تاریخ‌نگاری برون‌گرایانهٔ علم: بازخوانی تز هِسن ـ گروسمان[1]

امیرمحمد گمینی[2]
دانشجوی دکتری تاریخ و فلسفه علم در مؤسسه پژوهشی حکمت و فلسفه ایران

تاریخ دریافت: ۸۸/۱۲/۱۷
تاریخ تأیید: ۸۹/۰۳/۰۸

چکیده

مقاله‌ای که بوریس هسن[3] در ۱۹۳۱ منتشر کرد، توجه مورخین علم را به عوامل اجتماعی و ایدئولوژیک در شکل‌دهی تاریخ علم جلب کرد. این مقاله نوع جدیدی از تاریخ‌نگاری علم را ایجاد نمود که تاریخ‌نگاری برون‌گرا نامیده می‌شود. مدتی بعد یک ریاضی‌دان مارکسیست دیگر به نام هنریک گروسمان[4] بی‌خبر از مقالهٔ هسن، دو مقاله با دیدگاهی مشابه و مکمل دیدگاه وی ارائه داد. مقالهٔ هسن دربارهٔ عوامل اجتماعی و اقتصادی مؤثر در پژوهش‌های علمی نیوتن در کتاب *اصول* بود، درحالی که گروسمان تز مشابهی را دربارهٔ مکانیک‌گرایی دکارتی پیشنهاد می‌کرد. با اینکه تز هسن به عنوان افکار مارکسیستی عوامانه به کناری گذاشته شده است، می‌توان آن دو را با هم تکمیل کرد و روایتی دقیق‌تر از کیفیت تأثیر عوامل بیرونی بر تاریخ علم ارائه داد. در این مقاله سعی در تهیهٔ چنین ترکیبی دارم.

واژگان کلیدی: تاریخ‌نگاری برون‌گرایانهٔ علم، نیوتن، مکانیک‌گرایی، دکارت، تز هسن - گروسمان

مقدمه

سال‌ها از انتشار مقالهٔ جنجالی بوریس هِسن (۱۸۹۳-۱۹۳۶) با نام «مبانی اجتماعی و اقتصادی اصول نیوتن»[5] می‌گذرد. این مقاله برای اولین بار در کنفرانس بین‌المللی تاریخ علم در لندن در سال ۱۹۳۱ ارائه شد. این کنفرانس که در فضایی نسبتاً چپ همراه با تعدادی میهمان از شوروی برگزار می‌شد، شامل مباحثی در ارتباط علم و تکنولوژی بر مبنای نگاه مارکسیستی بود. مقالهٔ هسن در این کنفرانس بسیار تأثیرگذار بود. وی در این

۱. این اثر تحت حمایت مالی مرکز تحقیقات نجوم و اخترفیزیک مراغه (ایران، مراغه، صندوق پستی ۴۴۱-۵۵۱۳۴) تهیه شده است، که بدین وسیله سپاس خود را از ریاست محترم و دیگر مسئولین آن مرکز علمی اعلام می‌دارم. همچنین از جناب آقای دکتر علی قیصری برای راهنمایی‌هایشان در تهیهٔ این مقاله سپاسگزارم.

2. Email: gamini@irip.ir

3. Boris Hessen

4. Henryk Grossmann

5. "The Social and Economic Roots of Newton's *Pricipia*" (1931)

مقاله نشان می‌داد که کتاب مهم و تأثیرگذار نیوتن با نام *اصول ریاضی فلسفه طبیعی*[1]، که ایجادکنندهٔ سنت نوین فیزیک در قرن هفدهم و هجدهم بود، نه با نبوغ و روشن‌بینی نویسنده‌اش، بلکه بر اساس نیازها و فضای فکری و طبقاتی بورژوازی قرن هفدهمی انگلستان شکل گرفته است. بدین ترتیب برخلاف دیدگاه درون‌گرایانه به تاریخ علم، فیزیک نیوتنی نتیجهٔ منحصر به فرد و اجتناب‌ناپذیر ریاضیات و فیزیک پیش از خود نبوده است و اگر فضای فکری و نیازهای اقتصادی و صنعتی دیگری در آن دورهٔ انگلستان موجود بود، تاریخ علم کاملاً به شیوه‌ای دیگر رقم می‌خورد.

تاریخ‌نگاری برون‌گرا[2]، با تأکید بر نقش عوامل اجتماعی و اقتصادی در شکل‌گیری تاریخ علم و ایجاد نظریات و دیدگاه‌های جدید، پای عوامل غیرعلمی را در مسیر حرکت تاریخی علم باز می‌کند. «برون‌گراها، مخصوصاً اعضای مکتب مارکسیسم، معتقدند که مسیر دانش علمی توسط نیروهای تکنولوژیک شکل گرفته است که در نهایت توسط فاکتورها و ساختارهای اجتماعی و اقتصادی تعیین می‌شوند» (Shuster, 2000: 334).

این دیدگاه در برابر تاریخ‌نگاری درون‌گرا[3] قرار می‌گیرد که تنها بر نقش عوامل ذهنی و منطقی درونِ خودِ علم تأکید دارد. شوستر دیدگاه کلاسیک درون‌گرایی را به این صورت خلاصه می‌کند: «درون‌گراها معتقدند که ایده‌ها و روش‌های علمی مستقل است و از طریق دینامیسم درونی تعقل و روش‌های عقلانی خود را آشکار می‌سازد. شرایط اجتماعی و اقتصادی در بهترین حالت بر موقعیت زمانی و جهت تحقیقات می‌تواند تأثیر بگذارند و در بدترین حالت مانعی در برابر تحقیقات خواهند بود» (Ibid). بنابراین برون‌گراهایی مانند الکساندر کوایره[4] دست به تهیهٔ شجره‌نامهٔ هر مبحث علمی می‌زنند. پروژهٔ کوایره این بود که تحول ایده‌ها را در تاریخ علم دنبال کند.

در قدم اول شاید به نظر برسد که مسائل صرفاً علمی مثل یافتن سرعت سقوط اجسام یا علت حرکت رجعی سیارات چه ربطی به شرایط اقتصادی و اجتماعی دارد. درون‌گراها معتقدند که مسائل و نظریات جدید در علم مولود شرایط منطقی درون خود علم است و وابسته به مسائل حل‌شده و نظریات ارائه شده در گذشته. ولی آیا واقعاً چنین است؟ به نظر

1. The Mathematical Principles of Natural Philosophy
2. externalism
3. internalism
4. Alexandar Koyre

می‌رسد بعضی سؤال‌ها دربارهٔ تاریخ علم را نمی‌توان با دیدگاه درون‌گرایانه پاسخ داد. مثلاً چرا فلسفه طبیعی در طول تاریخ از زمان یونان باستان و تمام دوره اسلامی، برای تعیین و صورت‌بندی ریاضی سرعت سقوط اجسام هیچ تلاشی نکرد؟ آیا فقط به خاطر اینکه هنوز علم آنقدر پیشرفت نکرده بود که این مسئله برای دانشمندان مطرح شود، یا اینکه افزایش نیاز جامعه به ماشین‌ها و ابزارآلات تولید، فیزیک‌دانان و ریاضی‌دانان را برآن داشت که به خواص کمّی پرتابه‌ها بیشتر توجه کنند و با نگاهی ماشینی به طبیعت بنگرند؟ بعضی از مورخان علم که دیدگاه برون‌گرایانه را جدی نمی‌گیرند، گمان می‌کنند منظور برون‌گراها از تأثیر عوامل اقتصادی در تاریخ علم این است که مثلاً فقر اقتصادی یا زیاده‌خواهی مالی باعث شد که گالیله بفهمد سرعت سقوط اجسام، ارتباطی با وزن آن‌ها ندارد، یا شرایط مالی در قرن هفتم هجری توجه منجمان مکتب مراغه را به تناقضات فلسفی مدل‌های بطلمیوسی جلب کرد. ولی داستان چنین نیست. باید دانست که اکثر تحلیل‌های برون‌گرایانه از تاریخ علم، ادعا ندارد که عوامل بیرونی مثل جامعه و اقتصاد همیشه تعیین‌کنندهٔ تمام جزئیات محتوای علم هستند، اگر هم روابطی بین این عوامل با محتوای علم بیابند آن را به تمام نظریات و قوانین علمی تسری نمی‌دهند.

جالب اینکه همان طور که هسن تلاش کرده است مبانی اجتماعی و اقتصادی کتاب *اصول* نیوتن را برملا کند، اخیراً بعضی از مورخین علم نیز نشان داده‌اند که خود هسن نیز در ارائهٔ تزش تحت تأثیر عوامل اجتماعی بوده است. چرا که در آن زمان در اتحاد جماهیر شوروی، نظریات آلبرت اینشتین مورد پذیرش فلاسفه کمونیست نبود و آن را به عنوان «علم بورژوا» می‌شناختند. در آن دوران فیزیک شوروی و خودِ هسن تحت فشار بسیاری بودند. هسن بارها تلاش کرده بود که نظریه نسبیت اینشتین را از حمله‌های مارکسیسم عوامانه حفظ کند. هسن با این مقاله می‌خواست نشان دهد علم نیوتنی را نیز می‌توان به عنوان علم بورژوا در نظر گرفت، چرا که تحت تأثیر عوامل اجتماعی شکل گرفته است. ولی همان طور که فلاسفه کمونیست نیز اذعان داشتند، علم نیوتنی دارای اعتبار کافی است. بنابراین هسن می‌خواست نتیجه بگیرد که نمی‌توان انگیزه‌های اجتماعی در علم را به عنوان حربه‌ای در برابر فیزیک اینشتینی به کار برد، چرا که مکانیک معتبر نیوتنی نیز تحت تأثیر عواملی مشابه شکل گرفته است (Graham, 1985). با این همه، نمی‌توان مقالهٔ هسن را در اتحاد جماهیر شوروی تأثیرگذار دانست، در حالی که بر تاریخ‌نگاری غربی تأثیر گسترده‌ای داشته است.

با اینکه بعدها مقالهٔ هسن به عنوان نوعی تاریخ نگاری عوامانهٔ مارکسیستی به کناری گذاشته شده است (Shaffer, 1984: 26)، ولی تأثیری عمیق بر بسیاری از افراد از جمله برنال، کروتر، لوی، نیدهام، مرتون، راوتز[1] و دیگران برجا گذاشت. از طرف دیگر کسانی مانند کلارک، هال و وستفال[2] شدیداً وی را مورد انتقاد قرار دادند. برای مثال کلارک قبول داشت که نیوتن و بویل تحت تأثیر انگیزه‌های اجتماعی به تولید علم دست زده‌اند، ولی تأکید داشت که نقش دانشگاه‌ها این است که دانشمندان را از فشار انگیزه‌های اجتماعی آزاد کنند و تنها انگیزهٔ آن‌ها کشف حقیقت باشد. بدین ترتیب نفی هر گونه دیدگاهی مشابه دیدگاه هسن در سال‌های بعد از جنگ جهانی دوم، دهه‌های پنجاه تا هفتاد در امریکا و انگلستان در میان مورخین علم گسترش پیدا کرد. ایشان کار علمی را از فشارهای اجتماعی کاملاً رها می‌دانستند (Shaffer, 1984: 24).

مقالهٔ هسن را می‌توان درکنار آثاری دیگر در همان دوره قرار داد. یک ریاضی‌دان چیره دست با نام هنریک گروسمان (۱۹۵۰–۱۸۸۱) کار ناتمام هسن را – البته بی‌خبر از مقالهٔ وی – در دهه‌های سی و چهل با تمرکز بر دورهٔ قبل از نیوتن یعنی مکانیک‌گرایی در دورهٔ دکارت، به طرزی محققانه‌تر ادامه داد. مقاله‌های وی با نام‌های «مبانی اجتماعی فلسفه و مصنوعات مکانیکی»[3] و «دکارت و خاستگاه‌های اجتماعی مفهوم مکانیکی جهان»[4] در سال‌های ۱۹۳۵ و ۱۹۴۶ منتشر شد. همان طور که از نام این مقاله‌ها برمی‌آید، گروسمان بدون تمرکز بر اثر خاصی، نگاهی برون‌گرا به تأثیرات اجتماعی مؤثر بر ایجاد فضای مکانیک‌گرایی قرن شانزدهم و هفدهم اروپا می‌اندازد.

مقاله‌های گروسمان با اینکه توجه زیادی به خود جلب نکرد، ولی اخیراً از طرف مرکز مطالعات بوستن در فلسفه علم، به همراه مقالهٔ هسن در یک مجلد چاپ گردیده است[5]. ویرایشگران این کتاب معتقدند که عدم اقبال به مقاله‌های گروسمان از سوی مورخان علم باعث شده است که نظر هسن مورد بد فهمی قرار بگیرد. در صورتی که اگر این مقاله‌ها را در کنار هم قرار دهیم با آموزه‌ای روبرو می‌شویم که قابل قبول‌تر به نظر می‌رسد.

1. J.D. Bernal, J.G. Crowther, Hyman Levy, Joseph Needham, Robert K. Merton, J.R. Ravetz
2. G.N. Clark, A.R. Hall, R.S. Westfall
3. "The Social Foundations of the Mechanistic Philosophy and Manufacture"
4. "Descartes and the Social Origins of the Mechanistic Concept of the World"
5. G. Freudenthal and P. McLaughlin (editors), *The Social and Economic Roots of the Scientific Revolution*, Boston Studies in Philosophy of Science, 2009.

از طرف دیگر تاریخ‌نگاری برون‌گرا در ارتباط با جامعه‌شناسی معرفت قرار می‌گیرد. از آنجا که مقالهٔ هسن پای عوامل اجتماعی و ایدئولوژیک را به تاریخ علم باز می‌کند، معمولاً به عنوان راهگشای جامعه‌شناسان معرفت به سوی بررسی مبانی جامعه‌شناختی معرفت علمی شناخته می‌شود ر.ک: (مولکی، ۱۳۸۴: ۲۲-۲۱)؛ (سردار، ۱۳۸۵: ۱۳) و (Nola, 2003: 191).

اما جامعه‌شناسی معرفت در دورهٔ کلاسیکِ خود معمولاً علم را به عنوان حوزه‌ای خالص و عینی از دستبرد تحقیقات جامعه شناسانه دور می‌دید، و تنها بعد از اتفاقاتی که در حوزهٔ فلسفهٔ علم در دهه پنجاه میلادی روی داد - مثل کتاب تأثیرگذار توماس کوهن[1]، *ساختار انقلاب‌های علمی*[2] - وارد تحقیق و قضاوت در محتوای علم شد و تلاش کرد که نشان دهد نه تنها انگیزه‌های فعالیت‌های علمی و طرح مسائل جدید در آن بر اساس پیش‌فرض‌های اجتماعی شکل می‌گیرد، بلکه توجیه محتوای علم و عقلانیت آن، مانند هر حوزهٔ معرفتی دیگری مانند فلسفه با توجه به معیارهای اجتماعی، غیرعینی و ایدئولوژیک جامعه برساخته می‌شود.

با اینکه تز هسن به عنوان افکار مارکسیستی عوامانه به کناری گذاشته شده است، می‌توان آن دو را با هم تکمیل کرد و روایتی دقیق‌تر از کیفیت تأثیر عوامل بیرونی بر تاریخ علم ارائه داد. در این مقاله سعی در تهیهٔ چنین ترکیبی دارم.

۱- هِسن و مبانی فیزیک نیوتن

هسن مقالهٔ خود را با اشاره به ستایش‌ها و تحسین‌هایی که از نیوتن شده است، آغاز می‌کند. آیا نیوتن واقعاً یک نابغهٔ بزرگ بود؟ وی تصریح می‌کند که در این مقاله قصد دارد بر اساس فلسفهٔ ماتریالیزم دیالکتیک مارکس[3] به تاریخ علم نظر کند و نیوتن را در زمینهٔ دوره‌ای که در آن می‌زیسته است مورد بررسی قرار دهد. به عقیدهٔ مارکس جامعه همانند یک کل زیستمند[4] عمل می‌کند. انسان‌ها در فرایند تولید اجتماعی وارد روابط مشخصی می‌شوند که از اختیار آن‌ها خارج است. در واقع، این طریقهٔ تولید مادی زندگی است که فرایندهای اجتماعی، سیاسی و فکری زندگی اجتماعی را متعین می‌سازد. قرون پانزده و شانزده، دوران انقلاب اجتماعی در اروپا است. دورانی که شامل تغییراتی در زیرساخت‌های اقتصادی جامعه اروپایی است. هسن معتقد است برخلاف دیدگاه‌های سنتی

1. Thomas Kuhn
2. The Structure of Scientific Revolutions
3. Karl Marx (1818-1883)
4. organic whole

فلسفه تاریخ – مثل هگل[1] و کارلایل[2] – که معتقدند انگیزه‌های ایدئولوژیک، فرایند تاریخ را مشخص می‌کنند و افراد و اشخاص بر اساس نظرگاه‌ها و دیدگاه‌های فکری خود مسیر نهایی تاریخ را می‌سازند؛ مارکس نشان می‌دهد که فاعل اصلی در تاریخ، توده‌های مردم هستند نه نوابغ منفرد. بنابراین بر اساس فلسفه مارکس در مطالعهٔ تاریخ باید فردگرایی[3] و ایدئالیزم را حذف کنیم، چرا که بدون شک تمامی ایده‌ها و افکار از شرایط نیروهای تولید مادی سر بر می‌آورند؛ و علم نیوتنی نیز از این قاعده مستثنی نیست.

بنابراین برای فهم علل و انگیزهای فیزیک نیوتنی، باید نگاهی داشت به اقتصاد و تکنولوژی عصر نیوتن. قرن شانزدهم و هفدهم دوران فروپاشی نظام فئودالی و آغاز سرمایه‌داری است. دورانی که شامل تحولات و تغییرات عمده در جامعهٔ اروپا است. با اطمینان می‌توان گفت که این تغییرات در حوزه‌های علمی و فکری نیز بسیار مؤثر بوده است، وگرنه چرا انقلاب‌های علمی دقیقاً در همین عصر انقلاب‌های اجتماعی اتفاق افتاده‌اند و کتاب‌های مهم و سرنوشت‌ساز در همین دوران به رشتهٔ تحریر در آمده‌اند. آیا باید گمان کنیم در روند انباشتی پیشرفت علم در طول قرون، دانشمندان تصادفاً درست در همین دورانِ انقلاب‌های اجتماعی، با مسائل اساسی علمی روبرو شدند؟ یا نابغه‌ها در زهدان مادران منتظر نشسته بودند و به طور کاملاً اتفاقی ناگهان در این دوران همه متولد شدند؟! یا اینکه میان مسائل اجتماعی و مباحث علمی روابط و تأثیر و تأثرات مستحکمی است، که در تاریخ نگاری علم باید به طور جدی مورد توجه قرار گیرند؟

هسن معتقد است این حلقهٔ ارتباطی را باید در «نیازهای» فن‌آورانهٔ آن دوره جستجو کرد. این نیازها تا زمانی که در دوران فئودالیزم هستیم، خود را نشان نمی‌دهند چرا که در آن دوران برخلاف دوران سرمایه‌داری، با تولید انبوه محصولات و نیازهای تکنیکی مربوط به آن روبرو نیستیم. نیازهایی که پیشرفت‌های قابل توجهی را در حوزه‌های مختلف فن‌آوری طلب می‌کند. هسن این نیازهای فن‌آورانه را در سه حوزهٔ حمل و نقل، صنعت و جنگ مورد بررسی قرار می‌دهد و بدین ترتیب نشان می‌دهد که در آن دوران برای رفع این نیازها چه مسائلی در حوزه‌های علمی و مهندسی باید مورد توجه قرار می‌گرفت. در نهایت وی نتیجه می‌گیرد که علم جدید در جهت رفع نیازهای تکنیکی برای ساخت ماشین‌ها و دستگاه‌های مورد نیاز در این حوزه‌ها به وجود آمده است.

1. Georg Wilhelm Friedrich Hegel (1770-1831)
2. Thomas Carlyle (1795-1881)
3. individualism

۲- حمل و نقل

در دوران فئودالیزم، صادرات و واردات محصولات کشاورزی در ابتدای قرون وسطی باعث پیشرفت‌های بسیاری در تجارت شد. افزایش تجارت در مقیاس جهانی باعث توجه بیشتر به راه‌سازی و ارتباطات بین‌المللی برای تجارت بیشتر گردید. ولی این پیشرفت هیچ‌گاه قابل مقایسه با پیشرفت‌هایی که بعدها با آغاز دوران سرمایه‌داری و افزایش چشمگیر تولید محصولات صنعتی و نیاز به تجارت گسترده‌تر در مقیاس جهانی روی داد، نیست. ارتباط افزایش حمل و نقل دریایی توسط دریانوردان اروپایی، با افزایش تولیدات صنعتی در قرن شانزدهم، زمانی خود را بیشتر نشان می‌دهد که می‌بینیم مثلاً با وجود اشاره به اختراع قطب‌نما در کتب علمی مسلمانان در قرن سیزدهم، این اختراع هیچ‌گاه تا نیمهٔ دوم قرن شانزدهم مورد توجه اروپاییان قرار نگرفت. تنها در این زمان است که پیشرفت سرمایه‌داری، افق‌های جغرافیایی را گسترش می‌دهد و سرعت زندگی را شتاب می‌بخشد. نیاز به روش‌های گسترده‌تر و وسیع‌تر حمل و نقل در این دوران به شدت احساس می‌شود و بدین ترتیب نیازهای گسترده‌ای در حوزه‌های حمل و نقل رودخانه‌ای و دریایی بروز می‌کند. هسن این نیازهای فن‌آورانه را به ترتیب نام می‌برد و نشان می‌دهد هر کدام از این نیازها در کدام حوزهٔ علمی باید پاسخ داده می‌شد:

۱- افزایش ظرفیت و سرعت کشتی‌ها؛ این نیاز که به مسائل اجسام شناور در آب و سیالات مربوط می‌شد، به علم هیدرواستاتیک پیوند می‌خورد.

۲- بهبود شرایط شناوری و تعادل کشتی‌ها؛ قوانین حرکت اجسام شناور در سیالات، با علم هیدرودینامیک در ارتباط است و برای رفع این نیازها، آن علم باید مورد توجه قرار می‌گرفت.

۳- تعیین موقعیت کشتی بر اساس طول و عرض جغرافیایی، تعیین جهات جغرافیایی و زمان جزر و مدها در دریاها و اقیانوس‌ها؛ تعیین عرض جغرافیایی مسئله‌ای بود که مدت‌ها پیش در نجوم قدیم حل شده بود، ولی برای تعیین دقیق‌تر آن نیاز به ابزارآلات رصدی دقیق بود و دانشی دقیق از موقعیت اجرام فلکی که با علم مکانیک سماوی در ارتباط باشد. از طرف دیگر برای تعیین دقیق طول جغرافیایی نیاز به یک زمان‌سنج دقیق بود که در دههٔ ۱۷۳۰ توسط هویگنس[1] اختراع شد. ولی برای تشخیص اوقات جزر و مد در دهه ۱۵۹۰ جداولی برای هر

1. Christian Huygens (1629-95)

مکان داده شده‌ای منتشر شد که بر اساس موقعیت ماه، زمان‌های جزر و مد را نشان می‌داد. اما برای تدقیق آن نیاز به نظریهٔ گرانش بود.

۴- بهبود راه‌های آبی و ارتباط آن‌ها با دریا؛ برای حل مسائل مرتبط با این موضوع به پیشرفت‌هایی در مکانیک سیالات نیاز بود که به محاسبهٔ فشار و سرعت آب کمک رساند. در سال ۱۵۹۸، استوین[1] مطالعاتی بر فشار آب وارد بر بدنهٔ کشتی انجام داد. همچنین توریچلی[2] در ۱۶۴۶ تحقیقاتی در نظریهٔ جریان سیالات انجام داد. بنابراین هسن معتقد است مسائل مربوط به کانال‌ها و کشتی‌ها دانمشندان را با مسئله‌های مکانیک روبرو کرد.

۳- صنعت

هسن به صنعت معدن‌کاری در قرون چهارده و پانزده می‌پردازد. برای مثال استخراج آهن و مس برای ساخت اسلحه در قرن پانزدهم و رشد صنعت متالورژی در قرون شانزده و هفده افزایش چشمگیری نشان می‌دهند. اگریکولا[3] کانی‌شناس بزرگ آلمانی در بخش پنجم از کتابش با عنوان *درباره طبیعت کانی‌ها*[4] به معرفی ابزارآلات و ماشین‌های مختلف معدن‌کاری می‌پردازد. با مراجعه به کتاب وی، با توصیفات دقیقی از ماشین‌های مختلفی که با نیروی انسان یا حیوانات، کار معدن‌کاری را بسیار ساده‌تر می‌سازند، روبرو می‌شویم، ماشین‌هایی که حتی با نیروی آب می‌توانند چیزهای سنگین را بلند کنند، یا پمپ‌هایی که می‌توانند آب را از اعماق معدن به بیرون پمپ کنند (Agricola, 1950: 185-254).

هسن فهرست نیازهای فنی و حوزه‌های علمی مرتبط با آن‌ها را در این دوره به شکل زیر تنظیم کرده است:

۱- بیرون آوردن کانه از اعماق معدن؛ نیاز به طراحی جرثقیل‌ها و ماشین‌های مکانیکی ساده؛

۲- تجهیزات تهویه معدن؛ نیاز به حل مسائلی در علم آئرواستاتیک؛

۳- پمپ آب درون معدن؛ این مسائل نیز با علم آئرواستاتیک و هیدرواستاتیک مرتبط است؛

---

1. Simon Stevin (1548/49 – 1620)
2. Torricelli (1608-1647)
3. Georgius Agricola (1494 –1555)
4. De re metallica (On the Nature of Metals / Minerals)

۴- استخراج کانه با ماشین‌های چرخشی و برشی؛ نیاز به آشنایی با مکانیک ماشین‌های چرخ‌دنده‌ای و مبدّل حرکت.

حضور مهندسین آشنا با علوم روز، در فرایند معدن‌کاری قرن پانزدهم نیز نشان‌دهندهٔ توجه اهل علم به نیازهای تکنیکی در صنعت و تلاش برای حل مسائل علمی مرتبط با آن‌ها است.

۴- جنگ و صنایع نظامی

شاید یکی از اصلی‌ترین نقاط ارتباطی نیازهای تکنیکی با مسائل مطرح شده در علم آن روزگار، به صنایع نظامی و توپخانه ارتباط پیدا کند. توپخانهٔ سنگین، اولین بار در سال ۱۲۸۰ در کوردووا توسط اعراب به کار رفت. زرادخانهٔ ونیز در زمان گالیله در قرن هفدهم به پیشرفت زیادی دست پیدا کرده بود. این در حالی بود که از یک قرن قبل تألیفات نظری دربارهٔ پرتابه‌شناسی و توپخانه تحت تأثیر همین نیازهای تکنیکی آغاز شده بود. هسن از تعدادی از این آثار نام می‌برد (Hessen, 2009: 50). متعاقباً آزمایش‌هایی در زمینهٔ همبستگی بین کالیبر و خرج‌گذاری توپ، ارتباط بین کالیبر و وزن و طول لوله توپ و لگد زدن توپ انجام شد. مباحث اساسی علمی برخاسته از این ابزارآلات به شرح زیرند:

۱- بهبود فرایند شلیک در اسلحه‌های گرم؛ مسائل فشردگی و انفجار گازها در مکانیک؛

۲- تعادل اسلحه‌های گرم با کمترین وزن؛ قانون عمل و عکس‌العمل؛

۳- دقت هدف‌گیری و سهولت آن؛ مسائل ۳ تا ۷ همگی به مطالعهٔ قوانین حرکت، سقوط آزاد و حرکت پرتابه ارتباط پیدا می‌کند که در علم سینماتیک مورد مطالعه قرار می‌گیرد؛

۴- مسیر پرتابه در محیط خلاء؛

۵- مسیر پرتابه در هوا؛

۶- تأثیر حرکت هوا بر سرعت پرتابه؛

۷- انحراف پرتابه از مسیرش.

جهت پیگیری دیدگاه هسن دربارهٔ تأثیر نیازهای نظامی بر پژوهش‌های گالیله در زمینهٔ پرتابه‌شناسی، می‌توان به آثار گالیله مراجعه کرد. گالیله در کتاب *گفتگو در باب دو علم جدید*[1] به بحث و بررسی مسائل ۳ تا ۷ پرداخت و علم حرکت‌شناسی[2] را ایجاد نمود. گالیله در صفحات ابتدایی این کتاب به ستایش از زرادخانهٔ ونیز و توپخانهٔ آن می‌پردازد و اشاره می‌کند که کار

1. Dialogue Concerning Two New Sciences
2. kinematics

توپخانه بستری غنی برای مطالعات علمی فراهم آورده است. وی از زبـان سـالویاتی و سـاگردو، توجه خود را به مطالعه علمی توپ‌های جنگی بیان می‌کند:

سالویاتی: فعالیت پیگیری که شما ونیزی‌ها در توپخانهٔ معروف خود به نمایش گذارده ایـد، در مقابل ذهن جستجوگر، زمینه‌ای وسیع برای تحقیقات می‌گشاید، مخصوصاً آن قسمت کـار کـه بـه مکانیک مربوط می‌شود؛ چرا که در ایـن حـوزه تمـام انـواع ابـزارآلات و ماشـین‌هـا دائمـاً توسـط صنعتگران ساخته می‌شوند، که در آن میان، کسانی هستند که با تجربیات گذشتگان یا با مشاهدات خودشان، در توضیح و تبیین [این ابزارآلات] به مراتب بالای تخصص و هوشمندی دست یافته‌اند.

ساگردو: شما کاملاً صحیح می‌فرمایید. در واقع بنده شخصاً با اشتیاق ذاتی، بارها به بازدیـد این مکان رفته‌ام، چرا که از مشاهدهٔ نتیجهٔ کار افرادی که بـر دیگـر صـنعتگران بـدین واسـطه برتری یافته‌اند، لذت می‌برم. مباحثه بـا ایـشان همیـشه بـه مـن در بررسـی پدیـده‌هـای معـین [این ابزارآلات] کمک کرده است؛ نه تنها آن‌هایی که واضح‌اند، بلکه آن‌هایی که غامض و اغلب غیرقابل فهم هستند (Galileo, 1954: 1).

هسن بعد از معرفی نیازها و مسائل تکنیکی مورد نیاز در دورهٔ پیش از نیـوتن، بـه فـضای علمی آن دوره اشاره می‌کند و اصلی‌ترین مسائلی را که فیزیک‌دانان آن عـصر در حـال بررسـی آن‌ها بودند، به همراه نام آن فیزیک‌دانان معرفی می‌نماید:

۱- مسائل فیزیک ابتدایی، سطوح شیبدار و مسائل عمومی استاتیک: لئونـاردو داوینچـی[1]، کاردانو[2]، گوئیدوبالدو[3]، استوین، گالیله؛

۲- سقوط آزاد و مسیر پرتابه: تارتاگلیا[4]، گالیله، ریچیولی[5]، گاسندی[6]؛

۳- قوانین هیدرواستاتیک و آئرواستاتیک، فشار جو، پمپ و حرکـت از میـان محـیط مـلأ: استوین، گالیله، توریچلی، بویل[7]؛

۴- مسائل مکانیک سماوی: کپلر[8]، گالیله، گاسندی، هالی[9]، هوک[10].

1. Leonardo da Vinci (1452-1519)
2. Girolamo Cardano (1501-1576)
3. Guidobaldo del Monte (1545 – 1607)
4. Niccolò Fontana Tartaglia (1499/1500,1557)
5. Giovanni Battista Riccioli (1598 –1671)
6. Pierre Gassendi (1592 –1655)
7. Robert Boyle (1627-1691)
8. Johannes Kepler (1571-1630)
9. Edmund Halley (1656-1742)
10. Robert Hooke (1635-1703)

سپس با مقایسهٔ این مسائل با نیازهای تکنیکی آن دوره، چنین نتیجه می‌گیرد: «اگر این مباحث اساسی را با مسائلی فیزیکی که از تحلیل نیازهای تکنیکی در حوزه‌های حمل و نقل، صنعت و جنگ به دست آمده، مقایسه کنیم، کاملاً روشن خواهد شد که این مسائل فیزیکی، اساساً، توسط آن نیازهای تکنیکی، معرفی شده‌اند» (Hessen, 2009: 52).

تحقیقات دیگری که در حوزه‌های دیگر فیزیک مثل اُپتیک و مغناطیس صورت گرفت، نیز از این قاعده مستثنی نبوده‌اند. اختراع تلسکوپ و قطب‌نما و کاربرد آن‌ها در دریانوردی، نیز مؤید همین ارتباط هستند.

موقعیت و طبقهٔ اجتماعی دانشمندان نیز مؤید تز هسن است و می‌توان بر اساس این تز آن را توضیح داد. تمام این مسائل علمی تنها پس از پیشرفت و توسعهٔ نظام سرمایه‌داری در اروپا به وجود آمدند و دانشگاه‌های قرون وسطی که هنوز وابسته به نظام فئودالی بودند، هیچ تلاشی در حل آن‌ها نکردند، بلکه حتی شدیداً در برابر پیشرفت علوم طبیعی در جهت پاسخگویی به این مسائل، ایستادگی کردند. نه تنها دانشگاه‌ها بلکه کلیسای کاتولیک نیز به عنوان مرکز بین‌المللی فئودالیزم عمل می‌کرد و از جنبهٔ مذهبی شدیداً در برابر علم جدید یا علم بورژوازی[1] موضع می‌گرفت. بنابراین علم جدید به عنوان یک علم برون ـ دانشگاهی در صحنهٔ مبارزهٔ طبقاتی بین بورژوازی و فئودالیزم پا به عرصهٔ وجود گذاشت.

تشکل‌ها و انجمن‌های علمی خارج دانشگاه در این زمان برای بررسی پدیده‌های علمی که توسط نظام بورژوازی مورد توجه قرار گرفته بود، ایجاد شدند. پدیده‌هایی که توسط فئودال‌ها دیده نمی‌شد، چرا که آن پدیده‌ها به نیازهای ایشان مربوط نمی‌شد. بدین ترتیب انجمن سلطنتی انگلستان در سال ۱۶۶۱ توسط جمعی از بزرگان علم جدید بنیان نهاده شد: رابرت بویل، ورن، هالی، رابرت هوک، نیوتن و ...

نیوتن کتابش را در چنین عصری و با چنین مسائلی نوشت. وی در مقدمه کتابش اشاره می‌کند که مکانیک کاربردی و ماشین‌های ساده در زمان او پیشرفت کرده و حالا زمان آن فرا رسیده است که توجه خود را از مباحث فنی و حل مسائل خاص، به سمت کشف نیروهای طبیعی جلب کنیم (Newton, 1974: XVII). وی در این تحقیق از همان روشی استفاده می‌کند که در حل مسائل تکنیکی مربوط به ماشین‌ها مرسوم بود: مکانیک و ریاضیات. به همین دلیل نام کتاب نیوتن *اصول ریاضی فلسفهٔ*

1. bourgeoisie

طبیعی[1] است. ارتباط بین نگاه مکانیکی به جهان و تصور آن به عنوان یک ماشین بزرگ، با مسائل تکنیکی طرح شده توسط پدیده‌های ماشینی و مکانیکی آن روزگار، نکته‌ای است که هسن تنها با ذکر عباراتی کوتاه از آن می‌گذرد، در حالی که گروسمان با توجه بیشتر به این نکته و طرحِ مفصل‌تر آن، جای خالی آن را پر می‌کند.[2]

توجه نیوتن به مسائل تکنیکی آن روزگار از نامه‌اش به فرانسیس آستون[3]، معلوم می‌شود. وی در این نامه به امّهات مسائل مورد نیاز در صنعت و معدن می‌پردازد و پیشنهاد می‌دهد که باید تحقیقات و مطالعات در این زمینه‌ها افزایش پیدا کند. مسائل متالورژی و فلزکاری از جمله اصلی‌ترین مباحث مورد طرح در این نامه است. به هر حال به خاطر علائق و توانایی‌های نیوتن به این مباحث، وی در صنعت ضرب سکه در ضرابخانهٔ سلطنتی به کار گرفته می‌شود.

هسن نشان می‌دهد که اگر به فهرست مطالب کتاب *اصول* نگاهی بیاندازیم، متوجه می‌شویم با حل کلی‌تری از همان مسائلی روبرو هستیم که در نیازهای تکنیکی حمل و نقل، صنعت و جنگ دیده شد.

بخش اول کتاب درباره قوانین عمومی حرکت تحت تأثیر نیروهای مرکزی است، بخش دوم کتاب نیز درباره مسئلهٔ حرکت اجسام در محیط‌های مختلف از جمله آب، هوا و خلاء و همچنین مسائل مرتبط با اجسام شناور و هیدرواستاتیک، فشار گازها و مایعات تحت فشار و حرکت و دوام پاندول است. شباهت این مسائل با نیازهای تکنیکی آن عصر، کاملاً روشن است. مثلاً کاربرد پاندول در ساختن ساعت دقیق‌تر برای تعیین طول جغرافیایی کشتی، از جملهٔ این نیازهای تکنیکی است. حرکت سیالات در لوله‌ها، سقوط اجسام در محیط خلاء و ملاء و حرکت پرتابه‌ها از دیگر مباحثی است که در بخش دوم کتاب مورد بررسی قرار گرفته است.

در بخش سوم کتاب، نیوتن، مسائل حرکت سیارات و ماه، شتاب اجسام بر اثر نیروی گرانش و مسئلهٔ کم و زیاد شدن جزر و مد را مورد بررسی قرار می‌دهد. همان طور که گفته شد، اهمیت محاسبهٔ دقیق موقعیت ماه برای تعیین طول جغرافیایی بسیار مهم بود، تا حدی که شورای انگلیسی طول جغرافیایی، برای تحقیقات بر حرکت ماه، جایزه‌ای بزرگ تعیین کرد.

---

1. Mathematical Principles of Natural Philosophy

۲. ر.ک: به ادامه مقاله

3. *Francis Aston (1645-1715)*

هسن بعد از معرفی این بخش‌های *اصول*، چنین نتیجه می‌گیرد: «حتی این بررسی سرسری نشان می‌دهد که اشتراکی کامل بین عناوین فیزیکی آن عصر که از نیازهای تکنیکی و اقتصادی سربرآورده‌اند و محتوای اصول وجود دارد، که راه‌حلی نظام‌مند و کلی برای تمامی مسائل اساسی فیزیک، به معنای واقعی کلمه، بنیان نهاده است؛ و از آنجا که تمامی این مسائل دارای طبیعت مکانیکی بودند، می‌توان به روشنی فهمید که کار اصلی نیوتن استقرار مکانیک آسمانی و زمینی بوده است» (Hessen, 2009: 61).

۵- نیوتن و عوامل ایدئولوژیک

هسن تا اینجا به تأثیر جنبهٔ اقتصادی جامعه بر فکر و اندیشهٔ علمی نیوتن و دوران وی پرداخته است. ولی در ادامه، توجه خود را بر جنبه‌های ایدئولوژیک برخاسته از طبقهٔ اجتماعی نیوتن و دوران انقلابی قرن هفدهم متمرکز می‌کند. دیدگاه‌های مذهبی، فلسفی و سیاسی آن دوران به عنوان بازتاب مبارزات طبقاتی عصر انقلاب صنعتی به صورت عاملی تأثیرگذار بر افکار مردم آن عصر باید مورد بررسی قرار گیرد. اصلاحات در آلمان، انقلاب در انگلستان و انقلاب کبیر فرانسه، همگی عوامل سازندهٔ تاریخ فکر آن دوره هستند.

فلسفهٔ مادی‌انگاری در دوره نیوتن توسط افرادی مثل هابز[1] و تاحدی لاک[2]، به عنوان فلسفهٔ بعد از انقلاب انگلستان شناخته می‌شود. مادی‌انگاری هابز را می‌توان فلسفهٔ رایج اشراف تحصیل کردهٔ آن دورهٔ انگلستان دانست، در حالی که مذهب بیشتر در میان توده‌های بی‌سواد از جمله طبقهٔ بورژوا رواج داشت، و همین باعث نفرت این طبقه نسبت به مادی‌انگاری هابز بود. مادی‌انگاری اورتن[3] که بی‌خدایی را رواج می‌داد و مخالف بن مایه‌های مذهبی بود، بیشتر مورد نفرت قرار داشت.

در این دوران، نیوتن به عنوان نمایندهٔ تفکر فلسفی طبقهٔ بورژوا، تلاش کرد با تصحیح مادی‌انگاری رایج، علل الهی را در فلسفه طبیعی وارد سازد. البته اعتقاد نیوتن به مذهب پروتستان و ایدئولوژی آن طبقه، باعث شد که مادی‌انگاری تعدیل‌شدهٔ ارائه شده در *اصول*، نتواند نظام ماتریالیستی منسجمی را فراهم آورد.

---

1. Thomas Hobbes (1588-1679)
2. John Lock (1632-1704)
3. Richard Overton (1599-1664)

مکانیک مادی‌انگارانه رایج در زمان نیوتن در برابر هر گونه علت غایی و غیرفاعلی موضع‌گیری شدیدی داشت. بیکن[1] تأکید می‌کرد که دیدگاه غایت‌شناسانه خطرناک‌ترین بُت در فلسفه است: «طبیعت فقط علل مکانیکی را می‌شناسد». علیت فاعلی و مکانیکی به دور از هر گونه علیت غایی توسط دکارت به عنوان «حقیقت جاودان» معرفی می‌شد. جبرگرایی مکانیکی به عنوان پیامد اجتناب‌ناپذیر این فلسفه در خاک انگلستان به طور گسترده مورد پذیرش قرار گرفت.

نیوتن نیز با بدور ریختن غایت‌گرایی موافق بود و روش مکانیکی را تنها شیوهٔ صحیح مطالعهٔ طبیعت می‌دانست. ولی بر این عقیده بود که نباید نقش نیروهای الهی را، البته نه به عنوان علل غایی، بلکه به عنوان علل فاعلی، در طبیعت نادیده گرفت. در *اصول* حرکت سیارات به دور خورشید، اساساً نتیجهٔ دو نیرو است: نیروی جاذبه به سمت خورشید و تکانهٔ ذاتی[2]، که به اصطلاح امروز اینرسی گفته می‌شود. نیوتن این تکانهٔ ذاتی را از سوی خدا می‌دانست. در واقع از آنجا که در فلسفهٔ مکانیکی برای هر حرکتی نیاز به نیروی اولیه است، نمی‌توان پذیرفت که سیارات بدون نیروی اولیه که در ابتدا سیارات را به دور خورشید حرکت داده است، بگردند. در نتیجه نیاز است که چیزی به آن‌ها حرکت اولیه داده باشد. نیوتن این حرکت اولیه منظومهٔ شمسی را در نیروهای الهی جستجو می‌کند.

هسن می‌گوید: «این تقسیم کار بی نظیر بین خدا و علیت، در حکومت بر جهان، مشخصهٔ روشی بود که فلاسفهٔ انگلیسی بدان وسیله تعصب مذهبی را با اصول مادی‌انگارانهٔ علیتِ مکانیکی پیوند زدند» (Hessen, 2009: 67).

جهت پیگیری دیدگاه هسن می‌توان به کتاب نیوتن مراجعه کرد. نیوتن در قسمت آخر بخش سوم *اصول* (Newton, 1974: 543-547)، نیروی الهی را به عنوان محرّک، نظم‌دهنده و جهت‌دهندهٔ اجزای عالم معرفی می‌کند. در واقع می‌توان به سخنان هسن این را هم اضافه نمود که نقش نیروی الهی در دیدگاه نیوتن تنها در حرکت بخشیدن به سیارات نمودار نمی‌شود، بلکه حضور همه جایی ذات مقدس الوهی ایجادکنندهٔ بسیاری پدیده‌های طبیعی نیز هست. مثلاً در آخرین بند *اصول*، نیوتن به روح لطیفی اشاره می‌کند که مسئول اعمال اسرار آمیز فیزیکی در عالم است: «و اکنون باید مطلبی اضافه کنیم، دربارهٔ روح بسیار لطیفی که در تمامی اجسام غلیظ پخش شده و پنهان گردیده است؛ با نیرو و عمل این روح است که اجزاء اجسام همدیگر را

1. Francis Bacon (1561-1626)
2. essential impulse

از فاصله نزدیک جذب می‌کنند و در صورت تماس به هـم مـی‌چـسبند؛ و اجـسام الکتریکـی تـا فواصل بیشتری عمل می‌کنند و ذرات نزدیک را جذب یا دفع می‌کنند؛ و نـور منتـشر، مـنعکس، منکسر و خم می‌شود و اجسام را گرم می‌نماید و حواس به کار می‌افتند و اعضای بدن حیوانـات بر اساس اراده حرکت می‌کنند ... » (Newton, 1974: 547).

علاوه بر این‌ها، نیوتن خداوند را به عنوان خالق نظم‌ها و اشکال کیهان‌شناختی می‌داند. وی در نامه‌هایی که به بنتلی[1] نوشته است، معتقد است پدیده‌هـایی مثـل وجـود خورشـید در مرکز عالم و اینکه سیارات دقیقاً دارای سرعتی مناسب برای تشکیل یک مدار بـسته بـه دور خورشید هستند، تنها توسط یک خالق الهی قابل توجیه است. در واقع به نظر نیوتن، ساختار و منشاء عالم نیز توسط علل طبیعی قابل توضیح نیست. بنابراین نیوتن تکامل ماده‌انگارانه عالم را نیز مردود می‌داند.

در باب چیستی فضا، نیوتن باز آرای دینی خود را دخالت داده و تحـت تـأثیر هنـری مـور[2] که معتقد بود فضا قوهٔ حسی[3] خداست، می‌گوید: «آیا از پدیدهٔ طبیعی نتیجه گرفته نمی‌شود کـه موجودی مجرد، هوشمند، همه جا حاضر وجود دارد که فضا قوهٔ حسی اوست، قوه‌ای کـه از طریـق آن او چیزها را ملاحظه می‌کند و ذات آن‌ها را درک می‌نماید؟» (Newton, 1952: 369-370).

نفرت نیوتن از ماده‌انگاری هابز در نامه‌ای که به لاک در ۱۶۹۳ می‌نویسد و در دفاعی کـه در برابر اتهام لایب‌نیتس[4] مبنی بر ماده‌انگار بودن نیوتن، انجام می‌دهد، به خوبی نمـودار اسـت (Hessen, 2009: 72, 73).

۶- نیوتن و قانون بقای انرژی

هسن برای آنکه نظر خود را دربارهٔ تأثیر فن‌آوری بر تاریخ علم دوران نیوتن بیشتر روشـن کند، به مسئله قانون بقای انرژی و عدم کشف آن توسط نیوتن می‌پردازد. برای آنکه بتوان نشان داد چیزی علت تامهٔ چیز دیگر بوده است، علاوه بر اینکه نشان می‌دهیم معلول با حـضور علـت واقع می‌شود، نیز باید نشان دهیم که در عدم حضور علت، معلول نیز وجود ندارد. به همین دلیل، هسن نشان می‌دهد اگر زمینهٔ تکنیکی، علت ایجاد مفاهیم علمی و کشفیات آن‌ها باشد، می‌توان نشان داد که چون زمینهٔ تکنیکی مناسبی در عصر نیوتن وجود نداشته است، مفهوم تبدیل انـواع

1. Richard Bentley (1662-1742)
2. Henry More (1614-1687)
3. sensorium
4. Wilhelm Gottfried Leibniz (1640-1716)

مختلف حرکت به همدیگر و استخراج مفهوم بقای انرژی در تبدیل و تبدلات حرکت‌ها بـه هـم نیز کشف نشده است.

ماشین بخار که در دورهٔ بعد از نیوتن اختراع شد، زمینه را بـرای تحقیقـات در بـاب تبـدیل انرژی‌های مکانیکی و گرمایی مهیا ساخت و دانشمندان را به سوی کشف قوانین ترمودینامیـک راهنمایی نمود. تنها بعد از این تحقیقات بود که مسئلهٔ بقای انرژی توسط فیزیک‌دانان پرورانـده شد. ولی کمی قبل از آن، در دوره نیوتن با نبود ماشین بخار، از قانون بقای انـرژی هـم خبـری نبود. البته همان طور که کشف قوانین حرکت نشان‌دهندهٔ نبوغ نیست، عدم توجه به مسئلهٔ بقای انرژی نیز نشانه ضعف در نبوغ نیست، بلکه، مردان بزرگ در هر محیطی، بدون توجه بـه اینکـه چقدر نابغه باشند، تنها آن مسائلی را صورت‌بندی و حل می‌کنند که با پیشرفت نیروهـا و روابـط تولید در عصرشان، سرلوحهٔ مباحث آن عصر قرار گرفته باشد (Hessen, 2009: 82).

۷- گروسمان و خاستگاه‌های دیدگاه مکانیکی در دوره دکارت

گروسمان چند سال بعد از هسن در دو مقاله که بـه فاصـله تقریبـاً ده سـال از یکـدیگر می‌نویسد، تحلیلی دقیق‌تر از تأثیرات اجتماعی - اقتصادی دوران پیش از نیوتن، یعنـی دوران مکانیک‌گرایی دکارتی، ارائه می‌کند. وی در این تحلیل به جنبه‌ای دیگر از این تأثیرات اشاره می‌کند. همان طور که در بالا اشاره شد، هسن به دو جنبه از این تأثیرات پرداخته بـود، یکـی تأثیر مسائل تکنیکی به عنوان نیازها و مطالبات فن‌آورانه آن دوران از علوم طبیعـی بـود کـه دانشمندان را وا می‌داشت بعضی از این نیازها را با طرح مسائلی علمی حـل کننـد و دیگـری تأثیر جنبه‌های فرهنگی و ایدئولوژیک مبارزه طبقاتی بر افکار فلسفی آن دوران، به خـصوص بر نیوتن، بود.

گروسمان در مقالهٔ اولش بـا عنـوان «مبـانی اجتمـاعی فلـسفه و مـصنوعات مکـانیکی»[1] که نقدی است بر کتابی از فرانتز بارکنو[2] با عنوان *عبور از جهـان‌بینـی فئـودال بـه بـورژوازی*[3]، دیدگاه خود را دربارهٔ شیوهٔ تأثیر فن‌آوری ماشینی بر فلسفه مکانیکی بیان می‌کند.

گروسمان ریشه فلسفه مکانیکی را تأثیر الهـام بخـش اختـراع ماشـین‌هـا و دسـتگاه‌هـای مکانیکی در قرون پیش از دکارت می‌داند. چرا که ریشه‌های مکانیک جدیـد در پـیش از قـرون

1. "The Social Foundations of the Mechanistic Philosophy and Manufacture"
2. Franz Borkenau (1900-1957)
3. Transition from the Feudal to the Bourgeois World-Picture [Der Übergang vom feudalen zum bürgerlichen Weltbild]

شانزدهم و هفدهم شکل گرفته است. ولی بارکنو برای اینکه نظریه‌اش درست از آب درآید، تاریخ تولد علم جدید را ۱۵۰ سال به تأخیر انداخته است. گروسمان نظر خود را در یک جمله خلاصه می‌کند: «فلسفهٔ مکانیکی و مکانیک علمی، مفاهیمِ مکانیکی اساسی خود را از مشاهدهٔ سازوکارهای ماشین‌ها گرفته‌اند» (Grossmann, 2009a: 107).

اگر به کتب لئوناردو داوینچی در قرن پانزدهم مراجعه کنیم، می‌بینیم که وی علاوه بر اینکه تألیفاتی در زمینهٔ ساخت ماشین‌های مختلف دارد، آثاری هم در باب تجزیه و تحلیل نظری حرکات ماشین‌ها به رشته تحریر درآورده است. گروسمان معتقد است از آنجایی که داوینچی مخترع و طراح دستگاه‌های مکانیکی مختلف بوده است، دیدگاه او به طبیعت دیدگاهی مکانیکی و ماشینی بوده است. وی در تحقیقاتش از روش‌های دقیق کمّی نیز سود برده است، و نه تنها همیشه به استفادهٔ نظام‌مند از تجربه توجه داشته، بلکه واقعاً این روش را در زمینه‌های گوناگون علمی به کار می‌برده است (Grossmann, 2009a: 108-111). « ... و نه فقط [داوینچی] محتوای بیشتر قوانین اساسی مکانیک، هیدرواستاتیک، هیدرودینامیک، اپتیک، آئرودینامیک و بسیار علوم دیگر را می‌دانست، بلکه مبانی یک تصویر مکانیکی جامع از جهان را بنیان گذارد» (Grossmann, 2009a: 109).

قوانینی مانند اینرسی، ناممکن بودن حرکت ابدی – که معمولاً به استوین نسبت داده می‌شود – و محاسبه دقیق سرعت سقوط روی سطح شیب‌دار از جملهٔ این قوانین بود. همچنین نگاه مکانیکی داوینچی به آناتومی مقایسه‌ای[1] باعث شد که وی بدن حیوانات و حرکت اعضای آن‌ها را تحت قوانین مکانیک بداند: «تمامی جهان، از جمله موجودات زنده موضوع قوانین مکانیک هستند؛ زمین یک ماشین است و انسان نیز. او از چشمانش مانند یک اتاق تاریک استفاده می‌کند، ... » (Leonardo, 1904: CXXII, CXV).

بنابراین لئوناردو خیلی پیش از شکل‌گیری نظام تقسیم کار، به ریشه‌های اندیشهٔ مکانیکی دست یافته بود. اگر اِشکال شود که تألیفات لئوناردو تأثیری در فلسفهٔ مکانیکی قرون بعد نداشته است، چرا که آثارش منتشر نشد و به دست همگان نرسید، گروسمان چنین پاسخ می‌دهد: اصل مسئله این است که چرا و چگونه یک نفر مثل داوینچی توانست در اواخر قرن پانزدهم به مبانی مکانیک علمی دست یابد، و اینکه این دستاورد را به دیگران منتقل کرد یا نه مسئلهٔ دیگری است. از طرف دیگر، می‌دانیم که گالیله بارها در

1. Comparative anatomy

آثارش به جیرولامو کاردانو[1] ارجاع می‌دهد، که بدون شک تحت تأثیر لئوناردو بوده است. بنابراین از طرقی مشابه فهرستی بلند بالا از مؤلفان قرن شانزدهم و هفدهم دانسته یا نادانسته تحت تأثیر مکانیک لئوناردو قرار داشتند: استوین، کپلر، دکارت، روبروال[2]، گالیله، پاسکال و ...

۸- دکارت و ماشین‌ها

گروسمان نشان می‌دهد که نه تنها در آثار دکارت ارجاعات متعددی به ماشین‌ها دیده می‌شود، بلکه در متن آثار، او بارها اشاره می‌کند که جهان و اجزایش را باید به مانند یک ماشین دید.

برای دکارت، مکانیک در درجه اول نظریهٔ ماشین‌ها است، که اصولش بعداً در فیزیک وارد می‌شود و به تمام جهان تسری پیدا می‌کند، ... ارتباط بین ماشین‌ها و اصول مکانیک نزد دکارت، همان قدر به هم نزدیکند که ماشین‌ها و فلسفه مکانیکی وی (Grossmann, 2009a: 135).

می‌توان شواهد بسیاری برای دیدگاه گروسمان یافت. در آثار دکارت به ابزارآلات و ماشین‌ها اشارات بسیاری وجود دارد: قرقره، گوه، پیچ، اهرم، سطح شیبدار و ... . وی حتی در صورت‌بندی قوانین انعکاس در اپتیک به شباهت بین پدیدهٔ نوری و قوانین پرتابه اشاره می‌کند و پرتو نور را با قوانین حاکم بر مسیر یک توپ شلیک شده، مقایسه می‌کند (Descartes, 1998: 76). دکارت از این هم فراتر می‌رود و اعضای بدن موجودات زنده مثل ماهیچه‌ها و قلب را نیز موجوداتی مکانیکی معرفی می‌کند که مثل ماشین کار می‌کنند: «ما ساعت‌ها، فواره‌های مصنوعی، آسیاب‌ها و ماشین‌های مشابه دیگر را می‌بینیم که اگر چه تنها توسط انسان ساخته شده‌اند، می‌توانند به میل خود به صورت‌های مختلف حرکت کنند و چون گمان می‌کنم این ماشین [بدن انسان] توسط خدا ساخته شده است، فکر می‌کنم موافق باشید که توانایی حرکات متنوع‌تری را از آنچه می‌توانم تصور کنم داراست و از هوشمندی بیشتری از آنچه می‌توانم بدان نسبت دهم برخوردار است» (Descartes, 1998: 99).

دکارت جهان را یک ماشین بزرگ یا یک ساعت دقیق می‌داند که توسط خدایی مهندس بر اساس اصول ریاضی و مکانیک خلق شده است. این خدای ساعت‌ساز با خدای نیوتن تفاوت دارد. چرا که خدای نیوتن ساعت‌سازی است که هر چند وقت یک بار باید جهان را کوک کند و

1. Girolamo Cardano (1501-1576)
2. Gilles Personne de Roberval (1602 – 1675)

بعضی اجزایش را دستکاری نماید و همیشه در بعضی قسمت‌های عالم دست به کار باشد. ولی خدای دکارت نیازی به تغییر یا دستکاری در عالم ندارد.

۹- نقش الهام بخش دستگاه‌های مکانیکی

در دوران دکارت و پیش از آن، انواع ماشین‌های مختلف برای اهداف گوناگون طراحی و ساخته شده بود. این دستگاه‌ها علاوه بر اینکه به نظر هسن باعث توجه بیشتر به بعضی مسائل مکانیکی شدند، به نظر گروسمان باعث شدند فلاسفه طبیعی با مسائل مکانیک خو بگیرند و اندک اندک جهان طبیعی را نیز به مانند یک ماشین بزرگ ببینند.

۱- مطالعه بر حرکت توپ‌های شلیک شده، حدود یک قرن پیش از گالیله آغاز شده بود. با پیشرفت صنعت توپخانه، ضعف نظریه حرکت ارسطو بیش از پیش آشکار گردید. برخلاف نظر ارسطو که هوا را مسئول هل دادن پرتابه‌ها می‌دانست، به نظر می‌رسید که هوا بیشتر از آنکه بخواهد توپِ شلیک شده را هل دهد، مانعی در برابر حرکت آن ایجاد می‌کند. بدین ترتیب گروسمان همان نظر هسن را تکرار می‌کند که برای پیشرفت در صنعت توپخانه دانشمندان به مطالعهٔ حرکت پرتابه و مسائل مرتبط با آن پرداختند.

۲- ساعت مکانیکی که بیشتر برای رصد دقیق اجرام سماوی طراحی شده بود، مهم‌ترین ماشینی بود که با استفاده از وزنه‌ها حرکتی یکنواخت و خودکار ایجاد می‌کرد. اختراع دستگاه‌هایی مانند سیاره‌نما[۱] که حرکات سیارات و ماه و خورشید را شبیه‌سازی می‌کرد، نیز توسط همان ساعت سازها انجام گرفت. نظامی از چرخ‌دنده‌ها حرکت خطی وزنه‌ها را با دقت به حرکات پیچیدهٔ اجرام آسمانی تبدیل می‌کرد. مشاهدهٔ این ماشین‌ها انسان را بدین فکر می‌انداخت که اجرام سماوی واقعاً تحت اصولی مشابه همین سیاره‌نمای مکانیکی چرخش و گردش می‌کنند.

۳- ماشین‌های جرثقیل برای برداشتن بارهای سنگی مثل زنگ کلیسا و تکه‌های مرمر مورد استفاده قرار می‌گرفت.

۴- ماشین‌های آبی از قرن‌ها پیش در ایتالیا به صورت آسیاب‌های آبی وجود داشته است. این ماشین‌ها در قرن یازده و دوازده پیشرفت‌هایی کردند، تا اینکه در آهنگری و معدن‌کاری مورد استفاده قرار گرفتند.

---

۱. planetarium امروزه به آسمان‌نما ترجمه می‌شود زیرا به ابزاری دیگر ارجاع دارد.

ولـی گروسـمان بـرخلاف هـسن از معرفـی دسـتگاه‌هـای مکـانیکی آن روزگـار، تنهـا این نتیجه را نمی‌گیرد که نیاز به پیـشرفت ایـن ماشـین‌هـا دانـشمندان را ملـزم کـرد بـه حـل و فصل مسائل آن‌ها اقدام کننـد؛ بلکـه وی ایـن ماشـین‌هـا را عوامـل الهـام بخـش در ایجـاد تفکر مکانیکی معرفی می‌کند.

وی در مقالهٔ دومش با نام «دکارت و خاستگاه‌های اجتمـاعی مفهـوم مکـانیکی جهـان»[1]، تحلیلی گسترده‌تر از موضوع مورد بحث ارائه مـی‌دهـد. وی در بخـش ابتـدایی مقالـه بـه آرای فرانسیس بیکن می‌پردازد که از فواید صنعت و تولیدات ماشینی انگلـستان در قـرن شـانزدهم و هفدهم به وجد آمده بود. بیکن در کتاب *آتلانتیس جدید*[2] نشان می‌دهـد کـه بـرای حرکـت بـه سمت مدینه فاضله باید یک مؤسسه علمی تأسیس شود تا برای دستیابی به اختراعات جدیـد در همه زمینه‌های علمی از جمله فیزیک، اپتیـک، نظریـه حـرارت، مکانیـک و نظریـه ماشـین‌هـا، زیست‌شناسی گیاهی و جـانوری، آنـاتومی مقایـسه‌ای و ... تحقیقـات نظـام‌منـد صـورت گیـرد. گروسمان در این قسمت به نگاه هسن در تأثیر نگاه ماشینی بر علم بسیار نزدیک می‌شود. بیکن نمونه‌ای از افرادی است که تحت تأثیر پیشرفت‌های صنعتی، علم را مسئول می‌دانـد کـه بـرای دستیابی به ماشین‌های بهتر و کنترل نیروهای طبیعی در خدمت انـسان، مـسائل طـرح شـده از سوی صنعت را پاسخ گوید. در واقع همان طور که هـسن اشـاره کـرده بـود، نیازهـا و مطالبـات صنعتی عامل توجه اندیشمندان به نگاه ماشینی و مطالعهٔ رفتار آن‌ها شده بود.

ولی در ادامهٔ مقاله، گروسمان، این مسئله را رها کرده و نشان می‌دهد جنبه‌هـای دیگـر آرای دکارت چطور تحت تأثیر دستگاه‌های مکانیکی بوده است. دکارت معتقد بود که مکانیکی کردن علوم نه تنها روشی ساده و قابل فهم برای عموم فـراهم مـی‌آورد، بلکـه علمـی پدیـد می‌آورد که ما را به حقیقت واقعی جهان و پدیده‌ها رهنمون می‌کند. بدین ترتیب کشف حقایق طبیعی برای همه کس در دسترس قرار می‌گیرد. به عقیدهٔ دکارت، آنچه در طبیعت در جریان است، فقط زنجیره‌ای واحد از روابطی ساده بین عناصری ساده است. چنین نگـاهی مـا را بـه سمت ترکیب تمام علوم با هم و ایجاد یک علم واحد رهنمون خواهد شد. هـدف علـم نبایـد کشف تفاوت‌های «ذاتی» اشیاء باشد، بلکه باید کشف چگونگی ارتباط بین اجزاء باشد. پروژهٔ ساده‌سازی علم که به عقیدهٔ دکارت تنها از طریق مکانیک قابل حصول است، خود تحت تأثیر

1. "Descartes and the Social Origins of the Mechanistic Concept of the World"
2. New Atlantis (1629)

نظام کارخانه‌ای در ذهن او به وجود آمده است. گروسمان این افکـار را بـه جنبـه‌ای دیگـر از خواص نگاه ماشینی پیوند می‌دهد.

مانند فرانسیس بیکن که می‌گفت هر کسی می‌تواند دقیقاً همان کاری را که قـبلاً توسـط افراد چیره‌دست انجام می‌گرفت، مستقل از توانایی‌های منحصر به فردش با کمک یک ابـزار یـا یک ماشین انجام دهد، دکارت نیز این دیدگاه را پیش می‌کشد که در نتیجـهٔ وابـستگی متقابـل بین تمام علوم، همه کس حتی فردی با هوش متوسط بدون هیچ استعداد یا مهارت، می‌تواند بـا این روش والاترین حقایق را کشف کند؛ حقایقی که قبلاً بدون کمک چنین روشی، تنهـا افکـار نافذ می‌توانستند بدان‌ها دست یابند (Grossmann, 2009b: 171).

نتیجه‌گیری

تا اینجا به طور مختصر تزهای اصلی هسن و گروسمان را معرفـی نمـودیم. تـز اصـلی هسن این بود که فن‌آوری به دانشمندان برای حل مسائل مکانیک و پیشرفت این علم انگیزه داد؛ و تز اصلی گروسمان این بود که بررسی و توجه به ماشین‌ها به دانشمندان دید مکانیکی داد تا به پدیده‌های طبیعی نیز با نگاه مکانیکی بنگرند. اگر این دو تز را در کنار هم بگذاریم و به صورت یک کل به آن‌ها نگاه کنیم، به نقش مکملی که در کنار هـم بـازی مـی‌کننـد پـی خواهیم برد. در واقع روایت هسن – گروسمان از شکل‌گیری مکانیک دکارتی – نیـوتنی ایـن خواهد بود که با تغییر شرایط اجتماعی و ظهور طبقهٔ بورژوا و نظام سرمایه‌داری، بشر بیش از پیش به ماشین‌ها و روش‌های تولید و حمل و نقل کالا نیازمند شد. در نتیجه بـا ابـزار فکـر، شرایط تولید و حمل و نقل را تا جایی که امکان داشت گسترش داد. در این میان با توجه بـه پیشینه‌ای که از دوران‌های گذشته در ساختن اهرم‌ها و ماشین‌ها داشت، دست بـه اختراعـاتی برای بهبود شرایط موجود زد. ولی بـرای گـسترش و همـاهنگی ایـن اختراعـات بـا نیازهـا و مطالبات روز، مسائل و مشکلاتی مطـرح شـد کـه دانـشمندان و ریاضـی‌دانـان را متعهـد بـه پاسخگویی کرد. این متفکران هم برای پاسخ بدین مسائل به مطالعه و بررسـی ماشـین‌هـای مکانیکی پرداختند. این مطالعات نه تنها راه ساخت و طراحی ماشین‌های جدید و بهتری را به آن‌ها آموخت، بلکه بدان‌ها نشان داد که می‌توان توضیح و تبیین پدیده‌های طبیعی را نیـز بـا همان شیوهٔ مسائل تکنیکی ماشین‌ها حل و فصل کرد. در واقع به آن‌ها الهام بخشید که شاید بتوان مسائل طبیعی را نیز با همین روش مکانیکی حل کرد. مسائل تکنیکی ماشین‌ها کـه در باب ارتباطات علّی اجزاء مختلف ماشین‌ها و انتقال و تبدیل حرکت از یک قسمت ماشین بـه

قسمت دیگر بود، نقش نیروهای فاعلی را بسیار پررنگ می‌کرد، در حالی که نقش علل غایی در آن بسیار کمرنگ بود. علل غایی تنها در زمان ساخت یک ماشین توسط سازنده وارد می‌شد، ولی بعد از ساخته شدن آن دیگر هیچ تأثیر علّی بر عملیات داخل ماشین نداشت. به همین دلیل، به فکر فلاسفه طبیعی رسید که جهان نیز شاید به مانند یک ماشین بزرگ است که خالق، آن را ساخته و بدون اینکه حرکت هیچ جزئی را به عهدهٔ علل غایی بگذارد، آن را مانند یک ساعت کوک کرده است.

از طرف دیگر، هسن دیدگاه ایدئولوژیک نیوتن را به عنوان عامل الهام بخش او در تألیف کتاب *اصول* دانست. وی به عنوان یک فیزیک‌دان متعلق به طبقهٔ بورژوا در مقابل افکار ماده‌انگارانه اشراف انگلیسی قرار گرفت. بنابراین هسن به نقش ایدئولوژیک مبارزهٔ طبقاتی در تاریخ علم توجه کرده و نیوتن را برآمده از دیدگاه خاص طبقهٔ اجتماعی‌اش ارزیابی می‌کند.

این روایت که بر اساس کنار هم گذاشتن تزهای هسن و گروسمان به دست آمد، شاید با ترتیب تاریخی علم هماهنگ به نظر نرسد: هسن نیازها و مطالبات تکنیکی را مبنای فیزیک نیوتنی می‌دانست و گروسمان ماشین‌ها را الهام بخش فیزیک دکارتی، در حالی که دکارت پیش از نیوتن بوده است و در این تفسیر ارائه شده، ابتدا مرحله نیازها و مطالبات مطرح شد و بعد نقش الهام بخش ماشین‌ها! در پاسخ باید گفت، هسن این تز را فقط به عنوان تحلیلی از تاریخ فیزیک نیوتنی مطرح نمی‌کند، بلکه از مورد نیوتن به عنوان یک مطالعهٔ موردی[1] برای ارائهٔ تزش استفاده کرده است. وی در مقاله‌اش به فیزیک‌دانان دیگری از جمله استوین، توریچلی، هویگنس، داوینچی و... اشاره کرده است و آن‌ها را مشغول کار برای حل مسائل و نیازهای تکنیکی آن روزگار معرفی نموده است. به هر حال گمان می‌کنم، تنها با این تفسیر است که می‌توان تز هسن – گروسمان را به صورتی مقبول و قابل طرح با هم تلفیق کرد و فهمید.

تز هسن – گروسمان در برابر انتقادات تحمل بیشتری نسبت به هر کدام از این دو تز در حالت جدای از دیگری دارد. مثلاً تز هسن به تنهایی نشان‌دهندهٔ شباهت‌های نیازهای فنی آن عصر و موضوعات مورد تحقیق نیوتن است. ولی به این شیوه نمی‌توان قائل به جهت‌گیری دانشمندان تحت تأثیر نیازهای فنی شد، زیرا شباهت همیشه به معنای تأثیر نیست. ولی تز هسن

1 case study

– گروسمان نشان می‌دهد که چطور در دوره‌های قبل از نیوتن نیازهای فنـی جامعـه بـه وجـود آمده بود و این نیازها با ساخته شدن ماشین‌های مکانیکی و صنعتی توسط مهندسین تجربی بـه طور مستقیم در ارتباط بود. آنگاه همین ماشین‌ها نقش الهام بخش خود را بازی کردند و دیـدگاه فیزیک‌دانان را به سمت مکانیک‌گرایی سوق دادند. بدین ترتیب به طور ناخودآگاه مسائل مطـرح در کتاب‌های فیزیک به سمت نیازهای اجتماعی تمایل پیدا کرد.

منابع

الف- فارسی

۱. سردار، ضـیاءالدین؛ ***توماس کوهن و جنگ‌هـای علـم***، ترجمـه جمـال آل احمـد، تهـران، نشر چشمه، ۱۳۸۵.

۲. مولکی، مایکل؛ ***علم و جامعه‌شناسی معرفت***، ترجمه حسین کچویان، تهران، نشر نی، ۱۳۸۴.

ب- لاتین

3. Agricola; ***De re metallica***, English translation by Herbert Hoover, New York: Dover, 1950.
4. Descartes; ***The World and Other Writings***, Stephen Gaukroger (ed.), University Press, 1998.
5. Galilei, Galileo; ***Dialogue Concerning Two New Sciences***, Translated by Henry Crew & Alfonso de Salvio, Dover Publications, Inc., New York, 1954.
6. Graham, Loren R; "**The socio-political Roots of Boris Hessen: Soviet Marxism and the History of Science**", *Social Studies of Science*, 1985, (London: SAGE) 15: 705–722.
7. Grossmann, Henryk; "**Descartes and the Social Origins of the Mechanistic Concept of the World**", in *The Social and Economic Roots of the Scientific Revolution*, G. Freudenthal and P. McLaughlin (editors), Boston Studies in Philosophy of Science, 2009b.
8. Grossmann, Henryk; "**The Social Foundations of the Mechanistic Philosophy and Manufacture**", in *The Social and Economic Roots of the Scientific Revolution*, G. Freudenthal and P. McLaughlin (editors), Boston Studies in Philosophy of Science, 2009a.
9. Hessen, Boris; "**The Social and Economic Roots of Newton's *Pricipia***", in *The Social and Economic Roots of the Scientific Revolution*, G. Freudenthal and P. McLaughlin (editors), Boston Studies in Philosophy of Science, 2009.

10. Leonardo da Vinci ; ***Leonardo da Vinci***, edited by M. Herzfeld, Leipzig, 1904.
11. Newton; ***Mathematical Principles of Natural Philosophy***, University of California Press, 1974.
12. Newton; ***Opticks,*** New York: Dover, 1952.
13. Nola, Robert; ***Rescuring Reason***, Kluwer Academic Publishers, 2003.
14. Shaffer, Simon; "**Newton at the crossroads**", *Radical Philosophy*, 1984, No. 37.
15. Shuster, J; "**Internalist and Externalist Historiographies of the Scientific Revolution**" in Apple Baun, W. (ed.) The Encyclopedia of the Scientific Revolution, Routledge, 2000.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی