

## منابع

1. Purcell, W.; "Disruption and distinctiveness in higher education", *Perspectives: Policy and Practice in Higher Education*, p. p. 3-8, 2014.
2. Azizi, M.H.; "Gondishapur School of Medicine: The Most Important Medical Center in Antiquity", *Archives of Iranian Medicine*, Vol. 1, Num. 11, p. p. 116-119, 2008.
3. Lucas Jr, H. C.; "Technology and the Disruption of Higher Education", *World Scientific*, 2016.
4. Bellack, J.P.; "Chaos, change, and disruption in higher education: Are we ready to respond?", *Journal of Nursing Education*, p. p. 3-4, 2015.
۵. کمیسیون تدوین و هماهنگی سیاست های علم و فناوری؛ سیاست ها و اولویت های پژوهش و فناوری کشور در بازه زمانی ۱۳۹۶ تا ۱۴۰۰، ۱۳۹۶.
۶. الویت تحقیقاتی صنعتی، فتح اله مضطرزاده، کمال عباسپور ثانی. رهیافت، دوره ۱۲ شماره ۲۷، پاییز ۱۳۸۱.
۷. سازمان برنامه و بودجه؛ سند برنامه سوم توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی جمهوری اسلامی ایران ۱۳۷۹-۱۳۸۳، پیوست شماره ۲ لایحه برنامه-جلد دوم، ۱۳۷۸.
۸. رفعت، مصطفی؛ سهم صنعت در تولید ناخالص داخلی جهان، روزنامه سراسری سایه، ۱۳۹۸/۷/۶.
۹. مضطرزاده، فتح الله؛ "حدیث مکرر علم و فناوری در ایران"، علم و آینده، شماره ۵، صفحات ۷۴-۶۷، ۱۳۸۲.
۱۰. مضطرزاده، فتح الله؛ "دانش بنیان چیست". فرهنگستان علوم ۱۳۹۷.
11. World Economic Forum, "The global Competitiveness Report 2010-2019", 2019.
12. The World Bank; <https://tdata360.worldbank.org/>
۱۳. مجله اینترنتی گروه فردان فراگستر البرز؛ ارتباط دانشگاه و صنعت؛ <http://www.fardanfara.com>

\* \* \*

## نانوشته های دانش های تجربی<sup>۱</sup>

یوسف ثبوتی<sup>۲</sup>

سخنرانی برای انجمن اخلاق در علوم و فناوری تهران، دوم شهریور ۱۳۸۴

ابوبکر محمد بن حسن حاسب کرجی از ریاضی دانان و مهندسان آب شناس اواخر قرن چهارم و اوایل قرن پنجم هجری است. ظاهراً در حکمت طبیعی و آب شناسی دست داشته است. در آغاز کتاب "انباط المیاه الخفیه" که توسط حسین خدیو جم تحت نام استخراج آب های پنهانی (۱) به فارسی برگردانده شده است می نویسد " ... زمین با تمام کوه ها و دشت ها و پستی ها و بلندی هایش کروی شکل است. خدا آن را مرکز عالم قرار داده است که تا ابد

ابوبکر محمد بن حسن حاسب کرجی از ریاضی دانان و مهندسان آب شناس اواخر قرن چهارم و اوایل قرن پنجم هجری است. ظاهراً در حکمت طبیعی و آب شناسی دست داشته است. در آغاز کتاب "انباط المیاه الخفیه" که توسط حسین

۱. موضوع این نوشته نخست به سال ۱۳۸۴ در یک سخنرانی برای انجمن اخلاق در علوم و فناوری ارائه شد و اینک جهت انتشار در مجله علوم.

۲. دانشگاه تحصیلات تکمیلی علوم پایه - زنجان، عضو پیوسته فرهنگستان علوم [sabouti@iasbs.ac.ir](mailto:sabouti@iasbs.ac.ir)

که این بار به آسمان‌ها هم تسری داده شده بود، منجمین می‌توانستند احوال آسمان، مانند طلوع و غروب اجرام سماوی و خسوف و کسوف ماه و خورشید، را به درستی محاسبه و پیش‌بینی کنند.

وجوه مشترک در سه مثالی که از مقوله‌های حکمت طبیعی آورده شد به شرح زیراند.

۱. اصول موضوعه منبعث از مشاهدات،
۲. استدلال و استنتاج بر مبنای منطق ریاضی،
۳. زدن محک تجربه به نتیجه‌گیری‌ها و پیش‌بینی‌ها.

به نظر می‌رسد هر حوزه اندیشه‌ای که مشخصات بالا را داشته توانسته است پیشرفت کند. و به مرور زمان که مشاهدات بیشتر و دقیق‌تر شده، پرسش‌ها و مفاهیم نو مطرح کرده و به یافته‌های نورسیده است. حوزه اندیشه‌ای که از این الگو پیروی نکرده، در حد تکرار مفاهیمی که بعضاً هزار و دوهزار سال قدمت دارند، ایستا مانده است. بسیاری از مفاهیم مکاتب فلسفی شرق و غرب در این زمره قرار می‌گیرند. سخن انیشتین بی‌مناسبت با گفته اخیر نیست. او در کتاب "مفهوم نسبیت" (۲) خود می‌نویسد:

"تنها فایده مفاهیم و نظام مفاهیم مان این است که مجموعه مشاهدات مان را توجیه کنند. و رای این انتظار مشروعیتی ندارند. من بر این باورم که فلاسفه با ارتقاء بعضی از مفاهیم بنیادی از حد مشاهدات که قابل کنترل است به قله‌های دور از دست‌رس "تجربید مقدم بر تجربه" به پیشرفت تفکر علمی زیان رسانده‌اند."

"The only justification for our concepts and system of concepts is that they serve to represent the complex of our experiences. Beyond this they have no legitimacy. I am convinced that the philosophers have had a harmful effect upon the progress of scientific thinking in removing certain fundamental concepts from the domain of empiricism, where they are under control, to the intangible heights of the apriori."

با توجه به التزام دانش‌های تجربی به مشاهدات، طبیعی است که پیشرفت آن‌ها را نیز در تکامل تکنیک‌های مشاهده و دقت داده‌های مشاهداتی جستجو کنیم. استدلال کرجی در کروی بودن سطح آب‌های زیرزمینی دقیق و درست و به معنای کلمه زیباست. ولی محدودیت دارد. کرجی و معاصران

با حرکت دائمی خود برگرد این مرکز می‌گردد... برای هریک از افلاک و ستارگان و آتش و هوا و آب و خاک محلی خاص قرار داده است، که چون از آن جدا شوند با حرکت دوباره به این سوی بازمی‌گردند. به این جهت است که اجسام سنگین مانند خاک و آب خواستار رسیدن به این مرکزند و هرچه جسم سنگین‌تر باشد این میل به مرکز بیشتر است."

پس از این مقدمه کرجی نتیجه می‌گیرد که سطح آب‌های زیرزمینی کروی است. چه آب خواهد کوشید حفره‌های خالی بین سنگ و خاکی که زمین را تشکیل می‌دهند را پر کند و نزدیک‌ترین وضع نسبت به مرکز را به خود بگیرد. پس از این صغری و کبری چیدن‌ها، کرجی به فن احداث کاریزو استحصال آب‌های زیرزمینی می‌پردازد.

مفروضات کرجی، کروی بودن زمین، ترکیب طبیعت از عناصر اربعه، و میزان تمایل هر عنصر به مرکز یا به فرار از مرکز، منبعث از مشاهدات اند. هر بخش از این مفروضات برای همه و در شرایطی که برای اندیشمندان یک هزار سال پیش قابل حصول بوده، آزمودنی بوده است. منطق کرجی نیز مبتنی بر همین شناخت از طبیعت قابل مشاهده است. البته نتیجه‌گیری‌اش هم کاملاً درست است و درستی آن را با احداث کاریزو، بر مبنای کروی بودن سطح آب‌های زیرزمینی، نشان می‌دهد.

هندسه نیز در او ان پیدایش و پیش از آن که به دست ریاضی‌دانان قرن‌های بیستم و بیست و یکم بیفتد مبتنی بر مشاهدات روزمره بوده است. هندسه نخستین بیشتر برای مقاصد کاربردی، مانند مساحی و طراحی بناها، مورد نظر به کار رفته است. مفروضات آن، مانند این که کوتاه‌ترین فاصله بین دو نقطه خط راست است، و یا از یک نقطه تنها یک خط به موازات خط دیگر می‌توان کشید، حاصل انبوهی از مشاهدات روزمره بوده‌اند که متفکرین زمان آن‌ها را پالوده و به صورت اصول موضوعه بیان کرده‌اند.

مثال سوم از نجوم: در نجوم بطلمیوسی زمین مرکز عالم است. افلاک و فلک‌الافلاک، یا به تعبیر امروزی همه آسمان، دور زمین می‌چرخند. خورشید و ماه و سیارات و ثوابت هر کدام در فلک خود حرکتی دارند که از نظر راصد زمینی قابل رصد و اندازه‌گیری است. بر مبنای قواعدی که باز از پالایش ارساد فهمیده شده بودند، و بر مبنای اصول و قضایای هندسه زمینی

حرکت و گرانش نیوتن مدون می‌شوند. به دفعات در حرکت روی سطوح شیب‌دار، در سقوط آزاد، در آونگ، در تیرهای شلیک شده از توپ و تفنگ، در حرکات سیارات دور خورشید به آزمایش گذاشتند می‌شوند و از بوته آزمایش بی‌غش بیرون می‌آیند. انقلاب بزرگی شده است و بخشی از حکمت طبیعی به نام مکانیک به صورت "Axiomatic" درآمده است. اصول موضوعه‌اش برگرفته از مشاهده است. منطق آن منطق ریاضی و پشتوانه پیش‌بینی‌ها و احکامش باز مشاهده است، باب جدل و سفسطه در بحث‌هایش بسته شده است. از این به بعد نیز بهتر است به جای عبارت حکمت طبیعی کلمه فیزیک را به کار برم که فیزیک پیشه‌گان اهل جدل نیستند و یا اقلاد در مباحث فیزیکی مجادله نمی‌کنند.

Sniidh هفده و هیجده و نوزده دوران هیبت و هیمنه مکانیک و الکترومغناطیس است. مکانیک سماوی نه فقط حرکات سیارات را با زیبایی تمام توجیه و تحلیل می‌کند بلکه چنان دقیق است که وجود نپتون و پلوتو و مشخصات مداری آن‌ها را از روی اختلالاتی که روی مدار اورانوس می‌گذارند پیش‌بینی می‌کند. مکانیک سیالات چنان گسترده شده است که از جریان مایعات در لوله‌های موئی گرفته تا امواج صوتی در هوا تا جریان‌های موسمی باد در مقیاس کره زمین و تا جریان‌های اقیانوسی را جواب گوشت.

الکترومغناطیس کمی دیرتر در صحنه ظاهر شده است و میراثی از گذشته‌های دور ندارد، جز آن که پیشینیان کهربا و سنگ مغناطیس را می‌شناختند. به همین لحاظ نیز الکترومغناطیس پرورده تمام عیار آزمایشگاه‌ها است. موج الکترومغناطیسی هست و نور هم از همین جنس است و هر دو با سرعت سیصد هزار کیلومتر در ثانیه حرکت می‌کنند.

تا اواخر قرن نوزدهم مکانیک و الکترومغناطیس، بعلاوه آنچه که از فیزیک و دینامیک گرما فهمیده شده بود، چنان موفقیتی از لحاظ توجیه مشاهدات، پیش‌بینی‌ها و راه‌یابی به تکنولوژی‌ها و کاربردهای جدید، نشان داده بودند که بعضی از بزرگان زمان به زبان آوردند که دانستنی‌ها کم و بیش دانسته شده‌اند و مجهولات زیادی برای کشف نمانده است. ولی ساده‌انگاری بود. تکنیک‌های آزمایشگاهی کامل‌تر شدند و داده‌های دقیق‌تر دادند که با نظریه‌های به ظاهر تثبیت شده تا اواخر قرن نوزدهم نمی‌خواندند.

و پیشینیان‌اش به خارج از کره زمین دست‌رسی نداشتند تا بتوانند بپذیرند که در خارج از زمین و در حرکت آزاد، آب و خاک تمایلی به افتادن به مرکز زمین ندارند. منجمین هم تا آن زمان و تا قرن‌ها بعد نمی‌توانستند تصور کنند که اگر به ماه و خورشید و سیارات از دوردست‌های فضا نگاه کنند همه را در حرکت دور خورشید خواهند یافت و برای توجیه احوال آسمان لازم نیست آن همه فلک و فلک‌های تدویر فرض کنند. و تازه توانسته باشند تنها سینماتیک حرکات سماوی را بیان کنند و مجال پرداختن به دینامیک یعنی چرایی حرکت را نداشته باشند.

یک نکته دیگر نیز قابل تأمل است. علی‌رغم این که حکمت طبیعی و مفاهیم رایج آن از زمان‌های بسیار دور منبعث از مشاهدات بوده است، به نظر می‌رسد متفکرین گذشته با همه احترامی که شایسته‌اش هستند، تأکید لازم روی مشاهده و آزمایش نداشتند. ناخودآگاه، مفاهیم قابل لمس را بدیهیات می‌شمردند و به بیان انیشتن به خارج از حوزه اعتبارشان تعمیم می‌دادند. نظایر ابوریحان، که زمرد به چشم افعی می‌بست، تا گفته رایج که زمرد افعی کور می‌کند را، بیازماید. یا ابن هیثم که برای درک قوانین انعکاس و انکسار نور اتاق تاریک می‌ساخت و آزمایش طراحی می‌کرد، کم بودند. و کمتر دست‌پروردگان این بزرگواران بودند که تفکر تجربی استاد را پی بگیرند و به صورت یک مکتب علمی در بیاورند.

از ارسطو به بعد قرن‌ها می‌بایست سپری می‌شد، تا اندیشمندان زمان از بحث‌های مبهم و جاه‌طلبانه‌ای که در مورد حرکت باز شده بود، از حرکت آسمان و زمین گرفته تا حرکت در رنگ و جوهر و عرض و غیره، صرف نظر کنند، و نوبت به گالیله برسد که به حرکت قابل فهم و دست‌یافتنی یک سنگ بسنده کند. افتادن اجسام ریز و درشت از بالای برج پیزا را بیازماید و نتیجه بگیرد که همه اجسام از بالا به پایین یک‌سان سقوط می‌کنند، یافته باشکوهی که سه قرن بعد در دست انیشتن به اصل هم‌ارزی شتاب و گرانش تبدیل می‌شود و در بنیاد نظریه نسبیت عام قرار می‌گیرد. از گالیله تا نیوتن کم و بیش یک قرن دیگر لازم بود که چرایی حرکت معلوم شود. نیرو به عنوان شتاب دهنده یا کند کننده حرکت شناخته شود. در افتادن سنگ از بالا به پایین این نیرو جاذبه زمین و در حرکت سیارات دور خورشید جاذبه خورشید باشد. بالاخره قوانین

۱. اگر مشاهدات نشان می‌دهند که سرعت نور مستقل از حرکت چشمه و آشکار ساز است و ثابت است، چرا همین به عنوان یک اصل موضوعه پذیرفته نشود.

۲. در همه مشاهدات روزمره و یا طراحی شده آزمایشگاهی، تنها سرعت نسبی پدیده و ناظر مطرح است و پای مفهومی به نام سرعت مطلق به میان کشیده نمی‌شود. بنابراین ناظر ممتاز وجود ندارد و بنابراین "قوانین فیزیک از دید همه ناظرانی که نسبت به هم در حرکت یک‌نواخت‌اند باید یک‌سان باشد". قانون اخیر از نمونه‌های زیبای یک پارچه‌ساز و وحدت‌بخش در فهم قوانین حاکم بر عالم ماده است.

نظریه نسبیت خاص بر مبنای دو اصل یاد شده، ثابت بودن سرعت نور نسبت به هر ناظر و یک‌سان بودن قوانین فیزیک برای ناظرانی که نسبت به هم حرکت یک‌نواخت دارند، بنا می‌شود و معلوم می‌شود که الکترومغناطیس درست است و مکانیک نیوتنی نیاز به تجدید نظر دارد. مکانیک نسبیتی جدید با مکانیک نیوتنی شناخته شده تفاوت دارد. ولی تفاوت‌هایش آن‌چنان فاحش نیست که در مشاهدات کم دقت روزمره بروز کند. سرعت حرکات روز آشنا، مانند سرعت نشستن و برخاستن و راه رفتن، سرعت ماشین و هواپیما، سرعت گلوله توپ و ماهواره هیچ کدام حتی به یک ده‌هزارم سرعت نور هم نمی‌رسد. بنابراین کافی است این دسته از حرکات را تابع قانون مکانیک نیوتنی بدانیم. ولی سرعت یک الکترون در تابش‌های کیهانی یا در یک ماشین شتاب دهنده معمولاً کسر قابل توجهی از سرعت نور است. رفتار چنین الکترونی تابع مکانیک نسبیتی خواهد بود.

بد نیست به بعضی از پیش‌بینی‌های نسبیت خاص توجه کنیم. ساعتی که نسبت به من حرکت می‌کند کندتر از ساعت من کار خواهد کرد. بنابراین زمان مطلق معنی ندارد. خط‌کشی که نسبت به من حرکت می‌کند کوتاه‌تر از خط‌کش من خواهد بود بنابراین مکان مطلق وجود ندارد. سنگی که نسبت به من حرکت می‌کند پرجرم‌تر از همان سنگ در دست من خواهد بود. بنابراین جرم مطلق و چیزی به نام اصل بقا جرم وجود ندارد. "من" نیز هیچ امتیازی نسبت به ناظران دیگر ندارد. اگر "من" ناظری را در حرکت ببینم او نیز مرا نسبت به خودش در حرکت خواهد دید. بنابراین ساعت‌ام را کندتر از ساعت خود، خط‌کش‌ام را کوتاه‌تر از خط‌کش خود و سنگ مشت‌ام

یکی از سردرگمی‌های بزرگ در مورد نور بود. سؤال شد امواج نورانی در چه محیطی منتشر می‌شوند. این محیط هوا و آب و شیشه نبود چه نور ستارگان به زمین می‌رسید و فضای بین زمین و ستارگان از چنین موادی پرنشده بود. از سوی دیگر فیزیک‌دانان آن دوران نمی‌توانستند موج بدون محیط انتشار را تصور کنند. بنابراین به طور ضمنی توافق کردند، که صرف نظر از ماهیت، چنین محیطی وجود دارد و تمام فضا را پر کرده است و نام‌اش را اتر گذاشتند. سؤال بعدی این بود که اتر را چگونه آشکار سازند. به سوابق ذهنی مراجعه شد: اگر حسن و حسین هر دو به طرف هم حرکت کنند سرعت‌شان جمع می‌شود و زودتر به هم می‌رسند. با همین قیاس اگر موجی در روی آب باشد و شناگری به طرف موج حرکت کند باز هم سرعت موج نسبت به آب با سرعت شناگر نسبت به آب با هم جمع می‌شوند و سرعت موج نسبت به شناگر و یا شناگر نسبت به موج به دست می‌آید. شاید امواج نورانی هم از این قانون جمع سرعت‌ها، که ریشه در سینماتیک گالیله دارد، پیروی کنند. ولی چنین نبود. زمین دور خورشید می‌گردد. اگر امروز در آسمان ستاره‌ای پیدا کنیم که زمین به طرف‌اش می‌رود، شش ماه بعد زمین از همان ستاره دور خواهد شد. برابر قانون جمع سرعت‌های گالیله، نوری که امروز به ما می‌رسد باید قریب به شصت کیلومتر بر ثانیه سریع‌تر از نوری باشد که شش ماه بعد می‌رسد (سرعت زمین در مدارش دور خورشید سی کیلومتر بر ثانیه است). رصدهای منجمین چنین تفاوتی را نشان ندادند. در همه حال سرعت نور ستاره نسبت به راصد ثابت بود. فیزو، مایکلسون، مایکلسون - مورلی و دیگران به آزمایش‌های آزمایشگاهی متوسل شدند. باز سرعت نور را ثابت یافتند. نور از قانون جمع سرعت‌های گالیله پیروی نمی‌کرد. به زبان دیگر اتر با هیچ ترفندی خود را نشان نمی‌داد. خوش‌باوری قرن‌های هجدهم و نوزدهم به سرآمده بود. نام‌آوران فیزیک، مانند‌های ماکسول، پوانکاره، لورنتز و دیگران در تلاش بودند جوابی برای مشکل پیش آمده پیدا کنند و راه به جایی نمی‌بردند.

انیشتن در سال ۱۸۷۹ در اولم سویس متولد شده است. در ۱۹۰۵ برابر ۱۲۸۴ هجری شمسی مقارن با صدور فرمان مشروطیت توسط مظفرالدین شاه (۱۳۸۳) در بلوغ کامل عقلی و علمی بود. استنباط من از نوشته‌هایش چنین است.

را پُرچرم تراز سنگ مشابه مشت خود خواهد یافت. به عبارت دیگر پند اصلی نسبت خاص برداشتن منیت از ساحت علم و برابر دانستن ناظران مختلف است.

فیزیک دانان توانسته‌اند پیش‌بینی‌های نسبت خاص را کمی کنند و درستی آن‌ها را با آزمایش‌های تکرار پذیرشان نشان دهند. شخص ممکن است احکام نسبت خاص را مغایر با عقل سلیم بداند و مطمئناً انسان‌های پیش از قرن بیستم اعم از عالم و عامی در این گروه قرار می‌گیرند. ولی منظور از عقل و عقل سلیم چیست. اگر قبول کنیم عقل عبارت از قدرت استنباط و استنتاج برائمهات در تجزیه و تحلیل مشاهدات است، مشکل از میان برداشته خواهد شد. عالم و عامی تا پایان قرن نوزدهم سرو کاری با سرعت‌های نزدیک به سرعت نور نداشتند. ولی در حال حاضر، اقلاً فیزیک‌پیشه‌گان قرن بیست و یکم، با چنین سرعت‌هایی مانوس‌اند. تجربه‌های این دو گروه و بنابراین عقل‌هایشان با هم تفاوت خواهد داشت. اینان احکام نسبت خاص را موافق با عقل سلیم قرن بیست و یکم خود خواهند یافت و آنان مغایر با عقل سلیم قرن نوزدهم خود خواهند دید. به این معنا عقل سلیم زاده و پرورده دیده‌هاست. عقل به معنای بالا مطمئناً عقل قائم بالذاتی که ابوعلی سینا و دیگران بر مبنای آن داستان‌های تمثیلی سلمان و ابسال، حی بن یقطان و غیره را نوشته‌اند و مباحث فلسفی پرورده‌اند نیست.

یک بار دیگر به عقب برگردیم و رخ‌دادهایی را که منجر به ظهور فیزیک نسبیتی شد دوره کنیم: نور از قانون جمع سرعت‌های گالیله پیروی نمی‌کرد. انیشتن با دقت نظری که داشت ایراد را در قانون جمع سرعت‌ها دید که خود به فرض وجود فضا و زمان مطلق مبتنی بود. این فرض پیش‌داورانه بود و در سرعت‌های زیاد اعتبار نداشت. کنار گذاشته شد و مکانیک نیوتنی به نفع مکانیک نسبیت خاص در درجه اهمیت کم‌تری قرار گرفت که در سرعت‌های کم کارایی دارد و در سرعت‌های نزدیک به سرعت نور سترون است، انیشتن سال ۱۹۰۵ (۳).

در آغاز قرن بیستم آیا همه پیش‌داوری‌ها از اصول موضوعه فیزیک کنار گذاشته شده بود؟ اقلاً در دو مورد چنین نبود.

الف) قانون حرکت اعم از صورت نیوتنی یا نسبیتی‌اش از ذره مادی سخن می‌گوید. ذره مادی می‌تواند در یک نقطه

متمرکز باشد. ولی تمرکز ماده در یک نقطه مفهومی است که از تجربه با دانه‌های ریزش و ماسه و ذرات غبار حاصل شده و به ذرات بسیار کوچک تراز مقیاس‌های یاد شده تسری داده شده است. غافل از این که الکترون و پروتون و ذرات بنیادی دیگری که اتم‌ها و مولکول‌ها را تشکیل می‌دهند فاقد خاصیت تمرکز در یک نقطه هندسی‌اند. گستردگی دارند و موج‌وار عمل می‌کنند. انسان‌های سده‌های پیش فاقد تجربه با ذرات میکروسکوپی بودند و ناخودآگاه تمرکزپذیری در نقطه هندسی را به عنوان یک بدیهه در تدوین مکانیک گنجانده بودند. تجدید نظر در این مفهوم و جای‌گزینی آن با نظریه موجی-ذره‌ای ذرات میکروسکوپی به ظهور مکانیک کوانتومی انجامید که بیشترین بخش اختراعات و اکتشافات سده بیستم و، به تبع، تکنولوژی‌های ظریف و حیرت‌آور آن را سبب شده است. از نقل این داستان نغز می‌گذرم که نه تخصص آن را دارم و نه در حوصله این مجال می‌گنجد.

ب) بنا به قانون حرکت نیوتن، نیروی وارد به یک سنگ برابر با جرم سنگ ضرب در شتاب آن است. بنا به قانون گرانش نیوتن، زمین به یک سنگ نیروئی وارد می‌کند که متناسب با جرم سنگ است. برای درک مفهوم جرم در قانون حرکت و اندازه‌گیری آن باید حرکات جسم را مطالعه کرد. برای درک مفهوم جرم در قانون گرانش باید جاذبه زمین روی جسم را بررسی کرد. این دو مفهوم دو مقوله جدا از هم هستند و بهتر است برای پرهیز از ابهام اولی را جرم اینرسی و دومی را جرم گرانشی بنامیم. ولی افتادن یک سان اجسام از بالای برج پیزا و بعدها افتادن یک سان پرو سنگ در داخل لوله تخلیه شده از هوا توسط نیوتن و خیلی بعدها اندازه‌گیری‌های بسیار دقیق اُتوش و دیگران در سده بیستم نشان دادند که جرم‌های اینرسی و گرانشی برای همه اجسام متناسب با هم‌اند. و اگر با واحدهای مناسب سنجیده شوند با دقت‌های یک در یک تریلیون و بیشتر با هم برابرند. چگونه دو مفهوم از بیخ و بن متفاوت می‌توانند با چنان دقت حیرت‌آور و با حوزه کاربردی فراخی از آزمایش‌های زمینی گرفته تا مشاهدات رصدی در مقیاس کهکشان‌ها و شاید هم عالم با هم برابر باشند. هیچ توجیهی برای تساوی جرم‌های اینرسی و گرانشی در دو قانون حرکت و گرانش نیوتن وجود ندارد. و به نظر انیشتن این عیب است.

قانون گرانش نیوتن یک عیب دیگر هم دارد. اگر به فرض

با سرعت نور منتشر می‌شود.

جای قانون حرکت نیوتن را نیز حرکت در فضا-زمان خمیده می‌گیرد، که خود حاصل یکی دیگر از باریک‌بینی‌های انیشتن است:

"صحبت از چیزی که می‌تواند روی چیزهای دیگر اثر بگذارد و خود از آن‌ها تأثیر نپذیرد با تفکر تحلیلی علمی مغایر است"

"It is contrary to the mode of rational thinking in science to conceive of some thing that can act itself, but which cannot be acted upon." (۳)

سخن این است که سرنوشت ماده، شامل حرکت و تحول‌های درونی و بیرونی آن، در فضا و زمان تعیین می‌شود. صحبت از فضا-زمان مطلق، صحبت از مفهومی است که روی ماده اثر می‌گذارد و خود از آن متأثر نمی‌شود و این خلاف تفکر تحلیلی انیشتن است. با این پیشینه فکری انیشتن در خواص فضا-زمان نسبت خاص که شبه اقلیدسی است تجدید نظر می‌کند و فضا-زمانی پیشنهاد می‌کند که در حضور ماده خمیده شده است. هر چه باشد اقلیدسی بودن فضای متعارف سه بعدی تنها در مقیاس‌های زمینی و منظومه شمسی و کمی وسیع‌تر از آن‌ها آزموده شده است. هیچ کس مجموع زوایای مثلثی را که طول اضلاع آن از مرتبه میلیون‌ها و میلیاردها سال نوری است اندازه نگرفته که به بیند یکصد و هشتاد درجه هست و فضا اقلیدسی است یا نه. تعمیم بی‌محابای چنین مفهومی به خارج از حوزه اعتبار تجربی‌اش پشتوانه ندارد.

با پذیرش فضا-زمان خمیده، تدوین قانون حرکت آسان است. متحرک به اقتضای خمیدگی فضا-زمان تنها می‌تواند در مسیری باشد که در پیش رویش است. این وضع بی‌شباهت با حرکت یک مهره در طول یک سیم خمیده نیست. مهره به اجبار باید از خمیدگی سیم تبعیت کند. حرکت زمین دور خورشید نیز، منتها در سطح بالاتری از تجرید، از همین مقوله پیروی می‌کند. خورشید فضا-زمان اطراف خود را خمیده کرده است. زمین در این فضای خمیده رها شده و در مسیر منحنی‌ای افتاده است که دور خورشید می‌گردد. این پاسخ انیشتن به حرکت سیارات دور خورشید است.

خورشید در یک لحظه منفجر شود (سرنوشتی که برای بسیاری از ستارگان حتمی است) و بخشی از آن از یک سو و بخش دیگر از سوی دیگر پرتاب شود، اثر گرانشی‌اش در مدار زمین عوض خواهد شد و زمین باید مدارش را با وضع جدید تطبیق دهد. زمین کی می‌فهمد که خورشید منفجر شده و گرانش‌اش تغییر کرده است تا مدارش را تصحیح کند. جواب نیوتن "آنا" است. معنای این حرف این است که اثرات گرانشی با سرعت بی‌نهایت منتشر می‌شوند. چنین پاسخی برای انیشتن قابل هضم نبود. در نظریه نسبیت خاص، بالاترین سرعت از آن نور است و هر پیام دیگری باید با سرعتی کمتر از آن جابه‌جا شود. دریافت انیشتن باز مخصوص خودش است و مشاهده برایش حجت است:

در آسانسوری که رها شده و با شتاب جاذبه سقوط می‌کند بی‌وزنی وجود دارد. بنابراین می‌توان گرانش در یک اتاق را با شتاب دادن اتاق حذف کرد. به بیان دیگر می‌توان شتاب و گرانش را هم‌ارز دانست و یکی را به جای دیگری گذاشت. قوانین فیزیک در اتاقی که جاذبه در آن حاکم است و در اتاق دیگری که در آسمان‌ها و به دور از هر جرم آسمانی است ولی با شتابی برابر میدان گرانش اتاق اول حرکت می‌کند باید یک‌سان باشد. اگر چنین باشد افتادن یک‌سان اجسام در میدان‌های گرانشی توجیه شده است. و علی‌الاصول نیازی به طرح هیچ یک از دو مفهوم جرم اینرسی و جرم گرانشی نیست. ولی چه شگفتی‌های دیگری که اصل هم‌ارزی شتاب و گرانش در پی ندارد. در اتاقی که با شتاب حرکت می‌کند اگر نور از روزنه‌ای وارد شود در ارتفاعی کمتر از ارتفاع روزنه ورود به دیوار مقابل می‌رسد. یعنی این که مسیر نور در اتاق شتاب‌دار از دید ناظری که در همان اتاق است منحنی است. بنابراین مسیر نور در میدان گرانش اجرام سماوی نیز باید خمیده باشد. پدیده‌ای که در خورشید گرفتگی سال ۱۹۱۹ در جزیره‌های پرنسیپیه و سوبرال توسط دو هیئت اعزامی از سوی انجمن سلطنتی بریتانیا اندازه گرفته شد و برابر پیش‌بینی‌های نظریه بود (۲).

این بخش از گسترش فیزیک با نام نظریه نسبیت عام و یا نظریه گرانش انیشتن شناخته شده است و جای قانون گرانش نیوتن را می‌گیرد. دقیق‌تر و منطقی‌تر از قانون گرانش نیوتن است. در نظریه نسبیت عام تغییرات در میدان گرانش نیز دقیقاً

## منابع

۱. ابوبکر محمدبن حسین کرجی، انباط المیاه الخفیه، مترجم حسین خدیو جم، استخراج آب های پنهان، ناشر بنیاد فرهنگ ایران، ۱۳۴۵
2. Einstein, A., 1922, The Meaning of Relativity, Princeton University Press, 3rd. paperback, 1972
- ترجمه به فارسی:
- حیدری خواجه پور، محمدرضا، ۱۳۷۸، نسبیت و مفهوم نسبیت، انتشارات خوارزمی
۳. یوسف ثبوتی، نسبیت: خاص و عام، مرکز نشر دانشگاهی، ۱۳۹۷

\* \* \*

## قیاس ناپذیری، معنای واژه و زبان علم

دکتر عطا کالیراد<sup>۱</sup>

## چکیده

مقاله زیر به بررسی یکی از ستون‌های اصلی دیدگاه تامس کوهن در باب تغییر و تحول علم، یعنی قیاس ناپذیری، می‌پردازد. دل مشغولی اصلی در ترجمه از زبان مبدأ به زبان مقصد، انتقال ظرایف و معنا است. قیاس ناپذیری عملاً امکان ترجمه متون و مفاهیم علمی در میان پارادایم‌های مختلف را دشوار و در مواردی حتی ناممکن می‌نماید. در سطور زیر، به پیامد این دیدگاه در جهان بینی علمی و معنای گزاره‌های علمی پرداخته و به صحت این رویکرد در متون زیست‌شناسی تکاملی و نقد ارول موریس از کوهن و دیدگاه او در باب رابطه نظریه ارجاع کریپکه با قیاس ناپذیری می‌پردازیم.

کلمات کلیدی: قیاس ناپذیری، نظریه ارجاع کریپکه

## ۱. آغاز گفتار

تامس کوهن<sup>۱</sup> شاید از معدود فلاسفه علمی باشد که نامش برای اساتید علوم آشناس (کارل پوپر<sup>۲</sup> احتمالاً به همین اندازه در میان دانشجویان علوم آشنا باشد). مفاهیمی چون تحول پارادایم<sup>۳</sup>، قیاس ناپذیری<sup>۴</sup>، علم بهنجار<sup>۵</sup> و امثالهم به سبب اثر سترگش، یعنی ساختار انقلاب‌های علمی<sup>۶</sup>، به واژگانی رایج در زبان علم‌ورزان بدل شده‌اند؛ واژگانی که حتی به زبان روزمره نیز نشت کرده‌اند. دیدگاه کوهن نسبت به واژه‌های علمی در خصوص فهم، بسیار راهگشاست گرچه به نظر راقم این سطور دیدگاه کوهن در باب قیاس ناپذیری واژگان علمی بیش از حد پادواقع‌گرا<sup>۸</sup> می‌باشد.

۱. پژوهشکده علوم زیستی، پژوهشگاه دانش‌های بنیادی akalirad@ipm.ir

2. Thomas Kuhn (1922 – 1996)

3. Karl Popper (1902 – 1994)

4. Paradigm shift

5. Incommensurability

6. Normal science

7. The Structure of Scientific Revolutions (1962)

8. Anti-realism