو باشد، معلوم نیست) ترسیم کرده‌اند که می‌ترسد یک سر مو از خواست‌های مراجع بالا سرپیچی کند. البته شک نیست که محدودیت‌های گسترده‌ای در علم کلام و الهیات وجود داشته است، ولی در چهارچوب این محدودیتها، تقریباً هیچ عقیده‌ای، خواه فلسفی و خواه کلامی، نبود که استادان دانشگاه‌های سده‌های میانه آن را مورد تدقیق و انتقاد قرار نداده باشند» (Lindberg, 1992, 213)

در حمایت از پیوستگی علم جدید و قدیم مورخانی مثل دوئم تأکید داشتند «علم مکانیک و فیزیک که عهد جدید بحق بدانها مفتخر و سرافراز است به وسیله یک سلسله غیرمنقطع از اصلاحات و پیشرفت‌ها که به ندرت مشهود افتاده است، از عقایدی که در قلب مدارس سده‌های میانه مقبول افتاده بوده، نشأت گرفته و بدینجا رسیده است». (لیندبرگ ۱۹۹۲، ۴۷۴)

لیندبرگ، یکی از مورخان تاریخ علم در قرون وسطی، متذکر می‌گردد که: «اگر عقیده دوئم درست باشد، خاستگاه‌های علم جدید را نباید در طرد و انکار فلسفه و تفکر اهل مدرسه و بازگشت به اندیشه‌های باستانی و منابع انسان‌گرایانه دوره رنسانس جستجو کرد، بلکه باید در تعالیم فیلسوفان طبیعی سده‌های میانه، و تأثیر و تأثر الهیات مسیحی و فلسفه طبیعی اهل مدرسه در دانشگاه‌های سده‌های میانه طلب نمود». و از قضا چنین برنامه پژوهشی نیز دنبال شد. با تلاش چهره‌هایی چون هاسکینز (Haskins)، لین ثورندایک (Lynn Thorndike)، مارشال کلاگت (Marshall Clagett)، انلیز مایر (Anneliese Maier) و کرومبی (Crombie) دهه‌های پس از جنگ جهانی دوم شاهد توسعه چشمگیر پژوهش‌های

تاریخی درباره علم سده‌های میانه بود. به‌ویژه، مایر و کرومبی بر اهمیت سهم سده‌های میانه، چه از جنبه مفهومی و چه از جهت روش‌شناسی در پدید آوردن علم جدید تأکید داشتند. البته از طرفی در جبهه مقابل کوایره (Koyre)، و هال (Hall) که نماینده مشهور مکتب وی است، همواره بر نوعی گسست و جهش فکری در قرن شانزدهم و هفدهم تأکید داشته‌اند، به طوری که در مجموع باید گفت در دهه‌های اخیر شرایط و دقائق بحث ظریف‌تر شده است. ارنان مک‌مولین (McMullin) در عین حال که مقدار معتنا بهی از تداوم مفهومی و زبانی میان علم سده‌های میانه و علم جدید را قبول دارد، اذعان دارد که نمی‌تواند نشانی از تداوم و استمرار روش‌شناسی میان این دو دوره بیابد.

حاصل سخن اینکه اگر این بحث راه‌حل ساده‌ای داشت تا حال حل شده بود و این همه به درازا نمی‌کشید. بنابراین به نظر نمی‌رسد ما در اینجا بتوانیم به طور قاطع آن را حل کنیم؛ شاید هم برای مسائلی از این دست نتوان راه‌حل قطعی پیدا کرد، زیرا در این نوع مسائل مورخ فقط به توصیف تغییر تاریخی نمی‌پردازد، و حتی به شناخت علل تاریخی اقدام نمی‌کند، بلکه فقط به سنگین و سبک کردن اهمیت روایات و داستان‌های مربوط به تغییر تاریخی می‌پردازد. چنین داوری‌هایی چندین مرحله از داده‌ها و حقایق تاریخی بدورند، و تنها وقتی از منظر بلند الگوهای تعبیری بزرگ‌تری، که خود به آسانی و مستقیماً یا مستقلاً قابل تأیید و تصدیق نیستند، بدان داده‌ها نگریسته شود، نتیجه می‌شوند و ناچار در این محاسبه و داوری، ترجیحات شخصی نقش مهمی دارد. (لیندبرگ ۱۹۹۲: ۴۷۵) ولی آنچه با قطعیت می‌توان گفت این است که دیدگاه‌های افراطی در این زمینه و صدور یک حکم کلی درباره همه نظریه‌ها قابل دفاع نخواهد بود.

### پی‌نوشت‌ها

۱. به عنوان مثال کوهن مدعی است که در هیچ دوره‌ای از زمان باستان تا قرن هفدهم نمی‌توان در مورد ماهیت نور دیدگاهی را یافت که مورد اتفاق عموم باشد. آنچه دیده می‌شود صرفاً مکاتب رقیب و زیرشاخه‌های آن مکاتب هستند که اغلب آنها به یکی از نظریه‌های اپیکوری، ارسطویی یا افلاطونی نزدیک است (Kuhn 1970:12-13). در اینجا کوهن تأثیر مهم علم اپتیک دوره اسلامی، خصوصاً ابن‌هیثم را که پارادایم فکریش نه تنها بر متفکرانی در قرون میانه چون راجر بیکن و گروستست، بلکه



- بر بنیان‌گذاران علم جدید، یعنی گالیله و کپلر نیز تأثیرگذار بود، نادیده می‌گیرد. از این رو، نوعی دید اروپا محوری بر تاریخ‌نگاری وی حاکم است.
۲. مثلاً فرانسویس بیکن، ولتر، و کوندورسه، هر یک به زبانی معتقد بودند که سنت علم قدیم، تأثیری در سیر یا شکل‌گیری علم جدید به جای نگذاشته است، و صرفاً فعالیتی منقطع و ابتر بوده که ره به جایی نبرده است (لیندبرگ، ۱۹۹۲، ۴۷۲).
۳. این دیدگاه معمولاً به کوهن، فایرابند، و طرفداران مکتب پست‌مدرنیسم منسوب می‌شود. هر چند اعتقاد آنها به مواضع خود به درجات مختلف است.
۴. امر ممتد امریست که از نظر عقلی، الی غیرالنهاییه قابل انقسام است.
۵. ارسطو با یاری از همین شباهت ساختاری بین خط و زمان، به پارادکس زنون پاسخ می‌داد. زنون می‌گفت دوندۀ برای طی مسافت  $d$ ، باید  $d/2$  را طی کند، و برای طی  $d/2$  باید  $d/4$  را طی کند و ... لذا بی‌نهایت زمان لازم دارد تا به انتها برسد. در مقابل ارسطو می‌گفت، اگر دوندۀ بتواند مسافت  $d$  را در زمان  $t$  طی کند، لاجرم می‌تواند  $d/2$  را در  $t/2$  طی کند و لذا می‌تواند  $d/4$  را در  $t/4$  طی کند و ... . لذا دوندۀ می‌تواند به مقصد برسد. رک به: (Torretti 1999:6)
۶. امور ممتد بر دو قسم هستند: یا امتداد پایدار است، یعنی اجزاء فرضی آن باهم موجودند، مثل سطح کاغذ یا خط، یا امتداد سیال که ذاتاً ممکن نیست که هیچ دو جزء فرضی آن باهم موجود باشند، بلکه یکی معدوم می‌شود تا دیگری موجود شود مثل زمان؛ رک (عبودیت ۱۳۸۵: ۲۶۷).
۷. البته نظریه‌ی مشابهی نیز از طرف متکلمین ارایه شده است که به نظریه‌ی تولید شهرت دارد. در این نظریه هر حرکتی فقط در حدود نیازمند علت بیرونی است، و در بقا نیازی به علت ندارد، بلکه هر درجه‌ای از حرکت، درجه بعد را ایجاد می‌کند (حرکت و زمان در فلسفه اسلامی جلد ۴، ص ۲۷۶).
۸. این ایده کماکان توسط شیمونی برای توضیح مسأله اندازه‌گیری استفاده می‌شود. در این مورد رجوع کنید به Shimony (2004).
۹. البته این تمایزات همیشه روشن و واضح نیستند. چنانکه در تعبیر استاندارد مکانیک کوانتوم این اعتقاد وجود دارد که این مرز شکسته شده است.

## منابع

- ارسطو، طبیعیات، ترجمه مهدی فرشاد، انتشارات امیرکبیر.
- ابن سینا، بوعلی، فن سماع طبیعی، ترجمه محمدعلی فروغی، انتشارات امیرکبیر، ۱۳۱۶.
- عبودیت، عبدالرسول (۱۳۸۵)، درآمدی بر نظام حکمت صدرایی، جلد اول، انتشارات سمت، پژوهشکده امام خمینی.
- فرشاد، مهدی (۱۳۶۵)، تاریخ علم در ایران، انتشارات امیرکبیر، ۱۳۶۵.
- کرومبی، آ. سی (۱۹۶۹)، از آگوستین تا گالیله، ترجمه احمد آرام، انتشارات سمت، ۱۳۷۱.
- گلشنی، مهدی (۱۳۶۹)، تحلیلی از دیدگاه‌های فلسفی فیزیکدانان معاصر، انتشارات پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی، ۱۳۸۵.

لیندبرگ، دیوید (۱۹۹۲)، *سرآغازهای علم در غرب: سنت علمی اروپایی در بافت فلسفی، دینی، و تأسیسات آن: ۶۰۰ قبل از میلاد تا ۱۴۵۰ میلادی*، ترجمه فریدون بدره‌ای، تهران، شرکت انتشارات علمی و فرهنگی، ۱۳۷۷.

مطهری، مرتضی (بی‌تا)، *مجموعه آثار*، جلد ۱۱، چاپ سوم، انتشارات صدرا، آذر ۱۳۸۶.

مطهری، مرتضی (بی‌تا)، *حرکت و زمان در فلسفه اسلامی*، جلد چهارم، انتشارات حکمت، ۱۳۷۵.

هایزبرگ، ورنر (۱۹۵۸)، *فیزیک و فلسفه*، ترجمه محمود خاتمی، انتشارات علمی، ۱۳۷۰.

Barbour J. (2001), *The Discovery of Dynamics*, Oxford University Press.

Geroch, R. (1978), *General Relativity from A to B*, The University of Chicago Press.

Kuhn T., (1970), *The Structure of Scientific Revolutions*, Chicago Press.

Lindberg, D. C. (1992), *The Beginnings of Western Science: The European Scientific Tradition in Philosophical, Religious, and Institutional Context, 600 B.C. to A.D. 1450*, The University of Chicago Press.

Shimony, A. (2004), "Bell's Theorem", *Stanford Encyclopedia of Philosophy*, in <http://plato.stanford.edu/entries/bell-theorem/>.

Torretti, Roberto (1999), *The Philosophy of Physics*, Cambridge University Press.