

## بررسی مفاهیم، اصول و روش دکارت در بنیان‌گذاری علم جدید

غلامحسین مقدم حیدری\*

### چکیده

معمولاً دکارت را یکی از بنیان‌گذاران علم جدید می‌دانند. او با ابداع هندسه تحلیلی ماده را ممتد گرفت و با طرد تبیین غایت‌گرایانه ارسطویی تبیین مکانیکی را جایگزین آن کرد. دکارت با الهام از ریاضیات روشی را بنا کرد که بر طبق آن هر مسئله علمی برحسب اعداد و اشکال هندسی صورت‌بندی گردد. او معتقد بود که کلیه واقعیات جهان مادی در چهارچوبی هندسی قابل بیان است و اختلاف اشیا در چنین جهانی تنها به سبب حرکت آنهاست. در این مقاله سعی شده است برخی از مقومات نظریه دکارت همچون ممتدبودن ماده و جسم، قوانین حرکت و روش پژوهش علمی او را بررسی شود.

**کلیدواژه‌ها:** روش دکارتی، هندسه تحلیلی، قوانین حرکت، نورشناسی، کیفیات اولیه، کیفیات ثانویه، ادراکات حسی.

### ۱. مقدمه

معمولاً دکارت را به‌عنوان گوینده این عبارت مشهور می‌دانند: «می‌اندیشم، پس هستم». این استدلال کوتاه نخستین اصل مابعدالطبیعی اوست؛ یعنی نظریه‌ای در باره چیزهایی که باید دانست تا علم پایدار و دقیق امکان‌پذیر باشد. نظریه مابعدالطبیعی او بسیار ظریف است و تأثیر عمیقی بر سیر فلسفه تا زمان ما گذاشته است. اما دکارت نمی‌خواست که مابعدالطبیعی‌اش از علمی که بناکرده بود، جدا باشد. او مابعدالطبیعی‌اش را فقط برای این منظور فراهم آورد تا زمینه را برای بیان فیزیک ریاضی‌اش از جهان فراهم کند. دکارت با برهانی پیچیده و بسیار انتزاعی می‌خواست ثابت کند که فقط خصوصیتی که در هندسه

\* دانشجوی دکتری فلسفه علم و فناوری، و مدرس دانشگاه صنعتی شریف gmheidari@gmail.com

تاریخ دریافت: ۸۹/۳/۲، تاریخ پذیرش: ۸۹/۶/۱۰

شناخته شده است، یعنی طول و عرض و عمق، ذاتی ماده هستند و برای تبیین پدیدارهای طبیعی به چیزی جز این خصوصیات هندسی و مفهوم حرکت نیاز نداریم.

گرچه گالیله پیش از او سعی کرده بود تا فیزیکی هندسی ارائه کند، اما به نظر دکارت کار او دقت کافی را نداشت. او در نامه‌ای به تاریخ ۱۶۳۸ درباره گالیله گفته است که: «بنایی که او ساخته شالوده ندارد؛ زیرا بی آنکه به علت اولی طبیعت پردازد، فقط علت چند معلول خاص را جست‌وجو کرده است.» (Sorell, 2000: 3). دکارت در مابعدالطبیعی خود به علت اولی طبیعت یعنی خدا می پردازد و در فیزیک خود علت عام‌ترین پدیدارهای طبیعی — پدیدارهایی چون شتاب و تغییر شکل اجسام بر اثر برخورد — را از راه استنتاج برهانی به دست می آورد و درباره علت بسیاری از پدیده‌های دیگر فرضیه‌هایی پیشنهاد می‌کند.

دکارت به خوبی می‌دانست که شیوه تبیین او هم از فهم متعارف بسیار دور است و هم با طبیعیات معمول بسیار فرق دارد؛ زیرا به خلاف این دو به نمودهایی که از اعیان طبیعی به حواس بشر عرضه می‌شود، نمی‌پردازد. فیزیک دکارت از واقعیت‌های ریاضی که به اشیای مادی راجع می‌شوند، ساخته می‌شد، واقعیت‌هایی درباره اندازه و شکل و ترکیب و سرعت که همه برای ذهنی که تجربه حسی‌اش با ما فرق داشته باشد یا اصلاً تجربه حسی نداشته باشد، قابل دستیابی است.

واقعیت‌های دیگری که به اعیان طبیعی مربوط می‌شوند مثل رنگ و بو داشتن آن‌ها — واقعیتی که یقیناً با اندام‌های حسی آدمیان ربط و نسبت دارند — از راه دیگری بررسی می‌گردند. دکارت این نوع واقعیات را برحسب اندازه‌ها و شکل‌ها و سرعت‌های اجسام مادی و تأثیر آن‌ها بر اندام‌های حسی تبیین می‌کرد. بنابراین نظریه‌ای را به دست آورد که دو نوع خصوصیت را از هم تمییز می‌داد؛ خصوصیتی که اعیان طبیعی واقعاً و ذاتاً دارند؛ مانند شکل و اندازه و خصوصیات دیگری چون رنگ و بو و کیفیات محسوس دیگر که ظاهراً به اعیان طبیعی تعلق دارند.

دکارت با فرق گذاشتن بین مفهومی از جهان مادی که ریشه در حواس ما دارد و مفهوم بی پیرایه و یقینی ریاضیات معتقد بود که از این دو، دومی عینی‌تر است. کسان دیگری هم بودند که به علم جدید اعتقاد داشتند و از همین نظر جانبداری می‌کردند. آنان برای بیان برتری مفهوم ریاضی می‌گفتند که این مفهوم شبیه مفهومی است که خدا از جهان مادی دارد. اما دکارت موفق شد که از حد حرف‌زدن درباره دیدگاه‌های خداگونه فرارود و فرق بین تصور مبتنی بر حواس و تصور ریاضی جهان مادی را

به تفصیل و به زبان روشن تشریح کند. دکارت نشان داد که تصور اول همواره قابل شک است و دومی از هر نوع ظن و گمانی مبراست. او راهی را پیشنهاد کرد که با درپیش گرفتن آن شخص می‌توانست خود را از بند مفهوم مبتنی بر حواس برهاند و مفهومی عینی‌تر را اختیار کند.

دکارت با کاربرد این روش نتایج شگفت‌آوری در چند شاخه علوم تجربی و ریاضیات به‌دست آورد که فراتر از دستاوردهای بیکن و گالیله بود. بیکن گرچه سعی کرد روشی برای غلبه بر محدودیت‌های فهم بشر ارائه کند و مفهوم عینی‌تری از طبیعت ارائه نماید، اما اعتقاد نداشت که این مفهوم ذاتاً ریاضی باشد. گالیله چنین اعتقادی داشت اما نتوانست نظریه تمام‌عیاری ارائه کند که ارتباط بین روش ریاضی و جهان طبیعی را توضیح دهد. مابعدالطبیعی دکارت توانست چنین نظریه‌ای را ارائه کند. براساس این نظریه خداوند ذهن بشر را طوری ساخته است که وقتی اشیای طبیعی را به‌نحو ریاضی تصور کند، می‌تواند از یقین کامل درباره آن‌ها بهره‌مند شود. خداوند قدرت آن را دارد که هرچه را ما به‌نحو یقینی تصور می‌کنیم، خلق کند و نیز خداوند به‌قدری خیرخواه است که نمی‌گذارد ذهن در تصور سرشت ریاضی ماده به‌نحو یقینی به خطا رود.

نظریه مابعدالطبیعی دکارت به‌رغم موفقیت‌های انکارش‌ناپذیرش مورد نقدهای فراوانی قرار گرفته است. بوچدال، تاریخ‌نگار معاصر، برخی از این نقدها را به‌صورت زیر دسته‌بندی می‌کند: الف) رویکرد دکارت به علم عقلانی بود. یعنی به‌جای اینکه از مشاهدات طبقه‌بندی‌شده آغاز کند و با به‌دست‌آوردن قوانین به‌سوی نظریه‌های قابل فهم‌تری رود، او گرایش داشت که از چند اصل محدود؛ ولی مورد پذیرش همگانی آغاز کند و سپس با به‌کارگیری استدلال، نتیجه را به‌دست آورد و امیدوار باشد که تجربه همان نتایج را به او خواهد داد. اگر هم نتایج تجربی با نتایج استدلال‌های او توافق نداشتند، او آن‌ها را نادیده می‌پنداشت یا حتی کنار می‌گذاشت.

ب) دکارت اصول آغازین خود را از نظر معرفت‌شناختی بدیهی می‌دانست و معتقد بود که آن‌ها همچون اثبات‌های هندسی باید روشن و قطعی باشند.

ج) گالیله معتقد بود که باید از ریاضیات برای تبیین پدیده‌های طبیعی کمک بگیریم؛ اما این سبب بدفهمی دکارت شد، به‌طوری‌که او معتقد بود که ریاضیات خود به‌مثابه یک چیز است، به‌عبارت دیگر معرفت علمی می‌تواند براساس ویژگی‌های معرفت ریاضی در نظر گرفته شود. بدین‌گونه او مرز میان معرفت پیشینی و پسینی را معشوش کرد.

د) عقلانی‌گرایی دکارت سبب شد که او نظر خاصی دربارهٔ ماده داشته باشد. یعنی او معتقد بود که تمامی پدیده‌های طبیعی می‌توانند براساس طرحی مکانیکی «ماده در حال حرکت» تبیین شوند.

ه) روش قیاسی دکارت او را از هرگونه ایدهٔ روشن دربارهٔ جایگاه فرضیه در علم بازمی‌داشت. و) پدیده‌های تجربی تنها برای روشن کردن اصول کلی او در نظر گرفته می‌شدند، به عبارت دیگر آن‌ها مثال‌هایی برای اصول او بودند نه به‌عنوان پدیده‌هایی برای آزمون آن اصول. از این رو هیچ‌گونه فرایند ابطالی در کار دکارت وجود نداشت.

ز) روش او در کارش تحویل داده‌های پیچیده‌تر به داده‌های ساده‌تر بود، به طوری که سرانجام به ساده‌ترین داده‌ها برسد. واضح است که این خود مستلزم داشتن نوعی شهود است و اصول موضوعه نمودن این شهود بی‌معناست. (Buchdahl, 1963: 228 – 227)  
در ادامه برای روشن شدن این نقدها به بررسی آرای دکارت در سه موضوع ماده، بعد و قوانین حرکت و روش او می‌پردازیم.

## ۲. جسم – امتداد

دکارت در اواخر کتاب تأملاتش مفهومی از جسم ارائه می‌کند که در آن سردی، گرمی، سختی و رنگ و بو جایی ندارند. یکی از احکام کلی که از تأمل در ماهیت تکه‌ای موم به دست می‌آورد، این است که نمی‌توان شیء خاصی را با صورت‌هایی که حواس از آن دریافت می‌کنند، یکی دانست. ماده‌ای که تازه از کندو بیرون آمده است طعم و بو و بافت خاصی دارد. اما اگر آن را گرم کنیم همهٔ این صورت‌ها را از دست می‌دهد و صورت‌های دیگری اختیار می‌کند.

اگر هویت شیء به صورت آن بستگی داشته باشد، باید بعد از گرم کردن چیزی باشد، غیر از آن چیزی که پیش از گرم شدن بود. اما موم پیش و پس از گرم شدن یک چیز است. این چیزی که در فرایند تغییر صورت محسوس موم ثابت می‌ماند، چیست؟ شاید بتوان گفت که جسم است، یعنی چیزی است دارای امتداد مکانی، انعطاف‌پذیر (دارای قابلیت تغییر شکل) و متغیر (پذیرای صورت‌های گوناگون). اگر چنین باشد پس هویت بخش موم چیزی نیست که حواس ما را از آن آگاه می‌کنند، بلکه چیزی است که عقل با تعقل آن را به صورت جسم درک می‌کند. بنابراین کیفیات محسوس کلید کشف طبیعت موم یا به‌طور کلی طبیعت هیچ امر مادی نیستند. او تصورش را از اعیان مادی چنین توصیف می‌کند:

«چیزهایی که من به‌طور روشن و متمایز درک می‌کنم خیلی اندک هستند. لیست آن‌ها شامل اندازه یا امتداد در طول، عرض، عمق، شکل - که تابعی از حدود امتداد است -، وضع - که نسبت بین چند چیز مختلف دارای شکل است - و حرکت یا تغییر در وضع است.» (Sorell, 2000: 84)

طبق نظر دکارت «شکل و عدد و حرکت و مانند آن‌ها چون به نحو روشن و متمایز درک شوند واقعی‌اند.» (Ibid) دکارت معتقد است که اعیان مادی دارای شکل و حرکت، و عدد مستقل از فکر ما وجود دارند. هرچند دکارت وجود اجسام را از وجود تصورات و تصاویر حسی استنباط می‌کند، با این حال ما را از اینکه ماهیت این اجسام را از مضمون تصاویر و تصورات حسی خود استنتاج کنیم بر حذر می‌دارد. او معتقد است:

«این اجسام ممکن است که به‌نحوی وجود نداشته باشند که دقیقاً با درک حسی من از آن‌ها منطبق باشد؛ زیرا در برخی موارد ادراک حواس من بسیار مبهم و آشفته است. اما دست‌کم اعیان جسمانی همه صفاتی را که من به نحو روشن و متمایز ادراک می‌کنم دارا هستند. یعنی همه صفاتی را که به‌طور کلی موضوع ریاضیات محض شمرده می‌شوند.» (Ibid. 85)

منظور دکارت از «موضوع ریاضیات محض» همان کم متصل است که موضوع هندسه است و مقادیر عددی ثابت و متغیر که موضوع جبرند. این خصوصیات جبری و هندسی خصوصیتی هستند که اجسام مستقل از ما دارند. البته این بدان معنا نیست که ریاضیات با ساده‌ترین و کلی‌ترین چیزها سروکار دارد؛ بلکه «او بیشتر معتقد است که (هندسه و جبر) درباره چیزهایی بحث می‌کنند که (در مقابل فیزیک و علوم دیگر) خیلی ساده و کلی هستند و شامل درجاتی از قطعیت یا عناصر غیر قابل شک هستند.» (O'Briant, 1991: 104) اما خصوصیات دیگری که ذاتی ماده به‌نظر می‌آیند؛ مانند رنگ، بو، دما، زبری، نرمی و صدا (کیفیات ثانویه) در واقع پدیده‌های پیچیده‌ای هستند که معلول صفات کمی اجسام‌اند که به‌نحوی در ذهن ما ضبط شده‌اند.

«دکارت ادراک موقعیت، فاصله، اندازه و شکل را به‌عنوان دربردارنده عناصر ذهنی قوی تعبیر می‌کند ... و معتقد است که آن‌ها از لحاظ بنیادین از ادراک متداول از رنگ، صدا، گرما و سرما و نظایر آن‌ها متفاوتند که گفته شده شامل ادراکاتی است که از وحدت جسم - ذهن پدیدار می‌شود.» (Wilson, 1993: 173)

دکارت سه نکته مهم را متذکر می‌شود:

«الف) ادراکات حسی مستلزم کوشش‌هایی است که حس و ذهن را به‌هم متصل می‌کند.

ب) ادراکات حسی از کیفیات اولیه، مستلزم نوعی هندسه طبیعی است که ادراکات ثانویه مستلزم آن نیست.  
 ج) «فکر بشر توانایی ادراک ذهنی محض از کیفیات اولیه را دارد و نه از کیفیات ثانویه.» (Simmons, 2003: 550)

البته این بدان معنا نیست که جسم و ماده در چهارچوبی ریاضی قابل بیاناند؛ بلکه منظور دکارت آن است که آنها معادل بُعدند. در واقع او معتقد است که «میان فضا و جوهر جسمانی هیچ تفاوت واقعی وجود ندارد. تفاوت میان جسم و عدد بیش از تفاوت میان عدد و چیزهای شمرده شده نمی باشد.» (Buchdahl, 1963: 231) این ادعای دکارت چه معنایی دارد؟ از آنجاکه نظر دکارت و لاک در حوزه معرفت بسیار به هم شبیه‌اند و با توجه به اینکه نظریه لاک در این زمینه بسیار روشن‌تر از دکارت است؛ با اشاره‌ای به آرای لاک سعی می‌کنیم پرتوی بر این ادعای دکارت بیندازیم.

جان لاک معتقد بود که شناخت دارای درجاتی است. از این‌رو شناخت را به دو گونه تقسیم کرد: شناخت حسی و شناخت شهود و برهانی. او معتقد بود که همه تصورات از تجربه پدید می‌آیند. اما «اگر در شیوه‌های اندیشیدنمان مراقبه نماییم پی می‌بریم که گاهی ذهن سازگاری یا ناسازگاری دو تصور را به خودی خود بدون ملاحظه تصورات دیگر بی‌واسطه ادراک می‌کند و این ادراک را به گمانم می‌توان شناخت شهودی نامید» (کاپلستون، ۱۳۷۰: ۱۲۷). این روشن‌ترین و یقینی‌ترین نوع شناختی است که ذهن آدمی می‌تواند به آن نائل شود. جایی برای شک نیست و «تمام یقین و بداهت همه شناختمان باز بسته بر این شهود است» (همان). شناخت برهانی درجه دوم شناخت است، یعنی هنگامی که ذهن سازگاری یا ناسازگاری تصورات را بی‌واسطه در نمی‌یابد بلکه به تصورات میانگین نیاز دارد تا بتواند چنان کند. ریاضی نمونه‌اعلای این نوع شناخت است.

شناخت حسی وجود جزئی است، از این‌رو نمی‌توانیم گزاره‌ها را در علوم طبیعی مبرهن کنیم. به عبارت دیگر «یقین و برهان چیزهایی است که نباید در این زمینه‌ها دعوی‌دارشان باشیم». ما نمی‌توانیم به کشف حقایق کلی، آموزنده و بی‌چون‌وچرا درباره اجسام نائل آییم، حال آنکه ریاضیات شناخت یقینی و واقعی است؛ ولی فقط شناخت تصورات خودمان است. یعنی گزاره‌هایی می‌دهد درباره خواص تصورات مانند تصور مثلث یا دایره و درباره نسبت‌های میان تصورات؛ ولی نه درباره جهان چیزها، و صدق گزاره‌های ریاضی از حضور یا غیبت چیزهای مطابق با تصوراتی که ریاضیدان در استدلال خود به کار می‌برد، بی‌تأثیر می‌ماند.

بوچدال معتقد است که به‌رغم اینکه دکارت عقلانی‌گرا و لاک تجربه‌گراست؛ نگرش آن‌دو در این‌باره قرابت زیادی با هم دارند. در نگرش آنان نمی‌توان تمایز قاطعی بین منطق و ریاضیات از یک‌سو و جهان فیزیکی از سوی دیگر قائل شد. خیلی اوقات تفاوتی که آن‌دو قائل می‌شوند، تفاوت در درجه است. از این‌رو این گفته دکارت که «میان فضا و جوهر جسمانی هیچ تفاوت واقعی وجود ندارد» را باید از این منظر تفسیر کرد. بنابراین فضا و جسم یا بعد و ماده در جاتی از یک معرفت از جهان هستند نه اینکه دو چیز متمایزند که دکارت آن‌ها را یک چیز می‌داند. به عبارت دیگر این گفته دکارت چیزی بیش از این نیست که ماده قابل بسط در ابعاد سه‌گانه است.

این برداشت دکارت که ماده را همان امتداد می‌داند پیامدهای اساسی و بنیادینی دارد که به برخی از آن‌ها اشاره می‌کنیم:

اولاً این برداشت متضمن آن است که خلأ غیرممکن باشد.

ثانیاً، اتم‌های تجزیه‌ناپذیر وجود ندارند. کلیه اجزای ماده باید ممتد باشند و هرچه مانند فضا و مکان ممتد است تا بی‌نهایت تجزیه‌پذیر است.

ثالثاً، کلیه خواص ماده را باید برحسب ماده در حال حرکت تبیین کرد.

رابعاً، تمایز بین کیفیات اولیه و ثانویه. کیفیات موسوم به کیفیات ثانویه از قبیل رنگ، بو، گرما و طعم اصولاً در زمره صفات اشیا نیستند. این‌ها تصورات مغشوشی هستند که در ذهن به دلیل تعامل خاصش با جسم نقش می‌بندد. به عبارت دیگر «به کمک حواس در اشیای خارجی چیزی فراتر از شکل و اندازه و حرکت آن‌ها را نمی‌توانیم درک کنیم». (تامسون، ۱۳۸۵: ۱۴۶)

در نتیجه این برداشت از فیزیک، دکارت عالم مادی را به صورت کلیتی پیوسته، نامتناهی و ممتد تصویر می‌کند. اشیا تنها برحسب تفاوت در مقدار حرکت و ماده‌شان در مکان‌های متفاوت از یکدیگر متمایز می‌شوند. اختلاف اشیا را می‌توان ناشی از اختلاف در طرز حرکت ماده دانست. به عبارت دیگر «منظور از یک جسم این است که چه مقدار ماده به همراه یکدیگر مشترکاً حرکت می‌کنند» (همان، ۱۴۶). از این‌رو برای دکارت مهم‌ترین مسئله پس از مفهوم ماده و جسم، کشف قوانین حرکت بود.

### ۳. قوانین حرکت

بر اساس فلسفه اولی دکارت ماهیت جسم امتداد است که به تخیل درمی‌آید و کیفیات ثانویه آن به‌مدد حواس درک می‌شوند، که تنها از طریق فاهمه می‌توان آن را مطرح کرد. هر

جسمی به ناچار شکلی دارد و همچنین در حال حرکت یا در حال سکون است. حرکت از ذات جسم ناشی نمی‌شود و حالت بالقوه ندارد؛ بلکه همیشه انتقالی است و در مکان تحقق می‌یابد و ما غیر از این نوع حرکت به شناخت نوع دیگری قادر نیستیم. به‌طور طبیعی جسم در حال سکون است و حرکت در جهت مخالف آن است، ولی حرکت به سکون منجر نمی‌شود و اگر مقاومت جسم نباشد حرکت تا بی‌نهایت ادامه می‌یابد. از این جهت هیچ حرکتی متضاد حرکت دیگر نیست و فقط جهت دو حرکت ممکن است با هم فرق داشته باشند. دکارت از این نظر با گالیله اختلاف نظر داشت.

از نظر دکارت خداوند با تلنگری امتداد را به حرکت درآورده است، و همین تنها علت حرکت در جهان است، و به همین دلیل مقدار سکون و حرکت در جهان تغییرناپذیرش است. حرکت کند و تند می‌شود؛ ولی در هر صورت مقدار کل آن در جهان تغییر نمی‌کند. بر این اساس دکارت سه قانون خود درباره حرکت را به‌دست آورد:

الف) «هر واقعی‌تی تا آنجایی که ساده و غیر قابل تقسیم است همواره در همان شرایطی که هست خواهد بود و هرگز تغییر نمی‌کند مگر به واسطه علت‌های بیرونی» (Buchdahl, 1963: 236). به عبارت دیگر اگر عامل خارجی وضع یک جسم را تغییر ندهد همیشه در حال سکون باقی می‌ماند یا حرکت خود را حفظ می‌کند.

ب) «هر جسم متحرکی اگر به حال خود واگذاشته شود حرکت خود را در مسیر مستقیم ادامه می‌دهد و نه در مسیر منحنی.» (Ibid, 235)

ج) حرکت فقط بر اثر تصادم و ضربت تغییر جهت می‌دهد.

باید توجه کرد که قانون اول دارای دو جنبه است: اولاً هر چیزی گرایش دارد تا در همان وضعیتی که هست بماند و ثانیاً هر تغییر بر اثر یک عامل خارجی رخ می‌دهد؛ بنابراین هیچ دلیلی وجود ندارد که حرکت جسم را نشانگر علتی بدانیم. دکارت قانون اول را از تغییرناپذیری خدا نتیجه گرفته بود «از اینکه واقعیت خدا موضوعی برای تغییر نیست و همیشه به روشی یکسان عمل می‌کند.» (Ibid, 236)

دکارت از این قوانین برای توجیه نفوذناپذیری ماده چنین استفاده می‌کند:

«معذک ما باید در این زمان به دقت به این نکته توجه کنیم که نیروی هر جسم که در برابر دیگری عمل می‌کند یا در برابر عمل دیگری مقاومت می‌نماید، شامل این موضوع است که ... در تطابق با قانون اول فوق هر جسمی تا آنجایی که در توانش هست می‌کوشد تا در همان وضعیتی که هست باقی بماند. از این نتیجه می‌شود که هر جسمی که به جسم



دیگری متصل است، نیرویی صرف می‌کند تا در برابر جداشدن از آن مقاومت کند درحالی‌که جسمی که جداست برای ماندن در همان حال نیرو صرف می‌کند و نتیجتاً در برابر هرچیزی که می‌تواند آن را تغییر دهد، مقاومت می‌کند. در صورتی‌که جسم متحرک برای ادامه حرکتش نیرو صرف می‌کند؛ یعنی ادامه حرکت در همان جهت و با همان سرعت.» (Descartes, 1983: 63).

مطابق دو قانون بالا که ما آن‌ها را به‌عنوان قوانین اینرسی می‌شناسیم، بخش‌هایی از جسم که «یک چیز» هستند؛ سعی می‌کنند در همان حالی که هستند - حرکت یا سکون - باقی بمانند، از این رو وحدت جسم همواره حفظ می‌شود. یعنی جسم در سرعت و سکون نفوذناپذیر است. بنابراین اگر جسم تقسیم نشود؛ نفوذناپذیر است و اگر تقسیم شود، نفوذپذیر است. جسم یا «یک چیز» است یا نیست، به‌عبارت دیگر در جاتی از نفوذپذیری وجود ندارد. وقتی جسمی تقسیم می‌شود بدان معنا نیست که تکه‌ای نفوذپذیر از ماده است بلکه جسم به دو تکه نفوذناپذیر تقسیم شده است. همه تکه‌های متناهی از ماده نفوذناپذیری را نشان می‌دهند. مواد رقیق ویژگی نفوذناپذیری ندارد؛ زیرا اجزای آن نامتناهی است و در هیچ حرکت مشترکی سهیم نیست و همیشه تقسیم می‌شود.

این تعریف از نفوذناپذیری از وحدت جسم در حرکت مشترک نتیجه می‌شود و این برای بنانهادن فیزیک کافی نیست، از این رو دکارت این تعریف را به‌گونه زیر تغییر می‌دهد:

«به‌علاوه این نیرو باید اندازه گرفته شود نه تنها به‌وسیله اندازه جسمی که در آن هست و به‌وسیله سطحی که آن را از چیزهایی که دورش هستند، جدا می‌کند، بلکه همچنین باید به‌وسیله سرعت و طبیعت حرکت جسم و روش‌های مختلفی که اجسام با یکدیگر تماس دارند، تعیین شود.» (Ibid)

میزان این نیرو به اندازه، شکل و سرعت جسم وابسته است. دکارت این نیرو را حاصل ضرب «توده» (bulk) در میزان سرعت جسم می‌داند، چیزی که ما اکنون آن را به‌صورت اندازه حرکت  $mv$  نشان می‌دهیم. گروشلز معتقد است که دکارت بر این باور بود که «خداوند با تزریق حرکت در جهان میزانی از نیرو را خلق می‌کند که همواره در هر لحظه از خلقت مدامش در سطح ثابتی ننگه می‌دارد. هر کاهشی در  $mv$  جهان باید با افزایشی جبران شود.» (Grosholz, 1991: 86) از این رو قانون سوم نوعی اصل بقای اندازه حرکت است. بنابراین ارتباط میان ذراتی که به هم برخورد می‌کنند به‌گونه‌ای هستند که قانون تعادل اندازه حرکت حفظ شود. دکارت این قانون را به‌صورت زیر صورت‌بندی می‌کند:

«قانون سوم: یک جسم به محض برخورد با جسم قوی‌تر یا به محض برخورد با جسم ضعیف‌تر هیچ‌یک از حرکاتش را از دست نمی‌دهد، بلکه به میزانی که حرکتش را به جسم ضعیف‌تر منتقل می‌کند، حرکتش را از دست می‌دهد.» (Ibid, 61- 62)

دکارت در کتاب *اصول فلسفه (Principles of Philosophy)* فرض می‌کند که همهٔ حرکات قبل و بعد از برخورد در یک راستای مستقیم رخ می‌دهند. حالات ممکنه که دکارت برای برخورد میان دو شیء فرض می‌کند، را می‌توان به صورت زیر بیان کرد:

$$1. \quad m_b = m_c, v_b = v_c$$

دو جسم پس از برخورد با همان سرعتشان در جهت‌های مختلف برمی‌گردند. یعنی  $v'_b = v_c$ .

$$2. \quad m_b > m_c, v_b = v$$

سرعت دو جسم پس از برخورد با قبل از برخورد یکسان است. جسم C پس از برخورد برمی‌گردد یعنی جهت حرکت آن عوض می‌شود اما جسم B در همان جهت به حرکت خود ادامه می‌دهد.

$$3. \quad m_b = m_c, v_b > v_c$$

جسم C برمی‌گردد و دو جسم با سرعت‌های جدید از هم دور می‌شوند

$$v'_b = v_c = v_c + 1/2(v_b - v_c)$$

$$4. \quad m_c > m_b, v_b > 0, v_c = 0$$

جسم B برمی‌گردد و  $v'_b = v_b$

$$5. \quad m_b > m_c, v_b > 0, v_c = 0$$

هر دو جسم در جهت اولیهٔ B با سرعت  $v'_b = v_c = m_b m_c / (m_b + m_c)$  به حرکت خود ادامه می‌دهند.

$$6. \quad m_b = m_c, v_b > 0, v_c = 0$$

هر دو جسم برمی‌گردند با سرعت‌های جدید:  $v'_b = 3/4 v_b, v'_c = 1/4 v_b$

$$7. \quad m_c > m_b, v_b > v_c$$

هر دو جسم در جهت یکسانی حرکت می‌کنند، به طوری که B نهایتاً به C برخورد می‌کند. به طور کلی دستاوردهای دکارت در حوزهٔ دینامیک را می‌توان به صورت زیر بیان کرد:

- او حرکت را به عنوان حالتی از جسم، به صورت اصول موضوعه درآورد.
- او تعریفی نسبی از حرکت ارائه می‌دهد.
- او دو مؤلفه برای حرکت در نظر می‌گیرد، یکی مؤلفهٔ اسکالر آن که حرکت در آن به معنای جابه‌جایی است، و دیگر مؤلفهٔ برداری که تغییر جهت حرکت را بیان می‌کند.

- دکارت جهت حرکت یک پرتابه را در هر نقطه از مسیرش برابر تانژانت منحنی در آن نقطه در نظر می‌گیرد.

دکارت با این دینامیک به بررسی یکی از مسائل مهم فیزیک آن روزگار، یعنی سقوط آزاد جسم می‌پردازد.

#### ۴. سقوط آزاد جسم

گالیله در کتاب گفت‌وگو دربارهٔ سقوط آزاد اجسام بحث مفصلی دارد. او می‌گوید: «زمان فاصلهٔ پیموده‌شده توسط جسمی که حرکتش را از سکون شروع می‌کند و به‌طور یکنواختی بر شتابش افزوده می‌شود با زمانی که همان جسم همان مسیر را با سرعت یکنواخت طی می‌کند یکسان است.» (Galileo, 173 - 174) گالیله برای این مسئله نمودار زیر را رسم می‌کند:

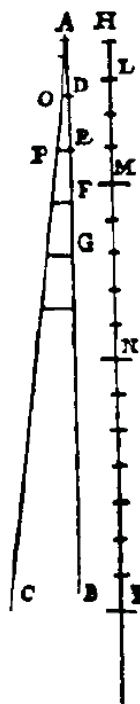


نمودار ۱

خطوط موازی درون مثلث AEB که بر ضلع AB عمود هستند، سرعت جسم و سطح کلی مثلث فاصله طی شده را نشان می‌دهد. به عبارت دیگر فاصله طی شده هم به‌عنوان پاره خط CD و هم به‌عنوان سطح مثلث است. نمایش فاصله به‌صورت سطح مثلث نمایشی دوبعدی است که نشان می‌دهد چگونه افزایش یکنواخت سرعت و زمان با فاصله مرتبط است. همچنین مثلث AEB مجموعه‌ای از مونتوم‌های بی‌نهایت کوچک است که امکان حرکت شتابدار یکنواخت و پیوسته را می‌دهد.

حال شکل زیر را در نظر بگیرید. این نمودار هم دو مؤلفه دارد. خط HI مسیر حرکت جسم سقوط‌کننده است که به‌وسیلهٔ خط‌کش مدرج شده و فواصل روی آن فواصل

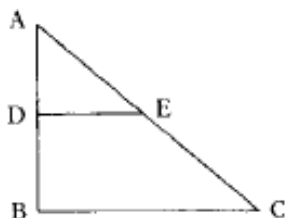
طی شده در فاصله‌های زمانی یکسان را بیان می‌کند:  $HL, LM, MN, \dots$  که متناسب با اعداد فرد ۱ و ۳ و ۵ و ... است.  $AB$  که به فواصل  $AD, DE, EF, \dots$  تقسیم شده است، زمان را با سرعت‌های لحظه‌ای عمود بر آن بیان می‌کند. سطوح حاصل نشان‌دهنده زمان هندسی هستند. کار مهم دکارت این بود که دو کمیت عددی و هندسی را با هم ترکیب کرد. او در رساله هندسه نشان می‌دهد که چگونه با مختصات‌بندی این کار را می‌کند.



نمودار ۲

دکارت دو بار در جوانی‌اش (در ۱۶۱۹ و ۱۶۲۹) مسئله سقوط آزاد را بررسی کرد. او خط  $ADB$  فاصله طی شده و خطوط عمود بر  $AB$  را سرعت در نظر می‌گیرد.  $ADE$  «کمیت حرکت» جسمی است که روی  $AD$  حرکت می‌کند و  $DECB$  «کمیت حرکت» جسمی است که روی  $DB$  حرکت می‌کند. او نتیجه گرفت جسمی که از مسیر  $DB$  حرکت می‌کند سه برابر سریع‌تر از وقتی است که از مسیر  $AD$  حرکت می‌کند، بنابراین در سقوط آزاد سرعت متناسب با فاصله طی شده افزایش می‌یابد نه زمان.

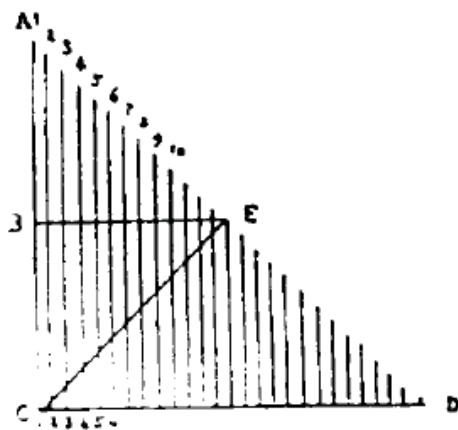
شکل ۱



ده سال بعد دکارت در سال ۱۶۲۹ نسخه دیگری از حل این مسئله را برای مرسن می فرستد. در این روش جدید نیز او دوباره  $ABC$  را بعد مربوط به مسیر حرکت جسم در حال سقوط در نظر می گیرد و نه زمان. او در این باره می گوید:

«در خلأ هر آنچه به حرکت درآید به طور پیوسته به حرکت خود با سرعت ثابت ادامه خواهد داد. فرض کنید جسمی در  $A$  وجود داشته باشد که توسط نیروی وزنش به  $C$  هُل داده شود... اولین خط بر نیروی سرعت تأثیرگذار در لحظه اول، خط دوم بر نیروی سرعت تأثیرگذار در لحظه دوم و خط سوم بر نیروی تأثیرگذار بر لحظه سوم و فس علی هذا دلالت می کند.» (quoted by Grosholz, 1991: 104)

شکل ۲



بنابراین خط  $CD$  زمان تفکیک شده در لحظات و مثلث  $ABE$  افزایش سرعت حرکت را برای جسمی که از  $A$  به  $B$  می رود نشان می دهد. دوزنقه  $BEDC$  سه برابر

مساحت مثلث ABE است. بنابراین دکارت نتیجه می‌گیرد که جسم در حال سقوط از B به C سه برابر سریع‌تر از A به B حرکت می‌کند و برای اولین بار نتیجه می‌گیرد که سرعت جسم در حال سقوط آزاد به‌عنوان تابعی از مسافت نه زمان طی‌شده افزایش می‌یابد. این مطلب اشتباه رایج در اواخر قرن شانزدهم و اوایل قرن هفدهم بود و تکرار این اشتباه توسط دکارت و نقدهای مکرر او به گالیله نشان می‌دهد که او هرگز تفاوت‌های قاطع بین در نظر گرفتن زمان به‌عنوان پارامتر به‌جای فضا را متوجه نشد.

به‌رغم روش قدیمی مفهوم‌سازی موقعیت‌های فیزیکی برحسب نظریه‌انگیزه (مثلاً وزن به‌عنوان نیرویی درونی که جسم را از A به C می‌برد، در نظر گرفته می‌شد) دکارت با به‌کارگیری استدلال در حوزه بی‌نهایت کوچک و چیزی شبیه انتگرال‌گیری به مقایسه سطوح ABE و BEDC پرداخت. او فرض کرد که حرکت در خلأ نیز می‌تواند رخ دهد.

## ۵. روش دکارتی

مواردی از کارهای دکارت در عرصه فیزیک که در بالا ذکر کردیم، از ظهور روش جدیدی برای استدلال در علوم تجربی خبر می‌دادند. دکارت معتقد بود که این روش برای ایجاد یک فیزیک جدید کافی است. بحث دکارت درباره روش در رساله گفتار در روش درست راه بردن عقل و جست‌وجوی حقیقت در علوم بود. او قواعد چهارگانه از روش خود را چنین بیان می‌کند:

«نخست اینکه هیچ‌گاه هیچ‌چیز را حقیقت نپندارم جز آنکه درستی آن بر من بدیهی شود، یعنی از شتاب‌زدگی و سبق ذهن سخت بپرهیزم و چیزی را به تصدیق نپذیرم، مگر آنکه در ذهنم چنان روشن و متمایز گردد که جای هیچ‌گونه شکی باقی نماند.

دوم آنکه هر یک از مشکلاتی را که به مطالعه در می‌آورم تا می‌توانم و به اندازه‌ای که برای تسهیل حل آن لازم است، تقسیم به اجزا نمایم.

سوم آنکه افکار خویش را به ترتیب جاری سازم و از ساده‌ترین چیزها که علم به آنها ساده‌تر است، آغاز کرده کم‌کم و درجه‌به‌درجه به معرفت مرکبات برسم و حتی برای اموری که طبعاً تقدم و تأخر ندارند ترتیب فرض کنم.

چهارم آنکه در هر مقام شماره امور و استقصا را چنان کامل نمایم و بازدید مسائل را به اندازه‌ای کلی سازم که مطمئن باشم چیزی فروگذار نشده است.» (Sorell, 2000: 46)

این قواعد را می‌توان بدین صورت خلاصه نمود: «بدهت، تحلیل، ترکیب و استقصا». قاعده اول بر این نکته تأکید می‌کند که تنها باید به چیزهایی توجه کنیم که به نظر می‌آید اذهان ما می‌توانند به نحو یقینی و تردیدناپذیر درک کنند. این چیزها همان اعداد و شکل‌های حساب و هندسه و برهان‌های مربوط به آنهاست. اما در رساله گفتار به نظر می‌رسد که درستی امور ریاضی هم می‌تواند مورد تردید قرار گیرد. البته این بدان معناست که دکارت معتقد بوده که دریافت قطعیت و درستی امور ریاضی تنها در پرتو حقایق مربوط به خدا و روح امکان‌پذیر است.

قاعده دوم در واقع روش معادله‌سازی است. دکارت معتقد است که باید مجهول را مشخص و معین کرد و در مسائل پیچیده و مرکب باید آنچه را که مربوط به آنها نیست کنار گذاشت. دکارت این روش را «تحلیل» (analysis) می‌نامد. قاعده سوم به مسئله نظم و ترتیب می‌پردازد. پس از تحلیل مرکب به بسط باید دوباره درجه به درجه از بسط به مرکب برگشت. دکارت این روش را «ترکیب» (synthesis) می‌نامد. گویا به نظر دکارت این کار بدون توجه به ترتیب زمانی؛ یعنی تقدم و تأخر و حتی منطق صوری باید انجام شود و به نوعی استعداد و شهود ذهنی وابسته است. همان‌طور که بودچال معتقد است، این روش‌ها را می‌توان در دو مقوله تحلیلی و ترکیبی (Buchdahl, 1963: 243) تقسیم‌بندی کرد، یعنی ما در ابتدا از بررسی داده‌ها به فرضیه‌ها می‌رسیم (تحلیل) و سپس به کمک قیاس و استنتاج از فرضیه‌ها داده‌هایی را نتیجه می‌گیریم (ترکیب).

سرانجام در قاعده چهارم باید هر آنچه که در عرض و طول مسئله قرار می‌گیرد، را استقصا کرد. دنیل گاربر در مقاله «روش دکارت و نقش آزمایش» معتقد است:

«هدف از بیان روش رسیدن به معرفت یقینی است. علمی که از فرض‌های شناخته‌شده شهودی نتیجه می‌شود. آنچه روش به ما می‌دهد روندی کارا برای کشف شهودی مناسب است، چیزی که از آن می‌توان پاسخ به پرسش مطرح‌شده را نتیجه گرفت. این روش مسیری را به ما می‌دهد که استنتاج باید از آن پیروی کند. این فرایند کارا تحویل یک پرسش به پرسش‌های پایه‌ای‌تر است. ... دکارت فکر می‌کرد که این تحویل هم ما را به یک شهود هدایت می‌کند و هم نشان می‌دهد که ما چگونه می‌توانیم از شهود به پرسش‌هایی که به‌طور بنیادین مطرح شده برگردیم.» (Garber, 1998: 238)

دکارت معتقد بود که روش چهارگانه او حاوی منطق کاملاً جدیدی است که جای منطق قیاسی ارسطویی را می‌گیرد. منظور دکارت از بیان این نکته چه بود؟ منظور او این

بود که اگر کسی در کار تحقیق تنها با استفاده از این قواعد به نتایجی برسد، آن نتایج را می‌توان کاملاً از راه استدلال یا برهان ثابت کرد. این قواعد یک منطق جدید را تشکیل می‌دادند؛ زیرا دکارت برخلاف نظریهٔ ارسطویی، به جای اینکه خدشه‌ناپذیر بودن برهان را به نسبت میان شکل مقدمات و نتیجه وابسته کند - یعنی به جای اینکه بگوید که مقدمات و نتیجه باید از ترکیب درست موضوع‌ها و محمول‌ها به دست آمده باشد - آن را وابسته به تأثیری می‌داند که این مقدمات و نتیجه بر ذهنی که خود را اصلاح کرده است و در هوشیاری و مراقبت در تصدیق به بالاترین مراتب رسیده باشد می‌گذارد. آیا اثبات‌ها و براهین دکارت در علوم تجربی مثل نورشناسی از این روش پیروی می‌کنند؟ این پرسشی است که مرسن در مکاتبه‌ای آن را بیان می‌کند و دکارت چنین پاسخ می‌دهد:

«به نظر من براهنی است؛ یعنی تا آن حد که می‌توان پیش از اثبات مبانی فیزیک از راه مابعدالطبیعی براهنی به دست آورد این مطالب براهنی است. اما اثبات مبانی فیزیک از راه مابعدالطبیعی کاری است که من امیدوارم روزی به آن موفق شوم هرچند هنوز توفیق آن را پیدا نکرده‌ام. و نیز این مطالب تا آن حد براهنی است که بتوان راه‌حل مسئله‌ای را در مکانیک یا نورشناسی یا نجوم یا هر علم دیگری که هندسه یا حساب محض نباشد براهنی کرد. اما کسی که از من برهان هندسی در حوزهٔ طبیعیات بخواهد در واقع طالب محال است.» (Sorell, 2000: 48)

در واقع چیزی که توقع براهینی از نوع براهین هندسی را در فیزیک برمی‌انگیزد خود رسالهٔ گفتار است؛ زیرا می‌گوید امکان آن هست که همهٔ چیزهایی را که در معرفت بشری می‌گنجد به همان قسم نسبت به یکدیگر مترتب باشند. دکارت در نامه‌هایی که پس از تألیف گفتار نوشته می‌گوید که در علوم بیش از یک نوع اثبات یا برهان است و خود او نیز در شکست نور نوعی برهان را آزموده است که فرضیه‌های آن به سبب قدرتی که در توضیح پدیده‌ها دارند، اثبات می‌شوند. البته اینکه فرضیه‌ها را به این طریق اثبات کنیم کاملاً معقول است به شرط آنکه دقیقاً بدانیم چه چیزی را برهان یا اثبات می‌نامیم. درحالی‌که دکارت منطق جدیدی ارائه کرده است که مدعی است به صورت دقیق برهان را از غیر آن متمایز می‌کند و معلوم نیست که در قواعد این منطق جایی برای این نوع برهان تجربی وجود داشته باشد.

مثلاً برای آنکه بسیاری از براهین دکارت را در نورشناسی بپذیریم، باید معتقد باشیم که عمل نور از طریق به حرکت درآوردن مادهٔ لطیفی است که روزنه‌های خردی را که در اجسام وجود دارند، پر کرده است. درحالی‌که معلوم نیست که چنین مادهٔ لطیفی وجود



داشته باشد یا اجسام زمینی چنین روزنه‌های خردی داشته باشند یا اینکه نور از طریق این ماده لطیف منتشر شود. اما بنا به قاعده اول دکارت ما باید تصدیقات خود را به چیزهایی منحصر کنیم که مثل شب و روز روشن باشند و جایی برای شک کردن در آن‌ها نباشد. بنابراین به نظر می‌آید که این قاعده براهینی را که دکارت در تبیین‌های تجربی خود بدان متمسک می‌شود، را هنوز اقامه‌نشده از اعتبار ساقط می‌کند.

دکارت خود بر این مشکل در روش‌شناسی‌اش واقف است. یعنی اینکه تنها استدلال‌های ریاضی محض خدشه‌ناپذیرند و همین‌که استدلال بر فرض‌های غیر متکی شود، دقتی که لازم دارد تا از هر چون و چرایی در امان بماند، از دست می‌دهد. به همین سبب او می‌گوید که تنها چیزی که این مشکل را حل می‌کند اثبات فیزیک از طریق مابعدالطبیعه است، یعنی اثبات به‌طور انتزاعی.

## ۶. نتیجه‌گیری

دیویس و هرش در کتاب *رؤیای دکارت* معتقدند که دکارت «معرفت رایج را مخلوط غیرنقاده از واقعیت و تخیل، افسانه و شایعات، با معنی و بی‌معنی، آموزه‌ها و جزئیات، آزمایشات و حدس‌ها و پیش‌داوری‌ها می‌دید که همگی با متافیزیک منسوخ و غیرمؤثر و فرایندهای گمراه‌کننده و بی‌نظم برانگیخته شده بود». از این رو او سعی کرد تا «با پالودن این چیزها اصلاح و انقلابی نماید و روشی را جایگزین کند که حقیقت و یقین را آشکار سازد و علم جدید را با نگرش و فلسفه‌ای جدید از صدق تضمین کند». (Davis&Hersh, 1986: 7) او با فلسفه اولی خود سعی کرد زیربنای علوم طبیعی را استحکام بخشد.

به عقیده او مجموعه‌اشیای محسوس و مرئی واقعیت جهان را می‌سازند و در نتیجه به‌نحوی جهان لاجد و نامحدود به‌نظر می‌رسد و در تصور هر نوع ورایی خارج از جهان موجود ناممکن است. موجودی که در مرکز دریای بی‌کرانی قرار گرفته، قادر نخواهد بود نه به‌نحو عینی و نه به‌نحو ذهنی از حدود و ثغور و از ورای آن آگاه شود. از این رو دکارت می‌کوشد تا در امور این جهان بیندیشد و به شناخت ترتیب امور پردازد. روش او در این میان روش ریاضی است. دکارت شناخت را اصل و هستی را فرع قرار داده بود و این شناخت را هم براساس رابطه فکر - امتداد استوار کرده بود. فکر جنبه نظری و امتداد جنبه ریاضی است و ترکیب این دو به همان رهیافت نظری منجر می‌شود که بنیاد فیزیک ریاضی و اصولاً دوران غرب و علم جدید است.

## منابع

- تامسون، گرت ۱۳۸۵. *فلسفه دکارت*، ترجمه علی بهروزی، تهران: طرح نو.
- کاپلستون، فردریک ۱۳۷۰. *فیلسوفان انگلیسی*، ترجمه امیر جلال‌الدین اعلم، تهران: سروش.
- Bchdahl, Gerd 1963. "The relevance of Descarted's Philosophy for Modern Philosophy of Science" *The British Gournal for the Philosophy of Science*, Vol 1, NO 3.
- Davis, Philip J.&Hersh,Reuben 1986. *Descartes' Dream: The World According to Mathematics*, The Harvester Press.
- Descartes 1983. *Principles of Philosophy*, ed. V.R.Miller and R.P.Miller, Dordrecht: D.Reidel.
- Garber, Daniel 1998. "Descartes' Method and the Role of Experiment" *DESCARTES Edited by JOHN COTTINGHAM*, Oxford University Press.
- Grosholz, Emily R 1991. *Cartesian Method and the Problem of Reduction*, Oxford University Press.
- O'Briant, Walter 1991. "Doubting The Truths of Mathematics in Descartes's Meditation" *Rene Descartes: Critical Assessments*, Volume 2, edited by Georges G.D.Moyal, Routledge.
- Simmons, Alison 2003. "Descartes on the Cognitive Structure of Sensory Experience" *Philosophy and Phenomenological research*, Vol. 67, No.3.
- Sorell, Tom 2000. *Descartes: A very short introduction*, Oxford University Press.
- Wilson, Margaret 1993. "Descartes on the Perception of Primary Qualities" *Essays on the Philosophy and Science of Rene Descartes*, edited by Stephen Voss, Oxford University Press.