





پایه‌های دانش

نوشته‌ی ایزاک آسیموف

ترجمه‌ی منوچهر محمدی شجاع



سازمان انتشارات
کانون پرورش فکری کودکان و نوجوانان
خیابان تخت طاوس ، خیابان جم ، شماره ۳۱ ، تهران
چاپ اول اسفندماه ۱۳۵۳
کلیه‌ی حقوق محفوظ است

This is an authorized translation of
Great Ideas of Science

COPYRIGHT © 1969 BY ISAAC ASIMOV

در این کتاب می خوانید :

- | | | |
|-----|---------------------------|------|
| ۱- | تالس ودانش | ص ۳ |
| ۲- | فیثاغورس وعدد | ص ۸ |
| ۳- | ارشمیدس وریاضیات عملی | ص ۱۴ |
| ۴- | گالیله وآزمایش | ص ۱۹ |
| ۵- | دموکریتوس واتم | ص ۲۴ |
| ۶- | لاووازیه وگازها | ص ۳۰ |
| ۷- | نیوتن واصل ماند | ص ۳۶ |
| ۸- | فاراده وحوزه های مغناطیسی | ص ۴۲ |
| ۹- | رامفورد وحرارت | ص ۴۸ |
| ۱۰- | ژول وانرژی | ص ۵۴ |
| ۱۱- | پلانک وکوانتا | ص ۶۰ |
| ۱۲- | بقراط وپزشکی | ص ۶۹ |
| ۱۳- | وهلروشمی آلی | ص ۷۱ |
| ۱۴- | لینائوس وطبقه بندی | ص ۷۷ |
| ۱۵- | داروین وتکامل | ص ۸۳ |
| ۱۶- | راسل وتکامل ستارگان | ص ۸۸ |



تالس و دانش

جهان از چه چیز درست شده است ؟

تالس اندیشمند یونانی ، در حدود سال ۶۰۰ قبل از میلاد به این پرسش اندیشه کرد و به این پاسخ غلط رسید که : « همه چیز از آب درست شده است. »

این عقیده نه تنها غلط بود ، چندان هم تازگی نداشت . با این حال این عقیده ، یکی از مهمترین عقیده ها در تاریخ علم است . بدون چنین اندیشه هایی ، دانش بوجود نمی آمد .

اهمیت پاسخ تالس به پرسش بالا هنگامی روشن می شود که ببینیم او چگونه به این پاسخ رسید . تالس که معتقد بود همه چیز از آب درست شده ، در يك شهر بندری زندگی می کرد . این شهر که میلئوس نامیده می شد در کرانه ی دریای اژه قرار داشت و اینک جزئی از ترکیه است . میلئوس اکنون وجود ندارد ، اما در سال ۶۰۰ پیش از میلاد این شهر غنی ترین شهر دنیای یونانی زبان بود .

شاید هنگامی که تالس به دریای اژه خیره می‌شد به طبیعت جهان می‌اندیشید. او می‌دانست که دریای اژه از جنوب به دریای بزرگتری که اینک مدیترانه نامیده می‌شود می‌پیوندد، و این دریا صدها کیلومتر به سوی غرب گسترش یافته است. دریای مدیترانه به يك تنگه‌ی باریک، تنگه‌ی جبل‌الطارق، می‌رسید که میان دودیواره‌ی سنگی، که یونانیان آن را ستون‌های هرکول می‌نامیدند، قرار داشت.

آنسوی ستون‌های هرکول، اقیانوس اطلس گسترده بود، و یونانیان فکرمی‌کردند که این اقیانوس خشکی‌های زمین را از هرسو در بر گرفته است. تالس تصور می‌کرد زمین به شکل بشقاب عظیمی به قطر چند هزار کیلومتر در يك اقیانوس بی‌پایان شناور است. اما او می‌دانست که آب‌ها خود زمین را نیز شکافته‌اند، رودخانه‌ها در آن جریان دارند، دریاچه‌ها بخش‌هایی از آن را پوشانده‌اند و چشمه‌ها از زیر آن می‌جوشند. او می‌دید که آب‌ها بخار شده در آسمان ناپدید می‌شوند و گهگاه به صورت باران به زمین می‌بارند. در همه جا آب بود، در بالا، در پایین و گرداگرد زمین.

آیا زمین از آب درست شده؟

به نظر تالس چنین می‌رسید که زمین جامد نیز از آب درست شده است. او گمان می‌کرد که در جوانی این موضوع را با چشمان خودش دیده است. هنگام سفرش به مصر دیده بود که رود نیل در زمان طغیان زمین‌های اطراف را فرا می‌گیرد و هنگامی که آب‌ها فرو می‌نشینند خاک تازه و حاصلخیز به جا می‌ماند. در واقع در شمال مصر جایی که رودخانه‌ی نیل به دریا می‌ریخت، در میان آب منطقه‌یی از خاک نرم وجود داشت که از ته نشست آب‌های سیلابی درست شده بود. (این منطقه شکل مثلث داشت، مانند حرف «دلتا» از الفبای یونانی، و از این رو آن را دلتای نیل می‌نامیدند).

تالس پس از اینکه به همه‌ی اینها اندیشیده نتیجه‌ای رسید که به نظرش منطقی می‌آمد: «همه چیز از آب درست شده است». البته او اشتباه می‌کرد، زیرا همه چیز از آب نیست. هوا از آب نیست، و هنگامی که آب بخار می‌شود ممکن است ذرات آن با هوا در آمیزد ولی به هوا تبدیل نمی‌شود. خاک جامد از آب نیست. رودخانه‌ها ممکن است تکه‌هایی از زمین را از کوه‌ها بکنند و به دشت‌ها بیاورند، اما آن تکه‌ها از آب درست نشده‌اند.

تالس در برابر بابل

اندیشه‌های تالس تنها از آن خودش نبود. این اندیشه‌ها از بابل سرچشمه گرفته بود، و این کشور را تالس هنگام جوانیش دیده بود. تمدن باستانی بابل در ستاره‌شناسی و ریاضیات به نتایج مهمی رسیده بود که نظر متفکری جدی

چون تالس را به خود جلب می کرد . بابلیان عقیده داشتند که زمین چیزی مانند بشقاب بزرگی است که در آب قرار دارد . در بعضی نقاط ، آب از سطح زمین بالاتر می آید و رودخانه ، دریاچه و چشمه را تشکیل می دهد ، و در اطراف زمین همه جا آب شورا است .

آیا این همان تصویری نبود که تالس ارائه می کرد؟ آیا عقاید تالس تکرار نظریه های بابلیان نبود؟ نه کاملاً ! برخلاف تالس ، بابلیان آب را مجموعه ای از موجودات ماورای طبیعی می دانستند. آب شیرین خدای آپسو، و آب شور الهه تیامات بود . این زوج خدایان و الهه های زیادی بوجود آورده بودند . (یونانیان عقیده مشابهی در این باره داشتند، آنها اکثانوس ، خدای اقیانوس را پدر خدایان می دانستند.)

سرانجام، مطابق افسانه های بابل، میان تیامات و اخلافش جنگ در گرفت . پس از یک نبرد بزرگ مردودا یکی از خدایان تازه ، تیامات را کشت و او را به دونیم کرد . او با یک نیمه تیامات آسمان و با نیمه دیگرش زمین را ساخت . این بود پاسخ بابلیان به این پرسش که « جهان از چه درست شده است؟ » تالس از زاویه دیگری به این پاسخ رسید. تصویری که او از جهان ساخته بود فرق می کرد. زیرا در تصویر او ، خدایان و الهه ها و جنگ میان موجودات ماوراء طبیعی وجود نداشتند. او به سادگی می گفت « همه چیز از آب درست شده است . »

تالس در شهر خود میلئوس و در نواحی نزدیک آن در کرانه دریای اژه، شاگردانی داشت. دوازده شهر واقع در این کرانه ، منطقه ای به نام ایونیا را تشکیل می دادند . از این رو مکتب تالس و شاگردانش به « مکتب ایونی » معروف است .

ایونی ها ، بی آنکه دست به دامن خدایان و الهه ها شوند، به کوشش خود برای توضیح دادن جهان ادامه دادند. در این راه آن ها سنتی را بوجود آوردند که تا این زمان باقی مانده است .

اهمیت سنت ایونی

چرا توضیح جهان بدون تکیه به خدایان اینهمه اهمیت داشت ؟ آیا دانش می توانست بدون چنین سنتی تکامل یابد ؟

فرض کنید که جهانی را خدایان بوجود آورده باشند و خود آن را اداره کنند .

بنا بر این خدایان، هر آنچه را که بخواهند می توانند با دنیا انجام دهند. اگر الهه یی به علت اینکه معبدی که برایش ساخته اند به اندازه ی کافی بزرگ نیست خشمگین شود، ممکن است بلایی نازل کند. اگر جنگجویی در میدان جنگ

در خطر باشد و به درگاه خدایی دعا کنند و قول بدهد که حیوانی برایش قربانی کند، ممکن است آن خدا ابری بفرستد تا جنگجو را در برگیرد و او را از نظر دشمنان مخفی کند. به این ترتیب نمی توان انتظار داشت که در دنیا نظم خاصی وجود داشته باشد. در این صورت همه چیز به هوی و هوس خدایان بستگی دارد.

اما به نظر تالس و شاگردانش خدایان در کار عالم دخالت نمی کردند. دنیا تنها مطابق طبیعت خودش عمل می کرد. بلا تنها هنگامی فرا می رسید وابر موقعی ظاهر می شد که علت های طبیعی خاصی وجود داشت. تنها در صورتی که علت های طبیعی در کار بودند بلا می رسید و ابر ظاهر می شد. بنا بر این تالس و پیروانش به این نظریه اساسی رسیدند که : جهان مطابق « قوانین طبیعی » خاصی عمل می کند که عوض شدنی و تغییر پذیر نیستند.

آیا چنین جهانی بهتر از جهانی نیست که از روی هوس خدایان اداره شود؟ اگر خدایان آنگونه که دلشان بخواهد عمل کنند چه کسی می تواند پیش بینی کند که فردا چه اتفاق می افتد؟ مثلاً « اگر خدای آفتاب » از چیزی آزرده خاطر باشد ممکن است آفتاب دیگر طلوع نکند. کسانی که به نیروهای ماورای طبیعی عقیده دارند کوشش برای شناخت طرز کار جهان را بیهوده می دانند. در عوض آنها روش هایی را به کار می برند که به گمانشان موجب خشنودی خدایان می شود و یا خشم آنان را فرو می نشاند. به نظر این دسته از مردم تنها ساختن معابد و محراب ها، قربانی کردن، بت سازی و جادو اهمیت داشت.

هیچ چیز نمی توانست به آنان بفهماند که این شیوه ی کار اشتباه است. فرض کنید که با وجود انجام دادن تمام مراسم مذهبی خشکسالی و یا مصیبت دیگری دامنگیرشان می شد. در این صورت چنین خیال می کردند که این بدانجهت است که جادوگران کار خود را درست انجام نداده اند و یا هنگام انجام مراسم چیزی را از یاد برده اند. آن ها به سادگی کار خود را از سر می گرفتند، حیوانات بیشتری قربانی می کردند و با دقت بیشتری به دعا می پرداختند. اما اگر اساس اندیشه های تالس و شاگردانش درست می بود، اگر جهان مطابق قوانین طبیعی غیر قابل تغییر اداره می شد، در این صورت مطالعه ی جهان کار با ارزشی بود. انسان می توانست به مشاهداتی چگونگی حرکت ستارگان، حرکت ابرها، ریزش باران و رشد گیاهان بپردازد. انسان می توانست مطمئن باشد که این مشاهدات همیشه یکسان هستند و هرگز ناگهان در اثر خواست این یا آن خدا تغییر نخواهند کرد. آنگاه انسان می توانست يك رشته قوانین ساده را که خصلت کلی این مشاهدات را بیان کنند بوجود آورد.

بنابر این نخستین فرضیه ی تالس و پیروانش، پایه ی فرضیه ی دوم آن ها شد: عقل بشر می تواند قوانینی را که بر جهان حکومت می کنند، دریابد.

این دو فرضیه که در طبیعت قوانینی وجود دارد، و اینکه انسان می‌تواند این قوانین را با عقل خود دریابد، «اندیشه‌ی علمی» را تشکیل می‌دهند. باید توجه داشت که این فرضیه‌ها فقط فرضیه هستند و نمی‌توان آن‌ها را ثابت کرد. با این همه از زمان تالس همیشه کسانی بوده‌اند که به این فرضیه‌ها به سختی اعتقاد داشته‌اند.

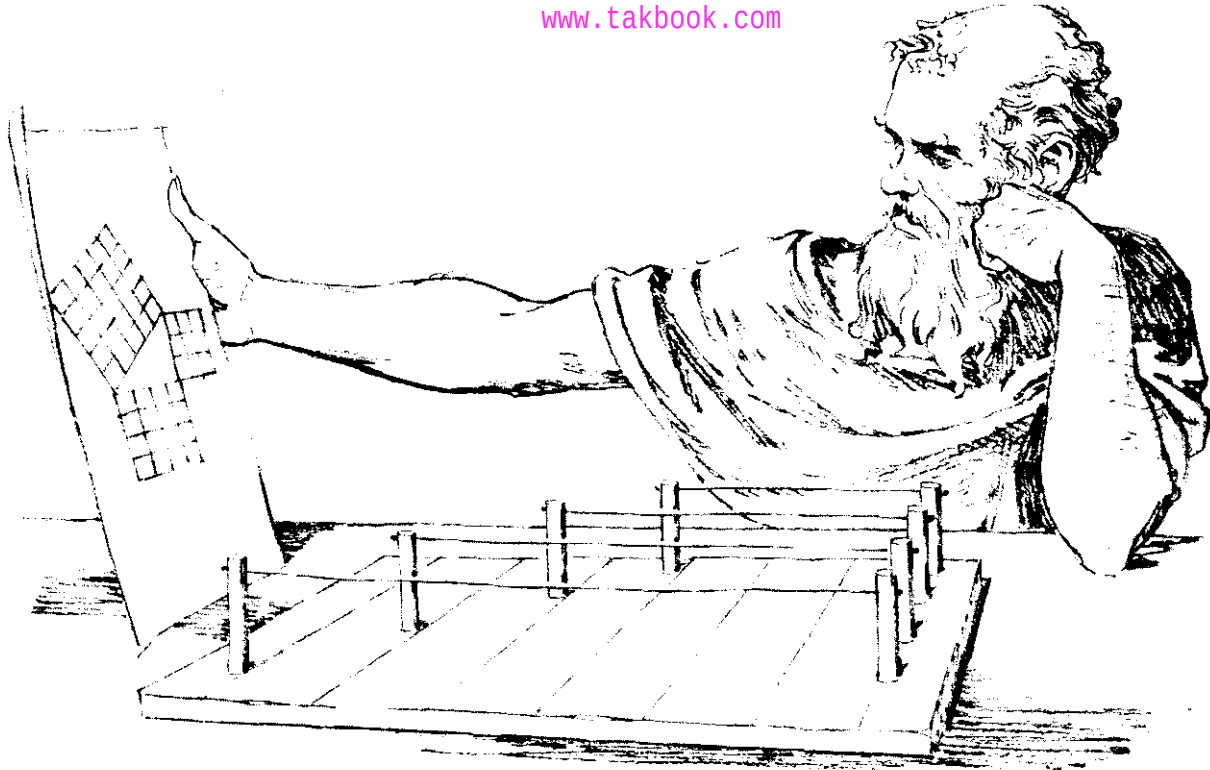
اندیشه‌ی علمی بعد از سقوط امپراطوری روم در اروپا ضعیف شد اما کاملاً از میان نرفت و در قرن شانزدهم این اندیشه ناگهان قوت گرفت. اکنون در نیمه‌ی دوم قرن بیستم این اندیشه در اوج قدرت است.

مطمئناً، جهان، خیلی بیشتر از آنچه که تالس می‌توانست تصور کند پیچیده است. با وجود این بعضی از قوانین طبیعت به سادگی قابل توضیح، و تا آنجا که مامی‌دانیم، تزلزل نیافتنی هستند. شاید مهمترین این قوانین، قانون بقای انرژی است که به زبان ساده چنین است: «کل مقدار انرژی موجود در جهان، همیشه ثابت است.»

نامعین معلوم

دانش دریافته است که برای دانستن‌های بشر هم حدودی وجود دارد. در دهه‌ی ۱۹۲۰ یک فیزیکدان آلمانی به نام «ورنر هیزنبرگ» اصل نامعینی (یا عدم تعین) را ارائه کرد. او گفت که تعیین دقیق مکان و سرعت یک شیئی در یک لحظه‌ی زمانی معین ناممکن است. مامی‌توانیم مکان یا سرعت شیئی را به دقت دلخواه خود تعیین کنیم، اما نمی‌توانیم هر دو آن‌ها را در یک زمان با هم معین سازیم. آیا این بدان معنی است که فرضیه‌ی دوم علم غلط است و انسان نمی‌تواند دانشی فراهم آورد که به وسیله‌ی آن معماهای جهان را حل کند؟

نه! به هیچ روی چنین نیست، زیرا «اصل نامعینی» خود یک قانون طبیعی است. دقت اندازه‌گیری پدیده‌های جهان حدودی دارد، اما عقل می‌تواند این حدود را بشناسد. در واقع بادرک درست اصل نامعینی می‌توان چیزهای بیشتری در مورد جهان دانست که بدون آن گیج‌کننده‌اند. بدینسان «اندیشه‌ی علمی» بزرگ تالس امروزه همانقدر معتبر است که دوهزار و پانصد سال پیش، به هنگام طرح آن.



۲

فیثاغورس و عدد

حدود بیست و پنج قرن پیش ، کمی پس از زمانی که تالس به رازهای جهان می‌اندیشید ، دانشمند یونانی دیگری به بازی بانخ سرگرم شد . فیثاغورس دانشمند هم ، مانند تالس ، در يك شهر بندری زندگی می‌کرد - شهر کروتون در جنوب ایتالیا . فیثاغورس هم مانند تالس يك آدم معمولی نبود . « بازیچه » های او هم معمولی نبودند ، بلکه سیم‌های محکمی بودند شبیه به آنچه در آلات موسیقی مثل چنگ به کار می‌رود . فیثاغورس سیم‌هایی به اندازه‌های مختلف فراهم کرده ، دو سر آنها را محکم می‌کشید و به دو چوب می‌بست و با پنجه ضربه‌یی به آنها می‌زد تا صدای يك نت موسیقی از آنها بیرون آید .

اعداد موسیقی

سرانجام او دو سیم پیدا کرد که صدای آنها فقط يك اکتاو با هم تفاوت داشت ، یعنی یکی از آنها صدای « دو » ی بم و دیگری صدای « دو » ی زیر می‌داد . چیزی که فیثاغورس را مجذوب کرد این بود که درازی سیمی که صدای

«دو»ی بم تولید می‌کرد درست دو برابر درازی سیمی بود که صدای «دو»ی زیر بیرون می‌آورد. نسبت درازای این دو سیم ۱ به ۲ بود. او بازهم کوشید و دو سیم یافت که صدای آن‌ها نسبت یک به پنج داشت. یعنی یک نت «دو» و دیگری «سل» بود. این بار درازی سیمی که نت بم‌تر را تولید می‌کرد درست یک برابر و نیم درازی سیمی بود که نت زیرتر را تولید می‌کرد. نسبت درازای آنها ۳ به ۲ بود.

اگر درازی یک سیم $1\frac{1}{3}$ درازی سیم دیگر بود صدای یک به چهار تولید می‌شد. یعنی یک نت «دو» و دیگری «فا» بود. در اینجا نسبت طول سیم‌ها ۴ به ۳ بود.

شک نیست که موسیقی‌دانان یونان و سرزمین‌های دیگر هم می‌دانستند که چگونه سیم‌هایی فراهم کنند که صدای نت‌های خاصی را تولید کنند، و نیز می‌دانستند که چگونه از این سیم‌ها آلات موسیقی بسازند. با وجود این فیثاغورس را نخستین کسی می‌دانند که نه تنها به موسیقی بلکه به نسبت طول‌هایی که موسیقی را بوجود می‌آورند اندیشیده است. چرا باید نسبت‌های اعداد کوچک - ۲ به ۱، ۳ به ۲، ۴ به ۳ - مخصوصاً صداها را خوشایند تولید کنند؟ اگر فیثاغورس دو سیم با نسبت‌های طولی پیچیده‌تر مثل ۲۳ به ۱۳ را انتخاب می‌کرد ترکیب صدا ناخوشایند می‌شد. شاید فیثاغورس هنگام دریافت این نکته از خوشحالی بشکن زده باشد. اعداد صرفاً ابزاری برای شمارش و اندازه‌گیری نبودند، آن‌ها بر موسیقی تسلط داشتند و شاید بر همه‌ی جهان حکم می‌راندند.

اگر اعداد این‌همه مهم باشند، پس مطالعه‌ی آن‌ها به خاطر خودشان اهمیت دارد. مثلاً انسان باید با اندیشیدن به خود عدد دو (و نه دو مرد، دوسیب و یا دو ستاره)، آغاز کند. عدد ۲ می‌تواند به تساوی به ۲ بخش شود - این یک عدد زوج است. عدد ۳ نمی‌تواند به تساوی به ۲ بخش شود - و این یک عدد فرد است. حال باید دید اعداد زوج چه ویژگی‌های مشترکی دارند. ویژگی‌های اعداد فرد چیست؟ می‌توان کار را با این حقیقت که جمع دو عدد زوج و جمع دو عدد فرد همیشه یک عدد زوج است، آغاز کرد. ضمناً جمع یک عدد زوج و یک عدد فرد همیشه یک عدد فرد است.

فرض کنید که هر عدد را به صورت تعدادی نقطه نشان دهیم. مثلاً برای ۶، شش نقطه برای ۲۳، بیست و سه نقطه، و به همین ترتیب برای دیگر اعداد، نقطه بگذاریم. حال اگر نقطه‌ها را به ترتیب در فاصله‌های مساوی بایکدیگر قرار دهیم

درمی یابیم که بعضی از اعداد یعنی اعداد معروف به اعداد مثلث ، می توانند تشکیل مثلثهای منظمی را بدهند و اعداد دیگر، یعنی اعداد معروف به اعداد مربع می توانند به صورت مربع های کامل در آیند .

اعداد مثلث

فیثاغورس می دانست که فقط شماره های خاصی از نقطه ها را می توان به طور منظم در يك مثلث، که شکلی سه پهلو است ، جای داد . کوچکترین آنها يك نقطه است که نشان دهنده ی مثلث شماره يك است. مثلث های بزرگتر با قرار دادن ردیف های نقطه به موازات یکی از اضلاع مثلث کوچکتر بوجود می آمد . مثلاً يك مثلث سه نقطه یی که نشان دهنده ی عدد ۳ باشد با گذاشتن دو نقطه در کنار يك ضلع مثلث يك نقطه یی درست می شد . به همین سان يك مثلث شش نقطه یی ، که نشان دهنده ی عدد ۶ است ، به وسیله ی اضافه کردن سه نقطه به مثلث سه نقطه یی بوجود می آمد .

مثلث های بعدی از ده نقطه (مثلث شش نقطه یی به اضافه ی چهار نقطه) ، پانزده نقطه (مثلث ده نقطه یی به اضافه ی پنج نقطه) ، بیست و يك نقطه (مثلث پانزده نقطه یی به اضافه ی شش نقطه) و به همین ترتیب درست می شدند.

بنابراین اعداد مثلث عبارت بودند از ۱، ۳، ۶، ۱۰، ۱۵، ۲۱، ...

هنگامیکه فیثاغورس با اضافه کردن نقطه ، این مثلث ها را درست می کرد از واقعیت جالبی آگاه شد. برای درست کردن مثلث های بزرگتر می بایست هربار يك نقطه بیش از تعداد نقاطی که دفعه ی پیش اضافه شده بود، افزوده شود.

(به کلماتی که با حروف متفاوت چاپ شده نگاه کنید تا درستی این نکته را دریابید) به عبارت دیگر اومی توانست مثلث ها یا اعداد مثلث را از راه جمع کردن يك رشته اعداد متوالی درست کند بنابراین :

$$1 = 1, \quad 3 = 1 + 2, \quad 6 = 1 + 2 + 3, \quad 10 = 1 + 2 + 3 + 4, \quad 15 = 1 + 2 + 3 + 4 + 5, \quad 21 = 1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 6$$

و به همین ترتیب .

اعداد مربع

برخلاف مثلث سه ضلعی ، مربع دارای چهار ضلع (و چهار زاویه ی قائمه یا ۹۰ درجه) است . بنابراین فیثاغورس می توانست انتظار داشته باشد که رشته ی اعداد مربع کاملاً از رشته ی اعداد مثلث متفاوت باشد . با وجود این ، يك نقطه ی تنهابه همان سادگی که دريك مثلث جای می گرفت می توانست دريك مربع نیز قرار گیرد . بنابراین رشته ی مربع ها نیز از شماره ی ۱ شروع می شد .

مربع های بزرگتر با گذاشتن نقطه های اضافی در طول دو ضلع مجاور يك مربع دیگر بوجود می آمدند . نقطه های جدید در امتداد دو ضلعی که تشکیل زاویه ی قائمه می دادند گذاشته می شد . مثلاً برای درست کردن مربع چهار

نقطه‌یی که نشان دهنده‌ی عدد ۴ بود سه نقطه به مربع يك نقطه‌یی اضافه می‌شد. به همین ترتیب يك مربع نه نقطه‌یی از راه گذاشتن پنج نقطه در اطراف مربع چهار نقطه‌یی درست می‌شد.

این رشته از مربع‌ها بدین ترتیب ادامه می‌یافت: مربع شانزده نقطه‌یی (مربع نه نقطه‌یی به اضافه‌ی هفت نقطه)، مربع بیست و پنج نقطه‌یی (مربع شانزده نقطه‌یی به اضافه‌ی نه نقطه)، مربع سی و شش نقطه‌ای (مربع بیست و پنج نقطه‌ی با اضافه‌ی پانزده نقطه) و به همین ترتیب. نتیجه عبارت بود از رشته‌ی اعداد مربع: ۱، ۴، ۹، ۱۶، ۲۵، ۳۶، ۴۹، ۶۴، ۸۱، ۱۰۰.

از آنجا که مثلث‌ها روی قاعده‌ی منظمی بزرگ می‌شدند فیثاغورس از دیدن این موضوع که مربع‌ها نیز چنین‌اند، تعجبی نکرد. تعداد نقطه‌هایی که به هر مربع تازه اضافه می‌شد همیشه يك عدد فرد بود. و نیز دو نقطه بیشتر از تعداد نقاطی بود که به مربع قبلی اضافه شد بود. (به کلمات با حروف متفاوت در عبارات بالا نگاه کنید).

به عبارت دیگر اعداد مربع از جمع کردن يك رشته اعداد متوالی فرد بوجود می‌آمد.

بنابراین $1 = 1$ ، $4 = 1 + 3$ ، $9 = 1 + 3 + 5$ ، $16 = 1 + 3 + 5 + 7$ ، $25 = 1 + 3 + 5 + 7 + 9$ ، و به همین ترتیب. مربع‌ها را می‌شد با اضافه کردن دو عدد مثلث متوالی نیز بوجود آورد: $4 = 1 + 3$ ، $9 = 3 + 6$ ، $16 = 6 + 10$ ، $25 = 10 + 15$ ، و یا اینکه با ضرب کردن يك عدد در خودش: $1 = 1 \times 1$ ، $4 = 2 \times 2$ ، $9 = 3 \times 3$ ، ...

روش اخیر شیوه‌ی مهمی برای درست کردن اعداد مربع است. چون $9 = 3 \times 3$ ، پس می‌گوییم نه مربع عدد سه است. به همین ترتیب ۱۶ مربع ۴، ۲۵ مربع ۵، و غیره... است، از سوی دیگر می‌گوییم عدد کوچکتر، یعنی عددی که آن را در خودش ضرب کرده‌ایم، ریشه‌ی دوم عدد بزرگتر است. مثلاً ۳ ریشه‌ی دوم ۹، و ۴ ریشه‌ی دوم ۱۶ است.

مثلث‌های راست گوشه

علاقه‌ی فیثاغورس به اعداد مربع او را بر آن داشت که به بررسی مثلث‌های راست گوشه یعنی مثلث‌هایی که يك زاویه‌ی آن‌ها قائمه است، بپردازد.

يك مثلث راست گوشه دوضلع عمود بر یکدیگر دارد، یعنی اگر يك ضلع کاملاً افقی نگه داشته شود ضلع دیگر کاملاً عمودی خواهد بود. مثلث راست گوشه ضلع سوم نیز دارد که از يك طرف زاویه‌ی قائمه ناظر دیگر آن کشیده می‌شود. این ضلع سوم که «وتر» نامیده می‌شود، همیشه بلندتر از دوضلع دیگر است.

فرض کنید که فیثاغورس به طور اتفاقی يك مثلث راست گوشه رسم می‌کرد و طول ضلع‌های آن را اندازه می‌گرفت. اگر او يك ضلع را به اعداد صحیح واحدهایی تقسیم می‌کرد، دوضلع دیگر معمولاً از اعداد صحیح همان واحدها تشکیل نمی‌شدند.

با این حال استثناهایی هم وجود داشت. فرض کنید که او مثلث راست گوشه‌یی داشت که يك ضلع آن سه واحد و ضلع دیگر چهار واحد طول داشت. در این صورت طول وتر این مثلث دقیقاً پنج واحد بود. چرا باید اعداد ۳، ۴، ۵، يك مثلث راست گوشه درست کنند؟ اعداد ۳، ۴، ۵ این کار را نمی‌کنند، اعداد ۴، ۳، ۵ نیز همین طور. همچنین تقریباً هیچ ترکیب دیگری از اعداد چنین مثلثی درست نمی‌کنند. فرض کنید که فیثاغورس به بررسی مربع‌های اعداد می‌پرداخت. در این صورت به جای اعداد ۳، ۴، ۵ اعداد ۲۵، ۱۶، ۹ را داشت. در اینجا موضوع جالبی پیدا می‌شود، زیرا $25 = 16 + 9$ ، جمع مربع‌های اضلاع این مثلث راست گوشه مساوی است با مربع وتر.

فیثاغورس باز هم پیشتر رفت. او متوجه شد که تفاوت میان اعداد مربع متوالی همیشه يك عدد فرد است: $3 - 1 = 2$ ، $4 - 1 = 3$ ، $5 - 4 = 1$ ، $9 - 4 = 5$ ، $16 - 9 = 7$ ، $25 - 16 = 9$ ، و به همین ترتیب. گاه این تفاوت فرد، خود يك مربع است مثل $9 - 16 = 25$ (که همان $9 + 16 = 25$ است). با توجه به این موضوع می‌توان يك مثلث راست گوشه دیگر از اعداد صحیح بوجود آورد. مثلاً ممکن بود فیثاغورس دو عدد مربع متوالی مثل ۱۴۴ و ۱۶۹ را از هم کم کند، از این قرار: $25 = 169 - 144$. ریشه‌ی دوم این اعداد ۱۲، ۱۳ و ۵ است، زیرا $13 \times 13 = 169$ ، $12 \times 12 = 144$ و $5 \times 5 = 25$. بنابراین او می‌توانست راست گوشه‌یی بسازد که اضلاع آن برابر با پنج و دوازده واحد و وتر آن برابر با سیزده واحد باشد.

قضیه‌ی فیثاغورس

بدینسان فیثاغورس تعداد زیادی مثلث راست گوشه در اختیار داشت که مربع و تر آن‌ها با جمع مربع‌های دو ضلع دیگر برابر بود. اوبه زودی ثابت کرد که این موضوع در مورد همه‌ی مثلث‌های راست گوشه صادق است. صدها سال پیش از زمان فیثاغورس، مصریان، بابلیان، و چینیان می‌دانستند که این رابطه در مثلث ۳، ۴، ۵ وجود دارد. در حقیقت بابلیان و دیگران اطمینان داشتند که این موضوع درباره‌ی همه‌ی مثلث‌های راست گوشه صدق می‌کند. اما چنانکه می‌دانیم فیثاغورس نخستین کسی بود که آن را به اثبات رسانید.

او گفت: «در مثلث راست گوشه، مجموع مربع‌های دو ضلع برابر است با مربع وتر. چون او نخستین کسی بود که موفق به اثبات این قضیه شد، آن را «قضیه‌ی فیثاغورس» می‌نامند. اما فیثاغورس چگونه این قضیه را ثابت کرد؟

روش استنتاج

برای پاسخ دادن به این پرسش باید نازمان تالس، متفکر بزرگ که در فصل اول درباره‌ی او سخن گفتیم، به عقب

برگردیم. از قدیم گفته‌اند که فیثاغورس زیر نظر تالس درس می‌خوانده. تالس برای اثبات قضایای ریاضی به وسیله استدلال، روش منظمی بوجود آورد. در این روش، شخص کار را با اصولی که پذیرفته شده‌اند آغاز می‌کند. از این اصول شخص به نتیجه خاصی می‌رسد. هنگامی که این نتیجه پذیرفته شد، می‌توان از آن نتیجه‌ی دومی بدست آورد و به همین ترتیب کار را ادامه داد. فیثاغورس برای اثبات قضیه‌ی خود از روش تالس که معروف به روش «استنتاج» است استفاده کرد. از روش استنتاج از آن زمان به بعد همواره استفاده کرده‌اند.

شاید واقعاً تالس روش استدلال استنتاجی را اختراع نکرده باشد. شاید او این روش را از بابلیان آموخته باشد و ما بنیانگذار حقیقی آن را نمی‌شناسیم. اما حتی اگر تالس بنیانگذار استنتاج ریاضی باشد، این فیثاغورس بود که آن را مشهور کرد.

تولد هندسه

آموزش‌های فیثاغورس، به ویژه موفقیت بزرگ او در یافتن دلیل استنتاجی برای قضیه‌ی فیثاغورس، الهام بخش یونانیان شد. نتیجه‌آن شد که آنها در این راه پیش‌تر رفتند. سیصد سال بعد از آن، آنها دستگاه پیچیده‌ی استدلال‌های ریاضی بوجود آوردند که بیشتر درباره‌ی خط‌ها و شکل‌ها بحث می‌کرد. این رشته هندسه نامیده می‌شود. ما از چند هزار سال پیش تاکنون راه درازی از یونانیان پیش‌تر رفته‌ایم، با وجود این آنچه که ما امروزی‌ها در زمینه‌ی ریاضی انجام داده‌ایم، و هر اندازه که اسرار آن را شکافته باشیم، همه بر روی دو پایه قرار گرفته است، نخستین پایه مطالعه‌ی ویژگی‌های اعداد و دومی استفاده از روش استنتاج است. اولی از فیثاغورس آغاز شد و دومی را هم او رواج داد.

این تنها نت‌های موسیقی نبود که فیثاغورس از سیم‌های خود بوجود آورد، بلکه جهان پهناور ریاضیات بود.



۳

ارشمیدس و ریاضیات عملی

ممکن است فکر کنید که یکی از اشراف دریکی از بزرگترین و ثروتمندترین شهرهای یونان می توانست ، به جای مطالعه ی طرز کار اهرم ، از وقت خود به طرز بهتری استفاده کند . ظاهراً این اشراف زاده هم همینطور فکر می کرد زیرا از داشتن چنین علاقه ی عامیانه ای ناراحت بود.

این اشراف زاده ، ارشمیدس ، اهل سیراکوز بود که شهری است در ساحل شرقی سیسیل . ارشمیدس در حدود سال ۲۸۷ پیش از میلاد مسیح به دنیا آمد. او فرزند يك ستاره شناس برجسته و احتمالاً از خویشاوندان هیرودی دوم پادشاه سیراکوز بود.

مخترع ابزار

در زمان ارشمیدس مردم معتقد بودند که اشراف نباید خود را به کارهای فنی مشغول کنند . این کارها فقط

برای بردگان و کارگران مناسب بود. اما ارشمیدس نمی‌توانست از این کار خودداری کند. او به کارهای فنی علاقه داشت و در مدت زندگی خود ابزارهای زیادی برای استفاده در جنگ و در زمان صلح ساخت. با وجود این او کاملاً تسلیم این ذوق «عامیانه» نشد. مثلاً شرح اختراعات مکانیکی خودش را ننوشت زیرا از این کار شرم داشت. ما فقط از روی داستان‌های نادرست و یا اغراق‌آمیز دیگران چیزهایی در این مورد می‌دانیم. تنها استثنایی که وجود دارد توضیحات ارشمیدس در مورد دستگاهی است که حرکات آسمانی خورشید، ماه و سیارات را تقلید می‌کرد. اما این دستگاه در خدمت علم ستاره‌شناسی بود و نه در خدمت کارپست مکانیکی.

مهندسی یاریاضیات

ارشمیدس تنها به ماشین علاقه نداشت. او در جوانیش به اسکندریه در مصر، سرزمین **کتابخانه‌های بزرگ**، رفته بود. کتابخانه مانند دانشگاه بزرگی بود که خردمندان یونان برای مطالعه و تدریس به آنجا می‌رفتند. در آنجا ارشمیدس زیر نظر کانی ریاضیدان بزرگ که اهل شهر ساموس بود به مطالعه پرداخت و خود ریاضیدان بزرگتری شد. او روش محاسبه‌ای را اختراع کرد که دوهزار سال بعد ریاضیدانان عصر جدید آن را با تمام جزئیات تکمیل کردند.

بدین ترتیب ارشمیدس هم به مکانیک علاقمند بود و هم به ریاضیات. اما در زمان او این دو رشته زیاده هم نزدیک نبودند.

این درست است که یونانیان و مهندسان قدیم، مانند بابلیان و مصریان، برای موفقیت در کار خود ناچار بودند از ریاضیات استفاده کنند. مصریان باستان اهرام عظیمی ساخته بودند که حتی در زمان ارشمیدس نیز قدیمی به حساب می‌آمد. مصریان با ابزارهای بسیار ابتدایی سنگ‌های عظیم خارا را از فاصله‌های خیلی دور حمل می‌کردند و سپس به زحمت آن‌ها را تا ارتفاع زیاد بالامی‌بردند.

مردم بابل نیز بناهای باشکوهی ساخته بودند، و کار یونانی‌ها هم در این زمینه بسیار خوب بوده است. یک مهندس یونانی بنام اپولینوس، سه قرن پیش از زمان ارشمیدس به ساختن دهلیزی در جزیره‌ی ساموس پرداخت. او دو گروه از حفاران را از دوسوی تپه به کار واداشت و وقتی این دو گروه به مرکز تپه رسیدند، دیواره‌های دهلیز درست در روبروی هم قرار گرفتند.

برای انجام این کارها، مهندسان مصر، بابل، و یونان می‌بایست از ریاضیات استفاده کنند. آنها مسلماً می‌دانستند که خطوط چگونه به یکدیگر متصل می‌شوند و چطور اندازه‌ی یک قسمت از یک بنا اندازه‌ی قسمت دیگر را تعیین می‌کند.

با این حال ارشمیدس با این ریاضیات آشنایی نداشت اما بانوعی ریاضیات آشنا بود که یونانیان در زمان او پالینوس به ایجاد آن پرداخته بودند.

فیثاغورس روش استنتاج ریاضی را رواج داده بود (به فصل دوم مراجعه کنید). در این روش، انسان کار را با چند مفهوم ساده که همگان آن‌ها را قبول دارند شروع می‌کند و مطابق اصول استنتاج ریاضی قدم به قدم جلورفته به نتایج پیچیده می‌رسد.

قضیه زیبا

ریاضیدانان دیگر یونان از فیثاغورس پیروی کردند و به تدریج يك دستگاه وسیع و زیبا از قضیه های ریاضی درباره ی زاویه ها، خط های موازی، مثلث ها، مربع ها، دایره ها و شکل های دیگر بوجود آوردند. آن‌ها می‌توانستند نشان دهند که چگونه دو سطح از نظر اندازه یا زاویه و یا هر دو این‌ها باهم برابرند. آن‌ها دریافته اند که چگونه نسبت های اعداد، اندازه ها و سطح را تعیین کنند.

گرچه بنای عالی ریاضیات یونان از روشهای ریاضی تمدن های قبلی بسیار پیشی گرفت ولی این ریاضیات به طور کلی نظری بود. دایره ها و مثلث ها خیالی بودند و از خط هایی تشکیل می شدند که بی نهایت نازک و کاملاً مستقیم بودند و با این که انحنا یی با ظرافت کامل داشتند. از ریاضیات استفاده ی عملی نمی شد.

به این داستان در مورد افلاطون، توجه کنید. او يك قرن قبل از تولد ارشمیدس مدرسه یی را در آتن بنانهاد و در آن به تدریس ریاضیات پرداخت. روزی هنگام تدریس ریاضی یکی از شاگردان از او پرسید: «راستی استاد، این درسها در عمل به چه درد می‌خورند؟». افلاطون عصبانی شد و به برده یی دستور داد تا سکه یی به آن شاگرد بدهد تا در باید که آنچه یاد گرفته به هر صورت ارزشی دارد، و آنگاه او را از مدرسه بیرون کرد.

يك شخصیت بزرگ و مؤثر در تکامل ریاضیات یونان اقلیدس ریاضی دان بزرگ بود. یکی از شاگردان اقلیدس، کونی اهل شهر ساموس و استاد ارشمیدس بود. مدت کوتاهی پیش از تولد ارشمیدس، اقلیدس تمام استنتاج های متفکران پیشین را جمع آوری کرد. او استدلال های مختلف را یکی بعد از دیگری به ترتیب منظم ساخت. اقلیدس کار خود را با تعداد کمی از اصولی آغاز کرد که همگان آن را قبول داشتند. چنین اصولی را «اصول متعارف یا موضوعه» می‌نامند. دو مثال از این اصول عبارتند از «کوتاه ترین راه میان دو نقطه، خط مستقیم است» و «كل يك چیز با مجموع اجزاء آن چیز برابر است».

کتاب اقلیدس آنقدر خوب تنظیم شده بود که از آن پس يك كتاب درسی به شمار آمد، با این حال در تمام این كتاب با ارزش اشاره‌یی به این مطلب نشده که ممکن است نتیجه‌گیری‌های آن در زندگی عادی انسان به کار آید. در واقع یونانیان ریاضیات خود را برای این پیشرفت دادند که از آن در توضیح حرکت سیارات و نظریه‌ی هماهنگی استفاده کنند. هرچه باشد، ستاره‌شناسی و موسیقی برای اشراف کار مناسبی به شمار می‌آمد.

بدین ترتیب ارشمیدس از دو جنبه به موفقیت رسید، یکی در کار عملی مهندسی بدون استفاده از ریاضیات دقیق یونان، و دیگری در ریاضیات یونان که هیچ استفاده‌ی عملی از آن نمی‌شد. توانایی‌های او فرصت خوبی برای پیوستن این دو جنبه به او می‌داد. ولی او چگونه می‌بایست این کار را انجام دهد؟

وسيله‌ی شگفت‌انگيز

دیلیم را در نظر بگیرید. این يك وسیله‌ی ساده اما شگفت‌انگیز است. بدون دیلیم، يك سنگ بزرگ را تنها با زور بازوی آدم‌های بسیار می‌توان از جای خود بلند کرد. اما هنگامی که دیلیم زیر سنگ قرار داده آن را روی تکیه‌گاهی (مثلاً يك سنگ کوچکتر) قرار دهیم، يك انسان به تنهایی می‌تواند سنگ بزرگ را به آسانی از جای خود بلند کند.

دیلیم، و چیزهای مانند آن انواع گوناگون اهرم هستند. هر چیز بلند و محکمی را مثل يك چوب‌دست، يك تخته و ياك ميله، می‌توان به عنوان اهرم به کار برد. اهرم وسیله‌ی آنقدر ساده است که حتی انسان پیش از تاریخ نیز از آن استفاده می‌کرد. اما انسان‌های پیش از تاریخ و حتی فیلسوفان یونان طرز کار اهرم را نمی‌دانستند. ارسطوی بزرگ، که یکی از شاگردان افلاطون بود، متوجه شد که وقتی يك طرف اهرم به پایین فشار داده شود و طرف دیگر بالا رود، هر دو طرف اهرم دایره‌هایی در هوا رسم می‌کنند. او نتیجه‌گیری کرد که اهرم صفات شگفت‌آوری دارد، زیرا شکل دایره بسیار جالب به نظر می‌رسید.

ارشمیدس با اهرم آزمایش‌هایی کرده بود و می‌دانست که توضیحات ارسطو در مورد اهرم درست نیست. ارشمیدس در آزمایش‌هایش يك اهرم بلند را طوری روی يك تکیه‌گاه قرار داد که در حالت تعادل قرار گرفت. حال اگر وزنه‌یی در يك سر اهرم قرار می‌داد سر دیگر اهرم بالا می‌رفت. او می‌توانست با گذاشتن دو وزنه در دو طرف اهرم، آن را به حال تعادل درآورد. اگر وزنه‌ها مساوی بودند، می‌توانست با قراردادن آن‌ها در محل‌های معین در روی اهرم، اهرم را در حالت تعادل نگه‌دارد، اما اگر وزنه‌ها مساوی نبودند تعادل اهرم موقعی حفظ می‌شد که او وزنه‌ها را در محل‌های دیگری قرار دهد.

زبان ریاضیات

ارشمیدس دریافت که اهرم‌ها روی قاعده‌ی خاصی عمل می‌کنند. چرا او برای توضیح این قاعده از ریاضیات استفاده نکند؟ مطابق اصول استنتاج ریاضی، او می‌بایست کار خود را بایک «اصل»، یعنی چیزی که بدون بحث و استدلال بتوان آن را قبول کرد آغاز کند. اصلی که ارشمیدس از آن استفاده کرد برپایه‌ی نتیجه‌ی اصلی آزمایش‌های او در مورد اهرم‌ها قرار داشت. این اصل چنین است: وزنه‌های مساوی، در فاصله‌های مساوی از تکیه‌گاه اهرم، اهرم را به حال تعادل درمی‌آوردند. اگر وزنه‌ها در فاصله‌های نامساوی از تکیه‌گاه قرار گیرند، طرفی که وزنه‌اش با تکیه‌گاه فاصله‌ی بیشتری دارد پایین خواهد رفت.

آنگاه ارشمیدس، برای رسیدن به نتایجی برپایه‌ی این اصل، به استنتاج ریاضی پرداخت. این نتایج نشان داد که مهمترین عامل در کار اهرم وزن وزنه‌ها یا مقدار نیروهای وارد شده بر اهرم و فاصله‌ی آنها تا محور است.

فرض کنید، اهرمی به وسیله‌ی دو وزنه‌ی نابرابر که در دو طرف آن قرار گرفته به حال تعادل درآمده است. مطابق آنچه ارشمیدس دریافت، برای ایجاد تعادل در اهرم، وزنه‌های نابرابر می‌بایست در فاصله‌های مختلف از تکیه‌گاه قرار بگیرند، فاصله‌ی وزنه‌ی کوچکتر از تکیه‌گاه باید بیشتر باشد، تا کمبود نیروی این سوی اهرم را جبران کند. مثلاً یک وزنه‌ی ده کیلوپی به فاصله‌ی بیست وجب از تکیه‌گاه در برابر وزنه‌ی صد کیلوپی که در طرف دیگر اهرم و به فاصله‌ی دو وجب از تکیه‌گاه قرار گرفته باشد ایجاد تعادل می‌کند. وزنه‌ی ده کیلوپی ده برابر سبکتر است، بنابراین فاصله‌ی آن از تکیه‌گاه باید ده برابر زیادتر باشد. این موضوع روشن می‌کند که چگونه یک مرد می‌تواند یک سنگ بزرگ را با اهرم از جا بلند کند. وقتی او تکیه‌گاه را خیلی نزدیک سنگ قرار دهد نیروی کمی که در فاصله‌ی زیادی از تکیه‌گاه وارد می‌کند سنگ را، که در فاصله‌ی کوتاهی از تکیه‌گاه قرار گرفته، از جا بلند می‌کند.

ارشمیدس دریافت که اگر نیروی انسان در فاصله‌ی فوق‌العاده‌ی زیادی از محور اهرم به کار رود یک وزنه‌ی فوق‌العاده بزرگ را می‌توان از جا بلند کرد. از ارشمیدس چنین نقل قول کرده‌اند:

«اگر تکیه‌گاهی به من بدهید، دنیا را تکان خواهم داد.»

اما در حقیقت این پژوهش‌های ارشمیدس درباره‌ی اهرم بود که دنیا را تکان داد. ارشمیدس اولین کسی بود که از ریاضیات یونان در کارهای فنی و عملی استفاده کرد. او بایک جهش سریع پیشاهنگ ریاضیات عملی شد و علم مکانیک را بنیانهاد. بدینسان او مشعل انقلاب علمی را برافروخت، مشعلی که فروغ آن هجده قرن بعد سراسر دنیا را فرا گرفت.



۴

گاليله و آزمایش

در يك روز يكشنبه در سال ۱۵۸۱ میلادی جوان هفده ساله‌ای در کلیسای بزرگ شهر پیزا در ایتالیا در مراسم مذهبی شرکت کرده بود. او يك مؤمن مذهبی بود و مسلمان می‌كوشید كه همه‌ی حواش متوجه دعاهايش باشد. اما چلچراغی كه در نزدیکی او از سقف آویزان بود، حواش را پرت كرد. جریان هوا چلچراغ را به نوسان درآورده بود. درحالی‌كه چلچراغ گاهی به آرامی و گاهی با دوره‌های بزرگ حرکت می‌كرد، مرد جوان متوجه چیزی شد. زمان نوسان‌های چلچراغ چه در دورهای بلند و چه در دورهای کوتاه، مساوی به نظر می‌رسید. آیا این عجیب نبود؟ آیا نباید دورهای بلندتر، زمان بیشتری طول بکشد؟

مرد جوان، كه اسمش گاليله بود، می‌بایست در این هنگام دعا را از یاد برده باشد. او چشمانش را به چلچراغ در حال نوسان دوخت و انگشتان دست راستش را روی نبض دست چپش قرارداد. هنگامی كه صدای ارگ کلیسا را فرا گرفت او شروع كرد ضربان نبضش را بشمارد. شماره‌ی ضربان نبض در يك دور نوسان چلچراغ با شماره‌ی ضربان در دور

دیگر برابر بود و در دیگر دورها نیز به همین . پس شماری ضربان نبض همیشه یکسان بود، چه در دورهای کوتاه و چه در دورهای بلند .

گالیله به زحمت توانست تا آخر دعا در کلیسا بماند . وقتی دعا تمام شد ، دوان دوان به خانه رفت و چند وزنه را از نخ آویزان کرد . وقتی زمان نوسانهای آنها را اندازه گرفت دریافت که وزنه‌یی که از يك نخ بلندتر آویزان شده برای جلو و عقب رفتن وقت بیشتری می‌گیرد، تا وزنه‌یی که از نخ کوتاهتری آویزان شده است . به هر حال وقتی او هر وزنه را جداگانه بررسی کرد دریافت که زمان نوسانهای هر وزنه، چه در دورهای بزرگ و چه در دورهای کوچک، همیشه مساوی است . بدین ترتیب گالیله «اصل پاندول» را کشف کرد .

اما در حقیقت کاری بیش از این انجام داد . او خود را در موضوعی وارد کرد که مدت دوهزار سال اندیشمندان دنیا را سردرگم کرده بود . این موضوع، مسأله‌ی اجسام متحرك بود .

فرضیه‌های قدیم

مردم روزگار باستان می‌دیدند که موجودات زنده می‌توانند خودشان و همچنین اجسام بیجان را حرکت دهند . از سوی دیگر معمولاً اجسام بیجان نمی‌توانستند حرکت کنند، مگر این که موجود زنده‌یی آنها را به حرکت درمی‌آورد . اما آنان می‌دیدند که استثنای زیادی هم وجود دارد - دریا، باد، خورشید و ماه همگی بدون كمك موجودات زنده حرکت می‌کردند . حرکت دیگری که به موجودات زنده بستگی نداشت سقوط اجسام بود .

ارسطو، فیلسوف یونانی، فکرمی‌کرد که سقوط برای همه‌ی اجسام سنگین امری طبیعی است . به نظر او هر قدر که جسم سنگین‌تر بود با سرعت بیشتری سقوط می‌کرد . يك سنگ تندتر از يك برگ و يك سنگ بزرگ تندتر از يك سنگ کوچک سقوط می‌کرد .

يك قرن بعد ، ارشمیدس از ریاضیات در مورد حالت‌های فیزیکی استفاده کرد ، اما فقط در مورد حالت‌های فیزیکی ساکن . مسأله‌ی حرکت سریع حتی از گنجایش اندیشه‌ی بزرگ‌اوانیز بیرون بود . مثلاً او ریاضیات را در مورد اهرم در حال تعادل به کار گرفت . تا هجده قرن بعد از آن هیچکس با عقاید ارسطو در مورد حرکت مخالفتی نکرد، و علم فیزیک به حالت رکود باقی ماند .

کند کردن سقوط اجسام

در سال ۱۵۹۸ گالیله تحصیلات دانشگاهش را تمام کرده و به خاطر کارهایش در زمینه‌ی مکانیک شهرتی یافته

بود. اوهم مانند ارشمیدس ریاضیات را در فیزیک ساکن به کار گرفته بود. اما مشتاق آن بود که دوباره به مطالعه درباره‌ی حرکت بپردازد.

او می‌اندیشید که اگر راه مطمئنی برای کند کردن سقوط اجسام وجود داشته باشد در آن صورت خواهد توانست سقوط اجسام را آزمایش و جزئیات آن را مطالعه کند (در یک آزمایش دانشمندی شرایط خاصی را بوجود می‌آورد که در آن مشاهده و مطالعه‌ی پدیده‌ها برایش آسان‌تر از مشاهده و مطالعه‌ی آن‌ها در طبیعت باشد).

گالیله پاندول را به خاطر آورد. اگر وزنه‌ی به یک نخ آویزان باشد و آن را به یک طرف کشیده سپس رها کنیم، وزنه به سوی زمین به حرکت درمی‌آید. اما نخی که به وزنه بسته است، از سقوط مستقیم آن به طرف زمین جلوگیری می‌کند. در عوض وزنه به طور مایل و به آهستگی سقوط می‌کند و می‌توان مدت سقوط آن را اندازه‌گیری کرد.

یک وزنه که به نخی بسته شده، برخلاف یک وزنه‌ی آزاد، در یک خط مستقیم سقوط نمی‌کند. این نکته برای گالیله دشواری‌هایی ایجاد می‌کرد. چگونه می‌توانست آزمایشی کند که در آن جسمی را به طور مایل و در یک خط مستقیم به حرکت درآورد؟

با یک تخته دراز که شیاری در وسط آن وجود داشته باشد، به سادگی می‌توان این کار را انجام داد. وقتی گلوله‌هایی روی این شیاری بگذارند، و تخته را به طور مایل قرار دهند، گلوله‌ها به طور مستقیم به حرکت درمی‌آیند و وقتی تخته را نزدیک به حالت افقی نگهدارند حرکت آن‌ها بسیار آهسته می‌شود و شخص می‌تواند حرکت آن‌ها را با تمام جزئیات مطالعه کند.

گالیله چندین گلوله به وزن‌های مختلف را از روی این شیاری به پایین غلتاند و مدت حرکت آن‌ها را به وسیله‌ی قطره‌هایی که از سوراخ ظرف آبی می‌چکید، اندازه گرفت. او دریافت که به جز گلوله‌هایی که از جنس بسیار سبکی درست شده‌اند، اختلاف وزن گلوله‌ها هیچ تأثیری در سرعت حرکت آن‌ها ندارد. در این آزمایش همه‌ی گلوله‌ها که از جنس محکمی درست شده بودند، در یک زمان معین طول شیاری را طی کردند.

ارسطو عقب ماند

گالیله دریافت که همه‌ی اجسام هنگام سقوط هوا را می‌شکافند. اجسام سبک این کار را با اشکال انجام

می دهند و حرکت آن ها کند می شود. اجسام سنگین تر این کار را به آسانی انجام می دهند و حرکت آن ها کند نمی شود. در خلأ که مقاومت هوا وجود ندارد، سرعت سقوط يك پر و يك دانه ی برف به اندازه ای سرعت سقوط يك گلوله ی سربی است. ارسطو گفته بود که سرعت سقوط اجسام به وزن آن ها بستگی دارد. گالیله ثابت کرد که این امر تنها در موارد استثنایی، یعنی در مورد اجسام بسیار سبك، صادق است و آن هم تنها به علت مقاومت هواست. نظر گالیله درست، و نظر ارسطو نادرست بود.

گالیله، سپس شیار روی تخته را با علامت هایی به قسمت های كوچك و مساوی تقسیم کرد. او دریافت که گلوله ها هر قسمت شیار را نسبت به قسمت قبلی در زمان كمتری طی می کنند. روشن بود که سرعت جسم در حال سقوط به تدریج بیشتر می شود. به عبارت دیگر با گذشت هر واحد زمان، حرکت آن تندتر می شود.

گالیله توانست روابط ساده ریاضی را که بتواند از آن در محاسبه ی سرعت سقوط اجسام استفاده کند، بوجود آورد. بدین ترتیب او ریاضیات را، که زمانی ارسطو در مورد اجسام ساکن به کار گرفته بود، در مورد اجسام متحرك به کار برد.

گالیله با این کار وبا اطلاعاتی که در آزمایش های با گلوله های غلتان به دست آورده بود، به نتایج شگفت انگیزی رسید. مثلاً به دقت دریافت که گلوله ی توپ پس از خروج از لوله چگونه حرکت می کند.

گالیله اولین کسی نبود که دست به آزمایش زد، اما نتایج جالبی که او از مسأله ی سقوط اجسام به دست آورد، آزمایش را در دنیای علم بیش از پیش رواج داد. از آن پس، دیگر دانشمندان تنها به استدلال از روی اصول بس نمی کردند. به جای آن طرح آزمایش هایی را می ریختند و اندازه گیری می کردند. آن ها توانستند از آزمایش برای بررسی درستی استدلال خود و همچنین برای رسیدن به استدلال های تازه استفاده کنند. از این رو ما سال ۱۵۸۹ را سال آغاز دانش تجربی می شناسیم. اما برای پیشرفت دانش تجربی، می بایست تغییرات را به دقت اندازه گیری کرد و از همه مهمتر خود گذشت زمان را می بایست دقیقاً اندازه گرفت.

حتی در زمان های بسیار قدیم، انسان می توانست واحدهای زمانی بزرگ را به وسیله ی تغییرات نجومی اندازه گیری کند، گذشت پی در پی چهار فصل، نشان دهنده ی گذشت يك سال، و تغییر دائمی شکل ماه نشان دهنده ی

گذشت يك ماه، و گردش مداوم زمین نشان دهنده‌ی روزها بود. برای اندازه‌گیری وا-ندهای زمانی کمتر از يك روز، انسان ناچار بود روشهایی را که دقت کمتری داشت به کاربرد. در قرون میانه ساعت مکانیکی مورد استفاده قرار گرفت. عقربه‌های این ساعت بوسیله‌ی چرخ دنده‌هایی که با وزنه‌هایی آویزان کنترل می‌شد برگرد صفحه‌ی حرکت می‌کرد. وقتی وزنه‌ها به آرامی پایین می‌آمدند، چرخ دنده‌ها را به چرخش وا می‌داشتند.

اما مشکل می‌شد پایین آمدن وزنه‌ها را منظم کرد و چرخ‌ها را به طور یکنواخت به حرکت درآورد. بنابراین چنین ساعت‌هایی آنچنان تند و یا کند کار می‌کردند که هیچکس نمی‌توانست اطمینان کند که این ساعت‌ها وقتی کوتاه‌تر از يك ساعت را به خوبی تعیین کنند.

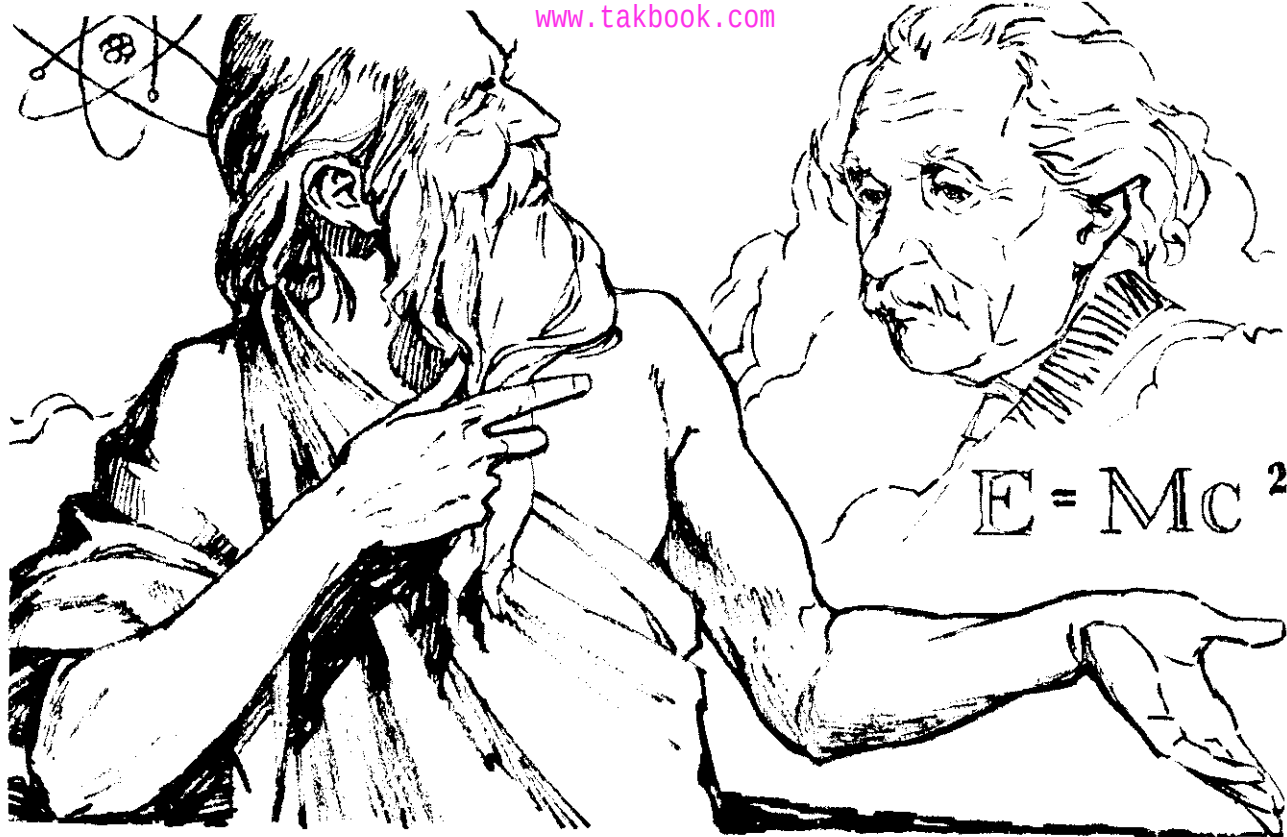
انقلاب در نگهداری وقت

چیزی که لازم بود يك حرکت کاملاً یکنواخت بود که گردش این چرخ‌ها را تنظیم کند. در سال ۱۶۵۶ (چهارده سال بعد از مرگ گالیله) کریستین هوگنس، دانشمند آلمانی به فکر پاندول افتاد.

نوسان‌های پاندول در فاصله‌های زمانی مساوی انجام می‌گرفت، فرض کنید که يك پاندول به‌طوری به ساعت متصل است که حرکت دنده‌های ساعت را کنترل می‌کند. بدین ترتیب حرکت دنده‌ها مثل حرکت پاندول منظم می‌شود.

هوگنس موفق شد ساعت پاندول‌دار را که معمولاً پدر بزرگ ساعت‌ها نامیده می‌شود، اختراع کند.

ساعت هوگنس نخستین ساعت دقیق بشر بود که بر اساس اصلی که گالیله‌ی جوان کشف کرده بود ساخته شد، و به دانش تجربی کمک زیادی کرد.



۵

دموکریتوس و اتم

او را فیلسوف خندان می‌نامیدند زیرا به نظر می‌رسید که همیشه به تلخی به حماقت های مردم می‌خندد.

نام او دموکریتوس بود و در حدود سال ۴۷۰ قبل از میلاد در شهر یونانی آپدرا به دنیا آمد. شاید هم شهری هایش گمان می‌کردند که خنده‌ی او از روی دیوانگی است. روایت کرده‌اند که مردم او را دیوانه می‌دانستند، و حتی برای معالجه‌اش پزشکانی را فرا خواندند.

مسلماً عقاید دموکریتوس بسیار عجیب به نظر می‌رسید. مثلاً او در اندیشه‌ی این بود که يك قطره‌ی آب را تا چه اندازه می‌توان تقسیم کرد. می‌توان قطره‌های كوچك و كوچكتری از آب درست كرد تا آنقدر كوچك شود كه دیگر قابل دیدن نباشد. اما آیا حدی بر این كار وجود دارد؟ آیا سرانجام قطره‌ی بسیار كوچکی كه دیگر قابل تقسیم نباشد به دست

آیا تقسیم کردن پایانی دارد ؟

لیولپتوس ، معلم دموکریتوس ، گمان داشت که حدی برای تقسیم وجود دارد. دموکریتوس به تفکر در این مورد ادامه داد و سرانجام اعلام کرد که همه‌ی اشیاء فقط تا حد معینی تقسیم شدنی هستند و کوچکترین تکه یا ذره از هر چیز غیر قابل تقسیم است. او کوچکترین قسمت اشیاء را اتم نامید که به یونانی تقسیم نشدنی معنی می‌دهد. دموکریتوس گفت که تمام دنیا از چنین ذرات کوچک و تقسیم نشدنی درست شده است. در دنیا هیچ چیز جز این ذره‌ها و فضاهاى خالی میان آن‌ها وجود ندارد.

به نظر دموکریتوس این ذرات انواع مختلفی دارند. آن‌ها به ترتیب‌های متفاوتی باهم ترکیب شده‌اند و هر ترتیبی از آن ماده‌ی خاصی را تشکیل می‌دهد. اگر ماده‌ی آهن زنگ بزند، به عبارت دیگر به ماده‌ی زنگ تبدیل شود، به این دلیل است که ذرات داخل آهن به شکل تازه‌ی در کنارهم قرار می‌گیرند. به همین شکل سنگ مس به مس و چوب پس از سوختن به خاکستر تبدیل می‌شود.

بیشتر فیلسوفان یونان به دموکریتوس می‌خندیدند. چگونه ممکن است چیزی تقسیم نشدنی باشد؟ يك ذره یا بخشی از فضا را اشغال می‌کند و یا نمی‌کند، اگر بخشی از فضا را اشغال کند پس می‌تواند به دو قسمت تقسیم شود و هر يك از این دو قسمت جای کمتری را نسبت به بخش اصلی اشغال می‌کند. اگر شییی فضا را اشغال نکند قابل تقسیم نیست، اما چیزی که فضا را اشغال نکند وجود ندارد. پس چگونه ممکن است که اشیاء از هیچ درست شوند؟

به هر حال فیلسوفان نظریه‌ی اتم را بی‌معنی می‌دانستند. پس تعجیبی ندارد که مردم با تردید به دموکریتوس می‌نگریستند و در عاقل بودن او شک می‌کردند. آن‌ها حتی کتاب‌های دموکریتوس را قابل نسخه برداری نمی‌دانستند. دموکریتوس بیش از هفتاد جلد کتاب نوشت اما حتی یکی از آن‌ها هم باقی نمانده است.

البته برخی از فیلسوفان عقیده‌ی ذرات تقسیم نشدنی را پذیرفتند. در سال ۳۰۶ قبل از میلاد، تقریباً يك قرن پس از مرگ دموکریتوس، فیلسوفی به نام اپیکور مدرسه‌ای در آتن بنا نهاد. او معلمی سرشناس بود و شاگردان زیادی داشت. روش فلسفی او «اپیکوری» نامیده می‌شود. این روش قرن‌ها اهمیت خود را حفظ کرد. فرضیه‌ی ذرات کوچک دموکریتوس

با وجود این حتی اپیکور نتوانست معاصران خود را متقاعد کند و پیروانش خود را در اقلیت یافتند. هیچک از نوشته‌های اپیکور، مانند آثار دموکریتوس، باقی نمانده است.

در حدود سال ۶۰ قبل از میلاد واقعه‌ی سودمندی اتفاق افتاد. یک شاعر رومی به نام لوکریتیوس به فلسفه‌ی اپیکور علاقمند شد و شعر بلندی با عنوان «در باره‌ی طبیعت اشیاء» سرود. لوکریتیوس در این شعر گفت که جهان از ذرات تقسیم‌نشده‌ی دموکریتوس ساخته شده است. این کتاب شهرت یافت و نسخه‌های متعددی از آن دست‌نویس شد و از این رو از دستبرد زمان قدیم و قرون میانه در امان ماند، و از راه این کتاب بود که جهان از جزئیات عقاید دموکریتوس آگاه شد.

در زمان قدیم کتاب‌ها را با دست می‌نوشتند و قیمت آن‌ها گران بود. نتیجه آنکه حتی از بزرگترین آثار فقط تعداد کمی نسخه دست‌نویس می‌شد و تنها ثروتمندان می‌توانستند این نسخه‌ها را بخرند. در حدود سال ۱۴۵۰ بعد از میلاد در اثر اختراع ماشین چاپ، که کتاب را ارزانتر و به تعداد زیاد تهیه می‌کرد، تغییرات بزرگی بوجود آمد. یکی از نخستین کتاب‌هایی که به چاپ رسید کتاب لوکریتیوس «در باره‌ی طبیعت اشیاء» بود.

از گاساندی تا بویل

بدین ترتیب حتی فقیرترین خردمندان اوایل دوران جدید نیز می‌توانستند عقاید دموکریتوس را مطالعه کنند. بعضی از دانشمندانی که به مطالعه‌ی عقاید دموکریتوس پرداختند سخت زیر تأثیر آن قرار گرفتند. فیلسوف فرانسوی قرن هفدهم، پیرگاساندی از معتقدان سرسخت اپیکور شد. او با قدرت هر چه تمامتر از فرضیه‌ی ذرات کوچک و تقسیم‌نشده‌ی دفاع می‌کرد. یکی از شاگردان گاساندی، یک انگلیسی به نام دابرت بویل بود. او در سال ۱۶۶۰ درباره‌ی هوا مطالعه می‌کرد. او می‌خواست بداند که چرا هوا را می‌توان فشرده کرد و چرا هنگامی که هوا فشرده می‌شود جای کمتری را اشغال می‌کند. او فکر می‌کرد که هوا از ذرات بسیار ریزی تشکیل شده که فضای زیادی میان آن‌ها وجود دارد. فشرده شدن هوا به این معنی است که این ذرات به هم نزدیک شده و فضای خالی میان آن‌ها کمتر می‌شود. این اندیشه منطقی به نظر می‌رسید.

از سوی دیگر آب می‌بایست از ذرات نزدیک به هم تشکیل شده باشد، آنقدر نزدیک که این ذرات با هم در تماس باشند. به نظر بویل چنین می‌رسید که، درست به همین علت، نمی‌توان آب را در حالت مایع خود بیش از این فشرده

کرد. اما اگر ذرات آب از هم دور شوند آب به صورت بخار درمی آید یعنی به صورت يك ماده‌ی نافشرده مانند هوا.

بدین ترتیب بویل هم یکی از پیروان دموکریتوس شد.

بنابراین در مدت دوهزار سال خط زنجیر پیوسته‌یی از معتقدان نظریه‌ی ذرات تقسیم نشدنی وجود داشت :

دموکریتوس، اپیکور، لوکریتوس، گاساندی و بویل . با اینهمه اکثریت هرگز عقاید آن‌ها را نپذیرفت. آنان می‌گفتند: «عجب! ذره‌ای که نمی‌توان آن را به ذرات کوچکتر تقسیم کرد؟ این حرفی بی معنی است!».

اندازه گیرها

در قرن هیجدهم شیمیدانان باردیگر به بررسی چگونگی درست شدن ترکیبات شیمیایی پرداختند . آن‌ها می‌دانستند که برای بوجود آوردن این ترکیبات باید مواد شیمیایی دیگری با هم ترکیب شوند . مثلاً از ترکیب مس، اکسیژن و کربن، کربنات مس به دست می‌آید. اما آنان برای نخستین بار آغاز آن کردند که وزن نسبی موادی را که با هم ترکیب می‌شوند اندازه بگیرند.

در اواخر قرن يك شیمیدان فرانسوی به نام ژوزف لویی پروست با دقت به چنین اندازه گیری‌هایی پرداخت. مثلاً او دریافت که هربار مس، اکسیژن و کربن، کربنات مس درست کنند نسبت وزن آن‌ها به یکدیگر همیشه یکسان است . این نسبت عبارت بود از پنج واحد مس، چهار واحد اکسیژن و يك واحد کربن. به عبارت دیگر اگر پروست برای درست کردن کربنات مس، پنج گرم مس به کار می‌برد، می‌بایست چهار گرم اکسیژن و يك گرم کربن نیز به کار برد.

این کار با پختن كيك فرق می‌کرد . در پختن كيك او می‌توانست به دلخواه مقدار آرد را کمی زیاده‌تر و یا اینکه مقدار شیر را کمتر کند . اما نمی‌توانست شیوه‌ی ساختن کربنات مس را عوض کند . هرگاه پروست کربنات مس می‌ساخت، نسبت همیشه ۱۰۴ و ۵ بود و هرگز نمی‌توانست چیز دیگری باشد .

او مواد دیگری را نیز آزمایش کرد و همان نتیجه را به دست آورد: همیشه يك شیوه به کار می‌رفت . در سال

۱۷۹۹ نتایجی را که بدست آورده بود اعلام کرد . آنچه که اینك ما « قانون پروست » و یا « قانون نسبت‌های معین »

می‌نامیم از همین نتایج به دست آمده است .

هنگامی که پدوست نتیجه گیری های خود را اعلام کرد، جان دالتون، شیمیدان انگلیسی، با خود اندیشید:

«عجیب است! چرا باید اینطور باشد؟» دالتون به فکر ذرات تقسیم نشدنی افتاد. آیا ممکن است يك ذره ی اکسیژن همیشه ۴ برابر يك ذره ی کربن و يك ذره ی مس ۵ برابر يك ذره ی کربن وزن داشته باشد؟ در صورتی که چنین باشد اگر با ترکیب يك ذره مس يك ذره ی اکسیژن و يك ذره ی کربن، کربنات مس بسازیم، نسبت های آنها ۱۰۴ و ۵ خواهد بود. حال اگر بخواهیم این نسبت ها را کمی تغییر دهیم، باید قسمتی از یکی از این سه ذره را برداریم و از آنجا که پروست و شیمیدانان دیگر نشان داده بودند که نسبت های يك ترکیب شیمیایی قابل تغییر نیست، این بدین معنی بود که نمی توان قسمتی از ذره ها را برداشت او نیز مانند دموکریتوس به این نتیجه رسید که این ذرات بقدری کوچکند که آنها را نمی توان دید.

دالتون به جستجوی دلایل بیشتری پرداخت. او ترکیبات مختلفی را یافت که از همان موادی که نامشان آمد تشکیل شده بودند. اما نسبت های این مواد در هر يك از این ترکیب ها متفاوت بود. مثلاً کربن دی اکسید از ترکیب کربن و اکسیژن بوجود می آمد، اما نسبت آن ها در این ترکیب ۳ واحد کربن و ۸ واحد اکسیژن بود. کربن مونوکسید نیز از کربن و اکسیژن تشکیل می شد، ولی در این ترکیب نسبت آنها ۳ به ۴ بود. این موضوع بسیار جالب بود. تعداد واحدهای وزن کربن در این دو ترکیب یکسان بود: سه واحد در کربن مونوکسید و سه واحد در کربن دی اکسید. بنابراین، این امکان وجود داشت که در هر يك از این ترکیب ها يك ذره ی کربن به وزن سه واحد وجود داشته باشد. در ضمن نسبت هشت واحد اکسیژن در کربن دی اکسید، درست دو برابر نسبت آن در کربن مونوکسید بود. دالتون اندیشید که اگر يك ذره ی اکسیژن چهار واحد وزن داشته باشد، پس شاید کربن مونوکسید از يك واحد اکسیژن و کربن دی اکسید از دو واحد اکسیژن تشکیل شده باشد.

آنگاه او کربنات مس را به خاطر آورد. نسبت وزن کربن به اکسیژن در این ترکیب ۱ به ۴ بود (که با نسبت ۳ به ۱۲ برابر است).

می شد این نسبت را چنین توضیح داد: کربنات مس از يك ذره ی کربن و سه ذره ی اکسیژن تشکیل شده است. بدین ترتیب همیشه نسبت های ترکیب مواد شیمیایی از اعداد صحیح تشکیل می شد و هیچگاه عدد کسری نبود.

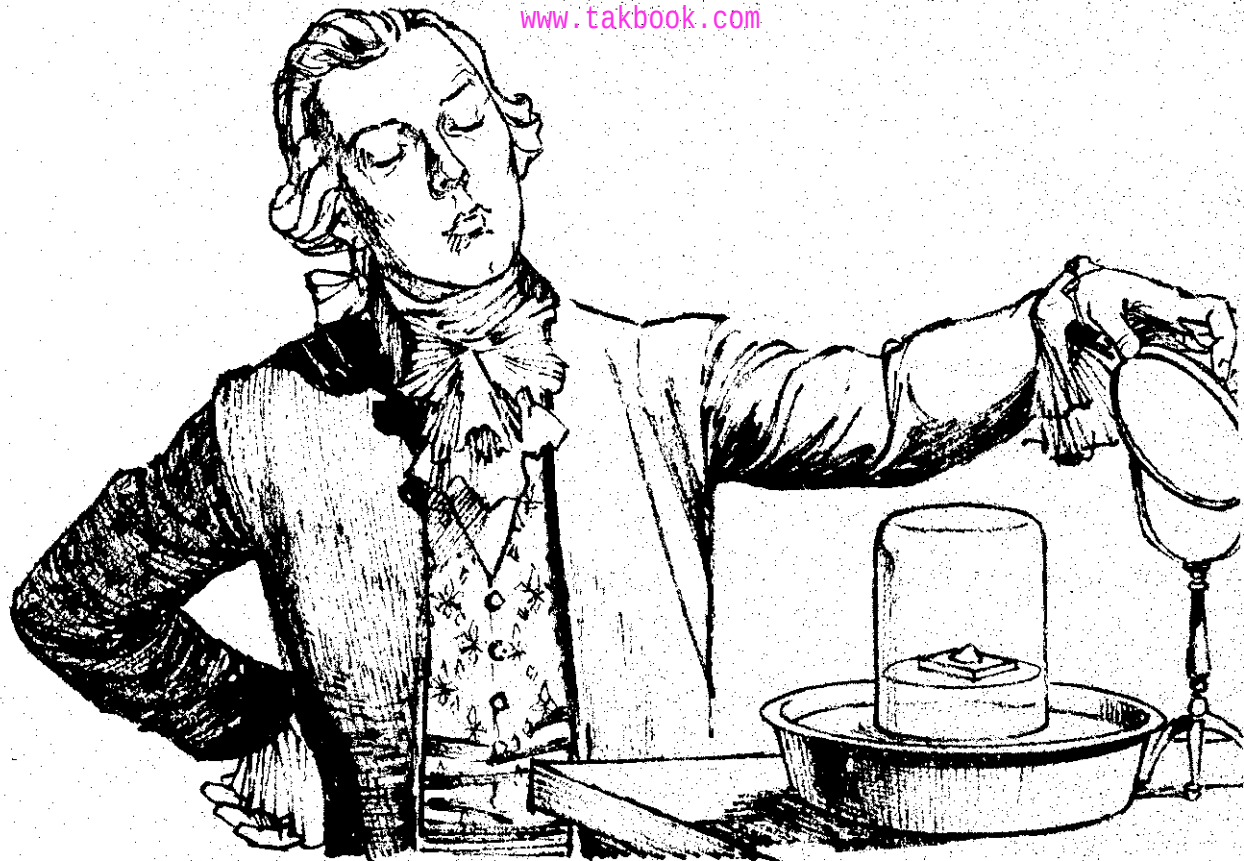
در سال ۱۸۰۳ دالتون نظریه ی خود را درباره ی ذرات تقسیم نشدنی اعلام کرد. اما این بار گفته های او با آنچه

که در گذشته در این مورد گفته شده بود فرق می کرد. از آن پس دیگر این نظریه تنها يك عقیده نبود. تجربیات تمامی يك قرن در شیمی این نظریه را تأیید می کرد.

اثبات اتم از راه تجربه

پیشرفت هایی که گالیله در علم بوجود آورد، ارزش خود را ثابت کرد. استدلال به تنهایی هرگز نمی توانست انسان را متقاعد کند که ذرات تجزیه ناپذیر وجود دارند، اما استدلال همراه با نتایج تجربی این کار را به سرعت انجام داد. دالتون می دانست نظری را که ارائه داده نخستین بار از زبان «فیلسوف خندان» شنیده شده است، و برای این که این نکته را نشان دهد با فروتنی نامی را به کاربرد که دموکریتوس به این ذرات داده بود: «اتم». بدین ترتیب دالتون نظریه ی اتمی را تثبیت کرد.

در نتیجه ی این نظریه در علم شیمی انقلابی بوجود آمد. در سال ۱۹۰۰ فیزیکدانان برای کشف این موضوع که اتم نیز از ذرات کوچکتری تشکیل شده است، از روش هایی استفاده کردند که تا آن زمان کسی حتی خواب آن را هم ندیده بود. بدین ترتیب علم فیزیک نیز دستخوش انقلاب شد. بدین سان هنگامی که انرژی درون اتم برای تولید نیروی اتمی آزاد شد در تاریخ انسان نیز انقلابی به وقوع پیوست.



٦

لاوازیه و گازها

باور کردن این موضوع که هوا واقعاً چیزی است، مشکل است. شما نمی‌توانید آن را ببینید و معمولاً وجود آن را حس نمی‌کنید. با اینحال هوا وجود دارد. اگر هوا به سرعت زیاد حرکت کند توفان می‌شود و می‌تواند کشتیها را غرق کند و درختها را بیندازد. وجود هوا را نمی‌توان انکار کرد.

آیا هوا تنها ماده‌ای است که دیده نمی‌شود؟ ظاهراً کیمیاگران قرون میانه چنین می‌اندیشیدند. وقتی از جوشانده‌های آنها حباب‌های بیرنگ و یا بخار آب بیرون می‌آمد گمان می‌کردند هوا بوجود آورده‌اند.

اگر کیمیاگران در زمان مازندگی می‌کردند، ما بسیاری از نظریه‌های آنان را جدی نمی‌گرفتیم.

از این گذشته کیمیاگری يك علم دروغین بود که بیش از اینکه به افزودن بردانش مایل باشد به تبدیل فلزات دیگر

به طلا توجه داشت. باوجود این برخی از کیمیاگران قابل درمورد ویژگی های فلزات و موادی که با آنها سروکار داشتند تجربیات و مطالعاتی کردند. در این زمینه آنها کشف های مهمی کردند که به تکامل شیمی جدید کمک بسیار کرده است.

يك کیمیاگر قابل

یکی از کیمیاگران با استعداد یان باپتیستادان هلمونت بود. او در واقع پزشک بود و تنها از روی سرگرمی کیمیاگری می کرد. در حدود سال ۱۶۳۰ دان هلمونت از پذیرفتن این نظریه که همه ی بخارهای بی رنگ به راستی هوا هستند، سر باز زد. بخاری که از جوشانده های دان هلمونت بر می خاست به هیچ روی با هوا همانندی نداشت.

مثلا هنگامی که او تکه هایی از نقره را در يك مایع غلیظ به نام اسید نیتریک انداخت، نقره در این مایع حل شد و بخار سرخ رنگی از حبابهای سطح مایع برخاست و در فضای بالای مایع قرار گرفت. آیا این هوا بود؟ آیا تا آن زمان کسی چیزی از هوای سرخ رنگ شنیده بود؟

پس از آن وقتی دان هلمونت سنک آهک را در سرکه انداخت، دوباره بخار از حبابهای سطح مایع بالا آمد. این حبابها بی رنگ بودند و درست مانند حبابهای هوا به نظر می رسیدند. اما وقتی او يك شمع روشن در بالای سطح مایع نگه می داشت شمع خاموش می شد. این چه نوع هوایی بود که شمع نمی توانست در آن بسوزد؟ چنین بخاری که آتش را خاموش می کرد از آب میوه ی در حال تخمیر و از چوب در حال سوختن نیز بر می خاست.

بنابراین چیزهایی که دان هلمونت و کیمیاگران دیگر بوجود می آوردند و آنها را «هوا» می نامیدند در حقیقت هوانبود. اما آنقدر به هوا شبیه بود که هر کسی را به اشتباه می انداخت. البته هر کسی جز دان هلمونت را. او به این نتیجه رسید که هوا یکی از انواع مواد هوا مانند است.

مطالعه درباره ی این مواد دشوار تر از مطالعه در مورد موادی بود که به سادگی می شد آنها را دید و حس کرد. مواد معمولی اشکال مشخصی داشتند و مقدار معینی از فضا را اشغال می کردند. آنها را می شد به قسمت های کوچکتر و مقدارهای کمتر تقسیم کرد. مانند يك حبه قند و نصف لیوان آب. اما مواد هوا مانند چنین نبودند. به نظر می رسید که این مواد در همه جا بطور رقیق پراکنده می شوند و شکل خاصی ندارند.

لازم بود به این گروه از مواد نامی تازه داده شود. وان هلمونت این افسانه‌ی یونانی را می‌دانست که جهان در آغاز از يك ماده‌ی بی‌شکل و رقیق که در همه جا پخش شده تشکیل شده است. یونانیان این ماده‌ی اصلی را کائوس می‌نامیدند. این واژه‌ی خوبی بود. اما وان هلمونت اهل فلاندر بود یعنی در جایی که امروزه بلژیک است، زندگی می‌کرد. او این واژه یونانی را به شیوه‌ی فلاندری تلفظ کرد، چون تلفظ آن در آن زبان گاز بود از آن پس این واژه به صورت امروزی در آمد. وان هلمونت نخستین کسی بود که پی برد هوا يك نوع گاز است و انواع گازهای دیگر نیز وجود دارند.

امروزه ما گاز قرمز رنگ وان هلمونت را «نیتروژن دی اکسید» و گاز خاموش کننده‌ی آتش را «کربن دی اکسید» می‌نامیم. وان هلمونت مطالعه در باره‌ی گازها را دشوار یافت، زیرا به محض اینکه گازها تشکیل می‌شدند با هوا مخلوط شده از میان می‌رفتند. با وجود این حدود صد سال بعد يك کشیش انگلیسی بنام استفن هیلز راهی اندیشید که از مخلوط شدن گاز با هوا جلوگیری کند.

هیلز در ظرفی که تنها به وسیله‌ی يك لوله‌ی سرکج به خارج راه داشت مقداری گاز ایجاد کرد. آنگاه نوك این لوله را در دهانه‌ی يك بطری پراز آب، که به طور وارونه در ظرف آبی قرار داده شده بود، داخل کرد. حباب‌های گاز از لوله عبور کرد، وارد بطری شد و با فشار آب آنرا خارج کرد. بدین ترتیب يك بطری پراز يك نوع گاز معین در اختیار هیلز قرار گرفت که می‌توانست با آن آزمایشهایی انجام دهد.

نوشابه‌ی تازه‌ی پریتلی

متأسفانه جمع‌آوری بعضی از گازها در يك بطری آب ممکن نبود، زیرا این گازها در آب حل می‌شدند. با وجود این در حدود سال ۱۷۷۰ يك کشیش انگلیسی دیگر به نام جوزف پریتلی، جیوه را جانشین آب کرد. گازها در جیوه حل نمی‌شدند و بنابراین از این راه جمع‌آوری هر نوع گازی ممکن بود.

پریتلی، دونوع گازی را که قبلا وان هلمونت به وسیله‌ی آب جمع‌آوری کرده بود با استفاده از جیوه جمع‌آوری کرد. او به ویژه به کربن دی اکسید علاقه‌ی زیاد داشت. روزی مقداری از این گاز را که به وسیله‌ی جیوه جمع‌آوری کرده بود در آب حل کرد و نوشابه‌ی گوارایی به دست آورد. او سودا را اختراع کرده بود.

پرستلی همچنین گازهای آمونیاک، هیدروژن کلرید، سولفور دی اکسید را جمع آوری و گاز اکسیژن را کشف کرد.

بدین ترتیب معلوم شد که ده ها نوع گاز مختلف وجود دارد.

مسأله یی مربوط به سوختن

در طول سالهایی که پرستلی مشغول کشف گازها بود، یعنی در دهه ی هفتم قرن هجده، شیمیدان فرانسوی آنتوان لودان

لاوازیه به مسأله ی احتراق می اندیشید. احتراق یعنی سوختن یا زنگ زدن اجسام در هوا، موضوعی بود که در حقیقت هیچکس

جریان آن را نمی فهمید.

البته لاوازیه نخستین کسی نبود که مسأله ی احتراق را مطالعه کرد. اما او نسبت به پیشینیان خود امتیازی

داشت، زیرا سرسخانه معتقد بود که اندازه گیری درست در یک آزمایش اهمیت بسیار دارد. اعتقاد به اندازه گیری های

دقیق اندیشه یی تازه نبود. دویست سال قبل گالیله هم چنین نظری داده بود (به فصل چهارم مراجعه شود). اما این لاوازیه

بود که دامنه ی این اندیشه را به علم شیمی هم کشاند. بنابراین لاوازیه تنها به مشاهده ی اجسام در حال سوختن و آزمایش

خاکستر باقیمانده ی آنها، و نیز تنها به مشاهده ی جریان زنگ زدن فلزات و آزمایش زنگ آنها، اکتفا نکرد، پیش از آنکه

جسمی بسوزد و یا زنگ بزند او به دقت وزن آن را اندازه می گرفت و پس از احتراق نیز دوباره همین کار را می کرد.

در آغاز، این اندازه گیری ها او را گیج کرد. چوب می سوخت و خاکستری که از آن به جا می ماند از اصل چوب

بسیار سبکتر بود. یک شمع می سوخت و از میان می رفت و چیزی از آن به جا نمی ماند. لاوازیه و دوستانش الماس کوچکی

خریدند و آن را آنقدر حرارت دادند تا شعله ور شد. الماس نیز ناپدید شد. آیا وقتی جسمی می سوزد تمام و یا قسمتی از آن

از میان می رود؟

مسأله یی مربوط به وزن

شیمی دانان پیشین در مورد چنین مسائلی علاقه ی زیادی نشان نمی دادند زیرا آنها به وزن کردن مواد شیمیایی

عادت نداشتند. سبکتر یا سنگین تر برایشان فرقی نداشت.

اما لاوازیه به این موضوع علاقه داشت. آیا جسم سوخته به صورت هوای رقیقی در می آید، شاید اینطور باشد.

اگر اجسام موقع سوختن گاز تولید می کردند آیا این گازها با هوا مخلوط و در آن ناپدید نمی شدند؟

وان هلموت نشان داده بود که چوب سوخته کربن دی اکسید تولید می کند لاوازیه همین گاز را از الماس سوخته به دست آورده بود. بنابراین مسلم بود که احتراق می تواند گاز بوجود آورد. اما چقدر گاز تولید می شود؟ آیا مقدار این گاز به اندازه ی مقدار کسر شده از وزن جسم سوخته است؟

لاوازیه اندیشیده که علت امر باید همین باشد. در حدود بیست سال پیش از آن يك شیمیدان اسکاتلندی به نام جوزف بلاک سنگ آهك (کربنات کلسیم) را حرارت داد و دریافت که کربن دی اکسید از آن بلند می شود. سنگ آهك مقداری از وزن خود را ازدست داد، اما وزن گاز تولید شده با این وزن ازدست رفته مساوی بود.

لاوازیه اندیشید: «فرض می کنیم يك جسم سوزان مقداری از وزن خود را به علت برخاستن گاز از آن ازدست می دهد، اما فلزات چطور؟ آیا وزن آنها به علت ترکیب شدن بایك نوع گاز زیاده تر می شود؟»

آزمایشهای بلاک در این مورد هم سر نخ به دست می داد. او گاز کربن دی اکسید را در آب آهك (محلول کلسیم هیدروکلرید) داخل کرد و گرد سنگ آهك به دست آورد. لاوازیه اندیشیده که وقتی کلسیم هیدروکلرید می تواند بایك نوع گاز ترکیب شده ماده ی دیگری تشکیل دهد، پس شاید فلزات نیز می توانند چنین کنند.

جلوگیری از نفوذ هوا

بنابراین، لاوازیه حق داشت گمان کند که علت تغییر وزن اجسام پس از احتراق، گازها هستند. اما او چگونه می توانست این حدس خود را ثابت کند؟ وزن کردن خاکسترها و زنگ فلزات کافی نبود. او می بایست گازها را نیز وزن کند. اما هوایی که زمین را فرا گرفته مشکلی ایجاد می کرد. او چگونه می توانست گازهایی را که از اجسام سوزان برمی خاستند و در هوا پراکنده می شدند وزن کند؟ از سوی دیگر او چگونه می توانست مقدار گازی را که از هوا جدا شده با فلز ترکیب می شود تعیین کند، در حالی که باز هم مقداری هوا جای هوای ترکیب شده با فلز را می گیرد؟

راه حلی که لاوازیه برای این مسأله یافت این بود که گازها را در محفظه ی حبس کند و تمام هوای درون محفظه را، جز مقداری معین، خارج سازد. او می توانست این کار را به وسیله ی ایجاد واکنشهای شیمیایی در درون يك محفظه ی در بسته انجام دهد. بدین ترتیب اگر جسمی در داخل این محفظه می سوخت و گازهایی از آن برمی خاست این گازها

در درون محفظه محبوس می‌شدند. اگر جسمی زنگ می‌زد و با گازها ترکیب می‌شد این گازها تنها از هوای درون محفظه گرفته می‌شدند.

وزن کردن : بهترین دلیل

لاوازیه کار خود را با وزن کردن دقیق محفظه‌ی در بسته‌یی که جسم مورد نظر و هوا در آن قرار داشت ، آغاز کرد . او جسم درون محفظه را به وسیله‌ی متمرکز کردن نور آفتاب باعدسی، و یا به وسیله‌ی روشن کردن آتش در زیر محفظه، حرارت داد . هنگامی که جسم سوخت و یا زنگ زد، دوباره محفظه را همراه با چیزهایی که درون آن بود وزن کرد . لاوازیه این کار را با مواد مختلف انجام داد. در تمام موارد، گذشته از نوع جسم سوخته و یا زنگ زده ، وزن محفظه‌ی در بسته هیچ تغییری نکرده بود . مثلاً خاکستر يك تکه چوب مسلماً سبکتر از خود چوب است . گازی که از چوب سوخته خارج می‌شود کمبود وزن خاکستر آن را جبران می‌کند . بنابراین وزن محفظه تغییری نخواهد کرد . فرض کنید يك تکه آهن مقداری گاز از هوای داخل محفظه جذب می‌کند و به زنگ تبدیل می‌شود . زنگ از آهن سنگین تر است، اما وزن اضافه شده به آهن موجب کم شدن وزن هوای درون محفظه می‌شود . بدین ترتیب وزن کل محفظه تغییر نمی‌کند.

آزمایشها و اندازه گیری‌های لاوازیه تأثیر مهمی در پیشرفت علم شیمی داشت. این آزمایشها و اندازه گیری‌ها مبنای نظر لاوازیه را درباره‌ی احتراق تشکیل می‌دهند، نظری که امروزه ما هنوز از آن استفاده می‌کنیم . لاوازیه با آزمایشهای خود به این نتیجه رسید که ماده را نه می‌توان بوجود آورد و نه از میان برد . ماده را تنها می‌توان از شکلی به شکل دیگر تغییر داد ، مثلاً از جسم جامد به گاز.

این قانون ، به «قانون بقای ماده» معروف است. این اندیشه که ماده نابود نشدن است، سی سال بعد، پذیرفتن نظریه‌ای را که می‌گفت ماده از اتمهای تقسیم نشدنی بوجود آمده است ، آسانتر کرد. (به فصل پنجم مراجعه شود). هم قانون بقای ماده و هم فرضیه‌ی اتمی در قرن بیستم تکامل یافتند و نیز اندکی تغییر کردند . با وجود این، این دو نظریه شالوده‌های استواری هستند که شیمی امروزی بر روی آنها قرار دارد. لاوازیه را به خاطر نقشی که در بنای این شالوده‌ها داشته «پدر علم شیمی» می‌نامند.



نیوتن و اصل «ماند»

تصور اینکه جهان از دو بخش، آسمان و زمین، تشکیل شده بسیار طبیعی می‌نماید. به نظر ارسطو، فیلسوف یونان باستان، این دو بخش به دو شکل کاملاً متفاوت عمل می‌کنند.

ارسطو مشاهده می‌کرد که همه چیز در روی زمین تغییر می‌کند و فرسوده می‌شود. مردم پیر شده، می‌میرند، ساختمان‌ها کهنه شده، فرو می‌ریزند، دریا توفانی و سپس آرام می‌شود، باد ابرها را اینسو و آنسو می‌برد، آتش‌ها شعله می‌کشند و خاموش می‌شوند و خود زمین در اثر زلزله به لرزه در می‌آید.

اما چنین به نظر می‌رسید که در آسمان تنها آرامش و ثبات وجود دارد. خورشید به گونه‌ی منظم طلوع و غروب می‌کند و روشنایی آن هرگز کم و زیاد نمی‌شود. ماه از روی قاعده‌ی منظم صورتهای گوناگونی به خود می‌گیرد و ستارگان بی وقفه می‌درخشند.

ارسطو به این نتیجه رسید که دو بخش جهان تابع دو قاعده یا دو «قانون طبیعی» مختلف هستند. اجسام روی زمین تابع يك قانون و اجسام آسمانی تابع قانونی دیگرند.

هنگامی که ارسطو چگونگی حرکت اجسام را بررسی می کرد، به نظرش چنین رسید که این دو قانون طبیعی در این مورد هم دست اندرکار هستند. مثلاً اگر يك سنگ را در هوا نگهداشته سپس رها کنیم، راست به زمین می افتد. روزی که باد نمی وزد، دود به طور مستقیم بالا می رود. پس اگر اجسام زمین را به حال خود رها کنیم، حرکت آنها یا به طرف بالا و یا به طرف پایین است.

اما در آسمان چنین نیست. خورشید، ماه و ستارگان به سوی زمین پایین نمی افتند و در جهت خلاف آن (به سوی آسمان) نیز بالا نمی روند. ارسطو اندیشید که اینها در دایره هایی یکنواخت و ثابت به گرد زمین حرکت می کنند. فرق دیگری هم وجود داشت. در روی زمین، اجسام متحرک سرانجام متوقف می شوند. يك سنگ در اثر برخورد با زمین از حرکت باز می ایستد. يك توپ بازی ممکن است چند بار به زمین برخورد و باز به هوا رود اما سرانجام به حالت سکون درمی آید. يك کنده ی درخت در حال غلتیدن، يك چهارچرخه ی در حال حرکت، تکه سنگی که لگدی به آن زده شود، همه متوقف می شوند. حتی يك اسب دوانده نیز سرانجام خسته شده می ایستد.

بنابراین به نظر ارسطو چنین آمد که حالت طبیعی اجسام در روی زمین، حالت سکون است. هر چیز در حال حرکت هر چه زودتر به حالت طبیعی سکون باز می گردد. اما در آسمان، خورشید، ماه و ستارگان هرگز نمی ایستند؛ بلکه برای همیشه با همان سرعت شگوه مند خود حرکت می کنند.

از گالیله تا نیوتن

عقاید ارسطو در باره ی چگونگی حرکت اجسام، بهترین عقایدی بود که اندیشه ی انسانی توانسته بود در طول دوهزار سال ارائه کند. سپس گالیله عقاید بهتری عرضه کرد. (به فصل چهارم مراجعه شود).

در حالی که ارسطو فکر می کرد اجسام سنگین سریعتر از اجسام سبک سقوط می کنند، گالیله نشان داد که تمام اجسام با سرعتی یکسان به زمین می افتند. با وجود این نظر ارسطو در مورد اجسام بسیار سبک درست بود. آری، این اجسام آهسته تر سقوط می کردند. اما گالیله علت سقوط آهسته ی آنها را توضیح داد. این اجسام آنقدر سبک بودند که موقع

سقوط هوا را به دشواری می‌شکافتند. او گفت که در خلای سبک‌ترین اجسام با همان سرعت يك تکه سرب سقوط می‌کنند ، زیرا در آنجا مقاومت هوا وجود ندارد تا از سرعت سقوط جسم بکاهد .

در حدود چهل سال بعد از مرگ گالیله ، اسحاق نیوتون دانشمند انگلیسی ، این عقیده را که جسم در حال سقوط با مقاومت هوا روبرو می‌شود، بررسی کرد . او به علل دیگری نیز که حرکت اجسام را زیر تأثیر قرار می‌دهند اندیشید. مثلاً هنگامی که يك جسم در حال سقوط به زمین برخورد می‌کند ، از حرکت باز می‌ایستد ، زیرا زمین در سر راه آن قرار می‌گیرد . هنگامی که سنگی در زمین ناهمواری می‌غلتد ، باز هم زمین در سر راه آن قرار می‌گیرد . سنگ در اثر مالش ناهمواریهای سطح زمین با برآمدگیهای روی خود از حرکت باز می‌ایستد .

هنگامی که سنگ روی يك سطح صاف حرکت کند مالش کمتری وجود دارد و سنگ قبل از ایستادن مسافت بیشتری را طی می‌کند . سنگ در روی یخ صاف از این هم بیشتر راه می‌رود .

نیوتن در این فکر بود که اگر يك جسم در حال حرکت با هیچ چیزی برخورد نکند چه پیش خواهد آمد . اگر هیچگونه مانع ، مالش یا مقاومت هوا در کار نباشد چه می‌شود ؟ به عبارت دیگر اگر جسم در يك خلای بی‌پایان حرکت کند چه اتفاق خواهد افتاد ؟

در این صورت هیچ چیز سبب ایستادن ، کندشدن حرکت جسم و یا منحرف شدن آن از راه خود نخواهد شد. جسم با همان سرعت و در همان راستا برای همیشه به حرکت خود ادامه خواهد داد. بنابراین نیوتن نتیجه گرفت که حالت طبیعی يك جسم در روی زمین ، ناگزیر حالت سکون نیست . حالت سکون تنها یکی از حالت‌های طبیعی جسم است .

نیوتن نتایجی را که به دست آورده بود اعلام کرد . این نتایج را می‌توان چنین خلاصه کرد :

هر جسمی که در حال سکون باشد و کاملاً به حال خود گذاشته شود برای همیشه در همان حال باقی می‌ماند ، هر جسم در حال حرکت که کاملاً به حال خود گذاشته شود برای همیشه با همان سرعت و در همان راستا به حرکت خود ادامه می‌دهد .

این قانون نخستین قانون حرکت نیوتن نامیده می‌شود .

به نظر نیوتن، اجسام چه در حال سکون و چه در حال حرکت گرایش به حفظ وضع خود دارند . چنین به نظر می‌رسد که آنها آنقدر «سست» و «تنبل» اند که میل ندارند حالت خود را تغییر دهند . به این دلیل، نخستین قانون حرکت

نیوتن گاهی اصل «ایزیتا» نامیده می‌شود (واژه «ایزیتا» از يك واژه یونانی که به معنی «تنبلی» است گرفته شده است این اصل را در فارسی اصل «ماند» می‌نامند .)

اگر در این باره بیندیشید درخواهید یافت که اجسام مختلف هر کدام مقدار متفاوتی «ماند» یا مقاومت در برابر تغییر وضع موجود دارند . فرض کنید می‌خواهید يك توپ فوتبال را به حرکت درآورید . برای این کار ضربی بسیار کوچکی به آن می‌زنید و توپ به سرعت به حرکت درمی‌آید . اما اگر بخواهید گلوله‌ی فلزی توپ را به حرکت درآورید باید فشار زیادی به آن وارد کنید، در این صورت گلوله باز هم به حرکت درمی‌آید، اما به آهستگی .

وقتی که توپ فوتبال و گلوله‌ی توپ به حرکت درآیند، نیرویی که برای متوقف کردن هر يك از آنها لازم است با هم فرق می‌کند . شما می‌توانید توپی را که به سرعت در حال حرکت است با دست گذاشتن بر روی آن متوقف کنید . اما بهتر است به گلوله‌ی توپی که با همان سرعت روی زمین می‌غلتد دست نزنید، زیرا ممکن است دست شما را به سختی کنار بزنند و درد بیاورد، اما در سرعت حرکت گلوله چندان تغییری به وجود نخواهد آمد .

گلوله‌ی توپ خیلی بیشتر از توپ فوتبال در برابر تغییر حالت خود مقاومت می‌کند زیرا گلوله‌ی توپ «ماند» بیشتری دارد . نیوتن گفت که جرم يك جسم مقدار «ماند» آن جسم است . بنابراین «ماند» يك گلوله‌ی توپ بیشتر از «ماند» يك توپ فوتبال است .

همچنین وزن گلوله‌ی توپ بیش از وزن توپ فوتبال است . به طور کلی اجسام سنگین جرم زیادی دارند ، در حالی که جرم اجسام سبک کم است . بنابراین وزن با جرم متفاوت است . مثلاً در کره ماه، وزن هر جسمی فقط يك ششم وزن آن جسم در روی زمین است . اما جرم جسم در زمین و در ماه تغییری نمی‌کند . به حرکت درآوردن يك گلوله‌ی توپ در روی ماه همانقدر دشوار و متوقف کردن آن همانقدر خطرناک است که در روی زمین . اما اگر در روی ماه گلوله‌ی توپ را بلند کنید به طور شگفت آوری سبک به نظر می‌رسد .

برای اینکه جسمی را به سرعت به حرکت درآوریم و یا حرکت آن را کند کنیم و یا آن را به پهلو بچرخانیم، باید آن را جلو یا به پهلو فشار داده یا به عقب بکشیم . فشار دادن و یا کشیدن «نیرو» نامیده می‌شود . بدنسان نیوتن دومین قانون حرکت را نیز ارائه کرد . این قانون را می‌توان به صورت زیر بیان کرد : شتاب حرکت هر جسم مساویست با نیروی

وارد شده بر آن جسم، بخش بر جرم جسم . به عبارت دیگر، فشار دادن یا کشیدن يك جسم، آن جسم را به حرکت وامی دارد و یا حرکت آن را کند می کند و یا آن را به پهلو می چرخاند . هر قدر نیرو بیشتر باشد، سرعت و یا مسیر جسم بیشتر تغییر می کند . از طرف دیگر جرم جسم — یعنی مقدار «ماندی» که آن جسم دارد — بر ضد این شتاب عمل می کند . مثلاً فشار زیاد باعث می شود که توپ فوتبال سریع تر حرکت کند، زیرا جرم کمتری دارد. اما اگر همین نیرو را در مورد گلوله‌ی توپ که جرم بیشتری دارد به کار بریم به زحمت در حرکت آن تأثیر می کند.

از سیب تا ماه

نیوتن سپس سومین قانون حرکت را ارائه داد . این قانون را می توان چنین بیان کرد :

اگر جسمی بر جسم دیگری نیرو وارد کند، جسم دوم نیرویی برابر و در خلاف جهت نیروی اول به جسم اول وارد می سازد . به عبارت دیگر اگر کتابی بر روی میز فشار داده شود، میز نیز به همان مقدار به کتاب فشار وارد می سازد. به همین دلیل است که کتاب در جای خود باقی می ماند. نه در میز فرو رفته و نه به طرف هوا بالا می رود.

این سه قانون حرکت می توانند تقریباً تمام حرکت ها و نیروهای روی زمین را توضیح دهند. آیا این قوانین می توانند حرکات کاملاً متفاوتی را هم که در آسمانها صورت می گیرد توضیح دهند؟

در آسمانها، اجسام در خلاء حرکت می کنند، اما نه در يك خط مستقیم. مثلاً ماه در يك مسیر منحنی به دور زمین می چرخد . آیا این واقعیت با نخستین قانون نیوتن مغایرت دارد ؟ نه ! زیرا ماه «کاملاً» به حال خود گذاشته نشده است. علت اینکه ماه در يك خط مستقیم حرکت نمی کند اینست که همیشه به يك طرف کشیده می شود، یعنی به طرف زمین. مطابق قانون دوم نیوتن برای اینکه ماه به طرف زمین کشیده شود لازم است نیرویی وجود داشته باشد که ماه را همواره به طرف زمین بکشد.

البته زمین به اجسام زمینی نیرو وارد می کند. این نیرو مثلاً سبب می شود که وقتی سیب از درخت کنده می شود به پایین سقوط کند. این نیرو نیروی جاذبه است. آیا این نیرو می تواند روی ماه هم اثر کند؟ نیوتن سه قانون حرکت خود را در مورد ماه هم به کار برد و نشان داد که، چنانچه فرض کنیم نیروی جاذبه‌ی زمین همانگونه که روی يك سیب اثر می کند روی ماه هم تأثیر می گذارد، می توانیم چگونگی حرکات ماه را به خوبی توضیح دهیم.

مهمتر آنکه، هر جسمی در جهان، دارای نیروی جاذبه است. مثلاً این نیروی جاذبه‌ی خورشید است که زمین را به دور این کره‌ی سوزان به چرخش وامی‌دارد.

نیوتن توانست از سه قانون حرکت خود برای نشان دادن این موضوع استفاده کند که مقدار نیروی جاذبه‌ی میان دو جسم در جهان، به جرم آن دو جسم و مقدار فاصله‌ی آنها از یکدیگر بستگی دارد. هر قدر جرم آن اجسام بیشتر باشد، نیروی جاذبه‌ی آنها بیشتر است. هر قدر که فاصله‌ی میان آنها بیشتر باشد، نیروی جاذبه کمتر است. بدین ترتیب نیوتن قانون عمومی جاذبه را به دست آورد.

این قانون دو کار مهم انجام داد. اول اینکه چگونگی حرکت اجسام آسمانی را با جزئیات تقریباً کامل آن توضیح داد. این قانون روشن کرد که چرا زمین مابۀ آرامی بر محور خود می‌چرخد. دوم اینکه توضیح داد چرا ستارگانی که میلیاردها میلیارد کیلومتر از ما فاصله دارند، به دور یکدیگر می‌چرخند.

شاید مهمتر از همه این بود که نیوتن نشان داد تصور ارسطو در این مورد که دونوع قانون طبیعی، یکی برای آسمان‌ها و دیگری برای زمین وجود دارد، اشتباه است. سه قانون حرکت همانطور که افتادن سیب و جهش توپ را توضیح می‌داد، حرکت دایره‌وار ماه را نیز روشن می‌کرد. بنابراین، نیوتن ثابت کرد که آسمانها و زمین بخش‌هایی از یک جهان هستند.



فاراده و حوزه های مغناطیسی

فرض کنید يك میله ی آهنی در حالی که نخ به سرش بسته شده به طور عمودی روی زمین ایستاده است، آیامی توانید

این میله را بلند ازید؟

مسلماً می توانید. برای این کار کافیست که میله را با انگشت خود فشار دهید و یا نخ را گرفته بکشید. فشار

دادن یا کشیدن يك نیرو است. در اغلب موارد نیرو هنگامی منتقل می شود که دو جسم با یکدیگر تماس یابند.

وقتی که میله ی آهنی را فشار می دهید، انگشت شما آن را لمس می کند. وقتی نخ را می کشید انگشت های

شما نخ را گرفته و نخ با میله تماس می یابد. هم چنین می توانید بی آنکه ظاهراً میله را لمس کرده باشید، با فوت کردن آن

را بلند ازید. در این صورت شما مولکولهای هوا را به طرف میله فشار می دهید و این مولکولها میله را لمس کرده آن

را می اندازند.

سه قانون حرکت نیوتن چگونگی کار چنین نیروهایی را توضیح می‌دهد . (به فصل هفتم مراجعه کنید) .
این قوانین می‌توانند اصولی را توضیح دهند که ماشین‌هایی که در آنها اهرم‌ها و دنده‌ها به وسیله فشار دادن و کشیدن عمل می‌کنند براساس آنها قرار دارند . در چنین ماشین‌هایی، اجسام به وسیله تماس با اجسام دیگر به آنها نیرو وارد می‌سازند .

جهان «مکانیکی»

در ده سال نخست قرن هیجدهم دانشمندان معتقد بودند که تمام جهان به وسیله تماس اجسام بایکدیگر اداره می‌شود . این نظریه، نظریه مکانیکی جهان بود .

آیا ممکن است نیروهایی وجود داشته باشند که بدون تماس اجسام بایکدیگر عمل کنند؟ آری! یکی از این نیروها نیروی جاذبه است که نیوتن آن را توضیح داد . زمین ماه را به طرف خود می‌کشد و آنرا در مدار خود نگه می‌دارد، اما با آن تماس نمی‌یابد . چیزی میان این دو کره وجود ندارد، حتی هوا هم وجود ندارد؛ اما مقدار زیادی نیروی جاذبه در میان آنهاست .

اگر به آن میله‌ی آهنی که به طور عمودی ایستاده است برگردیم، می‌توانیم نوع دیگری از نیروی بدون تماس را مشاهده کنیم . تنها چیزی که در اینجا احتیاج داریم، يك آهنربای كوچك است . وقتی آهنربا را به نوك میله نزدیک کنیم میله به طرف آهنربا كج شده می‌افتد . لازم نیست آهنربا میله را لمس کند . همچنین مربوط به هوانیست، زیرا آهنربا همین عمل را درخلاء نیز انجام می‌دهد .

اگر بگذاریم يك آهنربای بلند و نازك آزادانه در جهت حرکت كندهنگامی که از حرکت بایستد، يك سر آن به طرف شمال و سردیگرش به طرف جنوب قرار می‌گیرد . به عبارت دیگر، بدین ترتیب يك قطب نمای ساده خواهیم داشت . در حدود سال ۱۳۵۰ میلادی، دریانوردان اروپایی، با چنین قطب نماهایی به اکتشاف در اقیانوس‌ها پرداختند .

آن سر آهنربا که شمال را نشان می‌دهد، قطب شمال و سردیگر آن قطب جنوب نامیده می‌شود . اگر قطب شمال يك آهنربا، به قطب جنوب آهنربای دیگری نزدیک شود، بین دو آهنربا يك نیروی قوی بوجود می‌آید و دو قطب به طرف هم کشیده می‌شوند . اگر قطبهای همانند، یعنی دو قطب شمال و یا دو قطب جنوب، به هم نزدیک شوند، نیروی دفع کننده‌ی

زیادی به وجود می آید و آهنرباها از یکدیگر دور می شوند .

این نیروی بدون تماس ، که «تأثیر ازدور» نامیده می شود از قدیم دانشمندان را دچار حیرت کرد. حتی تالس (به فصل اول مراجعه شود) وقتی برای نخستین بار مشاهده کرد که تکه های يك نوع سنگ سیاه ، آهن را از فاصله ی نزدیک جذب می کند، یکه خورد و فریاد کرد «این سنگ باید روح داشته باشد.»

البته این سنگ روح نداشت و فقط يك سنگ معمولی با بار مغناطیسی بود. اما دانشمندان چگونه می توانستند نیروی مرموز مغناطیس را توضیح دهند، نیرویی که می تواند بی آنکه میله ی آهن را لمس کند آنرا به طرف خود بکشانند یا به زمین بیلندازد؟ کاریك قطب نما از این هم مرموزتر بود. عقربه ی مغناطیس قطب نما همیشه شمال و جنوب را نشان می داد، زیرا مناطق قطبی مغناطیسی زمین که در فاصله ی بسیار دوری قرار داشتند، این عقربه را جذب می کردند. در اینجاست که از فاصله ی بسیار دوری وجود داشت - نیرویی وجود داشت که می توانست يك سوزن را در میان يك توده ی کاه پیدا کند . در سال ۱۸۳۱ مایکل فارادای ، دانشمند انگلیسی، کوشش خود را برای حل مسأله ی این نیروهای مرموز شروع کرد. او دو آهنربا را روی يك میز چوبی طوری قرار داد که قطب شمال یکی در برابر قطب جنوب دیگری قرار گرفته بود. این دو آهنربا در فاصله یی از یکدیگر قرار داشتند که یکدیگر را جذب می کردند، اما این فاصله آنقدر کم نبود که آهنرباها از جای خود حرکت کنند و به هم برسند. در این فاصله نیروی این دو آهنربا قدرت کافی برای غلبه بر مالش آهنرباها با میز را نداشت. فارادای می دانست که به هر حال در میان این دو آهنربا نیروی مغناطیسی وجود دارد، زیرا هنگامی که او براده های آهن را در میان آنها قرار می داد، براده ها به طرف آهنرباها حرکت کرده به آنها می چسبیدند.

فارادای تصمیم گرفت آزمایش خود را عوض کند. او تکه کاغذ ضخیمی روی آهنرباها قرار داد و آنگاه براده های آهن را روی کاغذ ریخت. تماس براده ها با کاغذ آنها را در جای خود نگه داشته از چسبیدن آنها به آهنرباها جلوگیری می کرد.

صف بندی مغناطیسی

سپس فارادای با انگشت ضربه های آرامی به کاغذ زد تا براده ها کمی جابه جا شوند. براده ها فوراً مانند عقربه های كوچك قطب نما به حرکت درآمدند و هر کدام به طرف یکی از آهنرباها رفتند. در واقع براده ها در صف هایی قرار گرفتند که

از قطب يك آهنربا تا قطب آهنربای دیگر کشیده شده بود. فاداده این جریان را به دقت بررسی کرد. صف‌هایی که درست میان دو قطب قرار داشتند، کاملاً مستقیم بودند. دورتر از خط فاصل میان دو قطب آهنربا، براده‌ها باز هم در صف‌های منظم قرار گرفته بودند، اما در اینجا صف‌های آنها اندکی خمیده بود. هر قدر که براده‌ها از خط فاصل دورتر می‌شدند، خمیدگی صف‌های آنها بیشتر می‌شد.

فاداده از خوشحالی بشکن زد. او موضوع را فهمیده بود! در اینجا خطوط نیروی مغناطیسی وجود داشتند که از قطب شمال يك آهنربا گذشته و به طرف قطب جنوب آن آهنربا یا قطب جنوب آهنربای دیگر می‌رفتند. و این خطوط نیرو می‌توانستند تا فاصله‌های دوری از قطب حرکت کنند.

این بدین معنی بود که آهنربا به هیچ روی به وسیله‌ی «تأثیر از دور» عمل نمی‌کنند، بلکه هنگامی جسمی را جذب و یا دفع می‌کند که خطوط نیروی آن به جسم نزدیک شده باشند. خطوط نیروی آهنربا یا جسم را لمس می‌کردند یا به خطوط نیرویی که از خود آن جسم بیرون می‌آمد نزدیک می‌شدند.

دانشمندان بعدی چنین حدس زدند که همین جریان در مورد دیگر «تأثیرات از دور» نیز وجود دارد. مثلاً می‌بایست در اطراف زمین و ماه خطوط نیروی جاذبه‌یی وجود داشته باشد و زیر تأثیر این نیروهاست که اجسام می‌توانند یکدیگر را جذب کنند. همچنین اجسامی که دارای بار الکتریکی هستند و اجسام دیگر را جذب یا دفع می‌کنند دارای خطوط نیروی الکتریکی هستند.

مولدهای تازه

فاداده بزودی نشان داد که وقتی اجسام در معرض خطوط نیروی مغناطیسی حرکت می‌کنند، يك جریان الکتریکی در آنها ایجاد می‌شود.

تا آن زمان جریان الکتریکی فقط از باطری‌ها که ظروفی پر از مواد شیمیایی در حال واکنش بودند، به دست می‌آمد. برق (الکتریسته) باطری بسیار گران تمام می‌شد. با استفاده از کشف فاداده، برق را می‌شد به وسیله‌ی يك موتور بخار که اجسام را در معرض خطوط نیروی مغناطیسی حرکت دهد، بوجود آورد. برقی که از چنین مولدهای بخاری به دست

می‌آمد بسیار ارزان تمام می‌شد و می‌شد آن را به مقدار زیاد تولید کرد. بدین ترتیب این خطوط مغناطیسی نیرو هستند که جهان را در قرن بیستم، به يك جهان الکتریکی تبدیل کرده‌اند.

فاداده نابغه‌ی خود آموخته‌ی بود، او پس از چند کلاس اول دبستان دیگر درسی نخوانده بود و از ریاضیات چیزی نمی‌دانست. او نمی‌توانست برای چگونگی انتشار خطوط نیروی مغناطیسی اطراف آهنربا توضیح ریاضی به دست دهد. او فقط می‌توانست جهت این نیرو را با براده‌های آهن خود دنبال کند.

با وجود این در حدود سال ۱۸۶۰ يك ریاضیدان اسکاتلندی به نام جیمز کلرک ماکسول به این مسأله پرداخت. ماکسول يك رشته معادله‌ی ریاضی به وجود آورد که نشان می‌داد چگونه شدت نیروی مغناطیسی با دور شدن از آهنربا به تدریج تغییر می‌کند.

نیروی که گراگردها آهنربا را فرا گرفته حوزه‌ی مغناطیسی نامیده می‌شود. حوزه‌ی مغناطیسی هر آهنربا تمام جهان را دربرمی‌گیرد، اما به تدریج که فاصله از آهنربا زیادتر می‌شود، نیروی آهنربا نیز به سرعت ضعیف می‌شود. بدین ترتیب فقط از فاصله‌ی کاملاً نزدیک می‌توان نیروی آهنربا را اندازه گرفت. ماکسول نشان داد که می‌توان يك خط از تمام قسمتهای حوزه مغناطیسی که دارای نیروی معینی باشند عبور داد. در نتیجه، این خط یکی از خطوط نیرویی خواهد بود که فاداده از آن سخن گفته است. بنابراین معادله‌های ماکسول توضیح دقیق خطوط نیروی فاداده را ممکن ساخت. هم چنین ماکسول نشان داد که حوزه‌های مغناطیسی و حوزه‌های الکتریکی همیشه همراه هم وجود دارند. بنابراین آدمی تنها می‌تواند از حوزه‌ی الکترو مغناطیسی سخن گوید. در شرایط معینی، از مرکز چنین حوزه‌ی يك رشته «امواج» در تمام جهات پراکنده می‌شود. این پرتوافکنی، پرتوافکنی الکترو مغناطیسی است. مطابق محاسبات ماکسول چنین پرتوی باید به سرعت نور حرکت کند. بنابراین چنین به نظر می‌رسد که نور نیز يك پرتو الکترو مغناطیسی است.

سالها پس از مرگ ماکسول درستی نظریات او به اثبات رسید و انواع تازه‌ی پرتوهای الکترو مغناطیسی مانند امواج رادیو و پرتو یا اشعه‌ی X کشف شد. ماکسول وجود چنین پرتوهایی را پیش‌بینی کرده بود، اما پیش از اینکا نظریاتش به وسیله‌ی آزمایش ثابت شود از جهان رفت.

در سال ۱۹۰۵ آلبرت اینشتین، دانشمند سوئیسی-آلمانی آغاز آن کرد که نظر انسان را درباره‌ی جهان تغییر دهد.

او نظریه‌ی مکانیکی جهان را که با قوانین حرکت نیوتن آغاز شده بود، کنار گذاشت و جهان را برحسب حوزه‌ها توضیح داد. دو حوزه‌یی که تا آن زمان شناخته شده بود، حوزه‌ی جاذبه و حوزه‌ی الکترومغناطیسی بود. اینشتین کوشید یک گروه واحد از معادلات ریاضی پیدا کند که بتواند هر دو حوزه را توضیح دهد؛ اما در این کار موفق نشد. اما از زمان اوتاکون دو حوزه‌ی تازه کشف شده است. این حوزه‌ها مربوط به ذرات ریزی هستند که هسته یا مرکز اتم را به وجود می‌آورند. این حوزه‌ها را «حوزه‌های هسته‌یی» می‌نامند.

جذب و دفع الکترومغناطیسی

آنچه در گذشته نیروی جذب و دفع دانسته می‌شد، اکنون میان کنش حوزه‌ها به شمار می‌آید. پوسته‌ی اتم را الکترون‌ها تشکیل می‌دهند. وقتی دو اتم به یکدیگر نزدیک می‌شوند حوزه‌های الکترومغناطیسی که الکترون‌ها را احاطه کرده‌اند یکدیگر را دفع می‌کنند. بدین ترتیب اتم‌ها بدون اینکه با یکدیگر تماس پیدا کنند از هم دور می‌شوند. بنابراین وقتی ما میله‌یی را به جلو فشار می‌دهیم، یانخی را می‌کشیم، درحقیقت هیچ چیز جامدی را لمس نکرده‌ایم. ما فقط از حوزه‌های کوچک الکترومغناطیسی استفاده کرده‌ایم. ماه به دور زمین و زمین به دور خورشید به این علت می‌چرخند که گراگرد این دو کره را حوزه‌های جاذبه فرا گرفته است. بمبهای اتمی به علت تغییراتی که در حوزه‌های هسته‌یی پیش می‌آید منفجر می‌شوند.

نظریه‌ی تازه‌ی «حوزه‌یی» جهان به دانشمندان کمک کرد تا به پیشرفتهایی نائل شوند که در زمان رواج نظریه‌ی مکانیکی به هیچ روی ممکن نبود. با این حال نظریه‌ی «حوزه‌یی» از زمانی به وجود آمد که فاداد گفت خطوط نیروی مغناطیسی می‌توانند اجسام را جذب و دفع کنند.



۹

رامفورد و حرارت

مشکل بتوان علاقه‌ی زیادی به بنجامین تامپسون داشت . او مرد زیرکی بود که تنها به خودش فکر می‌کرد. مثلاً وقتی نوزده سال داشت، برای فرار از فقری که از کودکی گریبانگیرش بود با بیوه‌ی ثروتمندی که تقریباً دو برابر سن خودش را داشت ازدواج کرد .

تامپسون در سال ۱۷۵۳ در واپرن در ایالت ماساچوست متولد شد. آن روزها ماساچوست و دیگر ایالات اصلی آمریکا هنوز مستعمره‌ی انگلستان بودند . چند سال پس از ازدواج تامپسون انقلاب آمریکا در گرفت و تامپسون در اینکه کدام طرف پیروز می‌شود اشتباه کرد . او به ارتش انگلستان در بوستون پیوست و علیه میهن پرستان مستعمرات به جاسوسی پرداخت .

وقتی انگلیسیها بوستون را ترك کردند تامپسون را نیز با خود بردند . او زن و فرزند خود را ظاهراً بی هیچ ناراحتی ترك کرد و دیگر هرگز نزد آنها بازنگشت .

در اروپا او برای هردولتی که بهای او را می پرداخت کار می کرد . واز آنجا که رشوه می گرفت، اسناد محرمانه را می فروخت و به طور کلی مردی غیر اخلاقی و نادرست بود، در تمام این کشورها به دردسر افتاد .
در سال ۱۷۹۰ تامپسون ، انگلستان را به قصد سایر کشورهای اروپا ترك کرد . در آنجا ، او به خدمت در باواریا مشغول شد (باواریا اکنون بخشی از خاک آلمان است اما در آن زمان دولت مستقلی بود) و حکمران باواریا به او لقب کنت داد . تامپسون خود را کنت (امفورد نامید . (امفورد اسم اصلی شهر کنکورد، در نیو هامپشایر ، است و جایی است که در آن او با زن اولش ازدواج کرد . پنجمین تامپسون اینک در تاریخ به نام رامفورد شناخته می شود .

ذهن علمی

در اینجا باید مطلبی به سود رامفورد گفته شود . او عشق زیادی به علم داشت . او از کودکی ذهنی فعال و زیرک داشت که می توانست به هسته ی اصلی مسائل بپردازد .
رامفورد در طول زندگی خویش آزمایش های جالب زیادی کرد و به نتایج بسیار مهمی دست یافت . اما مهمترین این آزمایش ها در باواریا و هنگامی انجام گرفت که رامفورد متصدی ساختن توپ بود . برای ساختن توپ ابتدا فلز را ذوب و به شکل تنه ی درخت قالب گیری می کردند . آنگاه داخل فلز جامد را سوراخ می کردند . برای سوراخ کردن داخل لوله از مته یی که به سرعت می چرخید استفاده می شد .

البته بدین ترتیب لوله ی توپ و مته سخت داغ می شدند . برای جلوگیری از این وضع می بایست پیوسته روی آنها آب سرد بریزند . ذهن فعال رامفورد با دیدن این گرما که پیوسته زیادتر می شد به کار افتاد . اساساً گرما چیست؟ دانشمندان آن زمان ، از جمله شیمیدان بزرگ فرانسوی لاوازیه ، گمان می کردند که گرما چیزی است «سیال و بی وزن» . آنها آن را کالریک می نامیدند . به عقیده ی آنها وقتی کالریک زیادی در یک جسم متراکم می شود آن جسم پیوسته گرمتر می شود . سرانجام جسم از کالریک لبریز شده و کالریک در همه جهات جریان می یابد . بنابراین شما می توانید حرارت یک جسم گداخته را از فاصله ی زیادی احساس کنید . مثلاً حرارت خورشید از فاصله ۹۳،۰۰۰،۰۰۰

میای احساس می شود . اگر جسم گرمی در تماس با جسم سردی قرار بگیرد کالریک از جسم گرم جریسان می یابد و داخل جسم سرد می شود . این جریان جسم گرم را سرد و جسم سرد را گرم می کند .

این نظریه کاملاً درست به نظر می رسد و تنها عده کمی از دانشمندان در درستی آن شك می کردند . اما رامفورد در این باره شك کرد . او از خود می پرسید که چرا کالریک از لوله توپ بیرون می ریزد . کسانی که به فرضیه ی کالریک عقده داشتند می گفتند علت این است که مته ، فلز درون لوله ی توپ را خرد می کند و بنابراین کالریک موجود در فلز ، مانند آبی که از کوزه شکسته خارج شود ، از فلز خرد شده بیرون می ریزد .

آیا واقعاً چنین است؟ رامفورد به مته های مختلف نگاه کرد و متهمی را یافت که کاملاً ساییده شده و از کار افتاده بود . او به کارگران خود دستور داد تا از این مته استفاده کنند . کارگران اعتراض کردند و گفتند که این مته قابل استفاده نیست اما رامفورد دستور خود را با تندی بیشتری تکرار کرد و کارگران اطاعت کردند .

مته ی ساییده شده قابل استفاده نبود و به هیچ روی فلز را سوراخ نمی کرد ، اما حتی بیش از يك مته ی نو حرارت تولید می کرد . کارگران متعجب بودند که چرا کنت این قدر خوشحال است .

بدین ترتیب رامفورد مشاهده کرد که کالریک از خرد شدن فلز بوجود نمی آید . آیا اصلاً کالریک از فلز به وجود می آید ؟ در ابتدا فلز سرد بود ، و بنابراین نمی توانست کالریک زیادی داشته باشد . با این حال وقتی مته روی فلز می چرخید کالریک به مقدار زیاد بیرون می ریخت . «امفورد مقدار کالریکی را که از لوله ی توپ بیرون می آمد بسویله ی اندازه گرفتن مقدار حرارت آبی که برای سرد نگاه داشتن توپ و مته مورد استفاده قرار می گرفت ، تعیین کرد . رامفورد حساب کرد که اگر تمام این کالریک به داخل لوله توپ برگردانده شود لوله توپ ذوب خواهد شد .

ذرات متحرك

رامفورد به این نتیجه رسید که حرارت به هیچ روی يك چیز سیال نیست ، بلکه نوعی حرکت است . وقتی مته روی فلز می چرخد حرکت آن به حرکات سریع و کوچک ذرات ریزی که فلز از آنها تشکیل می شود مبدل می گردد . این مهم نیست که مته فلز را سوراخ می کند یا نه . این حرکات سریع و کوچک ذرات فلزات است که حرارت تولید می کند . طبعاً تا زمانی که مته به چرخد تولید حرارت ادامه می یابد . تولید حرارت با کالریکی که ممکن بود در فلز باشد یا نباشد ، هیچ

تا پنجاه سال پس از آن کسی به کار رامفورد توجه نکرد. دانشمندان به این قانع بودند که با کالریک سروکار داشته باشند و درباره‌ی چگونگی جریان یافتن آن از جسمی به جسم دیگر نظریه‌هایی بسازند. این تا اندازه‌ای بدین علت بود که آنان در پذیرفتن اندیشه‌ی ذرات ریزی که حرکت سریع و کوچک آنها راهیچ کس نمی‌توانست ببیند تردید داشتند. با این حال ده سال پس از کار رامفورد، جان دالتون نظریه اتمی را بسط داد (به فصل پنجم مراجعه کنید). دانشمندان به تدریج وجود اتم‌ها را می‌پذیرفتند. آیا ممکن نبود که ذرات کوچک و متحرک رامفورد همان اتم‌ها و یا مولکول‌ها (گروه‌هایی از اتم) باشند. شاید. اما چگونه می‌شد حرکت میلیاردها میلیارد مولکول نا دیدنی را تصور کرد؟ آیا همه‌ی آنها با هم حرکت می‌کنند؟ آیا مطابق طرح خاصی بعضی از آنها یک‌طور و بعضی دیگر طور دیگر حرکت می‌کنند؟ یا اینکه حرکت آنها تصادفی و بی‌نظم است و هر یک در جهتی و با سرعت خاصی حرکت می‌کنند و تعیین جهت و سرعت حرکت یک مولکول خاص ممکن نیست.

اگر مولکول‌ها حرکت تصادفی داشته باشند چگونه می‌توان از چنین وضعی سردرآورد؟

در اواسط دهه‌ی ۱۷۰۰ یعنی چند ده سال پیش از کار رامفورد یک ریاضیدان سوئیس به نام دانیل برنولی کوشیده بود که مسأله‌ی حرکت تصادفی ذرات را در گازها حل کند. این کار مدتی پیش از آنکه دانشمندان نظریه‌ی اتمی را بپذیرند صورت گرفت، و محاسبات ریاضی برنولی کامل نبود. اما کار او ارزش زیادی داشت.

در دهه‌ی ۱۸۶۰ ماکسول، به صحنه آمد (به فصل هشتم مراجعه کنید). ماکسول معتقد بود که مولکول‌های تشکیل دهنده گازها دارای حرکت اتفاقی هستند. او با محاسبات دقیق ریاضی نشان داد که حرکت اتفاقی توضیح خوبی برای خاصیت گازهاست.

ماکسول نشان داد که چگونه ذرات گاز که به‌طور اتفاقی و نامنظم در حرکت هستند به دیوارهای ظرفی که آنها را در خود نگاهداشته است فشار وارد می‌کنند. از این گذشته این فشار با متراکم کردن ذرات گاز و یا آزاد کردن آنها از درون ظرف تغییر می‌کند. این توضیح در مورد خاصیت گازها، «نظریه‌ی جنبشی» گازها نامیده می‌شود.

ماکسول در افتخار ارائه‌ی این نظریه با لودویک بولتزمن، فیزیکدان اتریشی شریک است. هر دو آنها این نظریه

راه حل ماکسول

یکی از مهمترین قوانین در مورد خاصیت گازها اینست که گاز با بالا رفتن درجه‌ی حرارت منبسط و با پایین آمدن آن متراکم می‌شود. مطابق نظریه‌ی کالریک توضیح این مطلب ساده بود. وقتی گاز گرم می‌شود کالریک به داخل آن می‌ریزد. کالریک زیادتر جای زیادتری می‌خواهد، بنابراین گاز منبسط می‌شود. وقتی گاز سرد می‌شود کالریک از آن خارج شده و گاز متراکم می‌شود. در برابر این توضیح، ماکسول چه می‌توانست بگوید؟ او می‌بایست آزمایش دامفورد را به خاطر داشته باشد. حرارت، شکلی از حرکت است. وقتی گاز گرم می‌شود، مولکولهای آن تندتر و تندتر به حرکت درمی‌آیند و یکدیگر را بیشتر به کنار می‌زنند. بنابراین گاز منبسط می‌شود. وقتی درجه حرارت پایین می‌آید عکس این موضوع اتفاق می‌افتد و گاز متراکم می‌شود.

ماکسول معادله‌یی طرح کرد که سرعت حرکت مولکولهای گاز را در درجه‌های مختلف حرارت نشان می‌داد. بعضی از مولکولها آهسته و بعضی سریع حرکت می‌کردند، اما اغلب آنها سرعت متوسطی داشتند. در میان این سرعتهای مختلف، در یک درجه‌ی حرارت معین سرعت خاصی وجود داشت که معمولاً مولکولها با آن سرعت حرکت می‌کردند. به تدریج که حرارت بالایی رفت این سرعت نیز افزایش می‌یافت.

«نظریه‌ی جنبشی حرارت»، همانطور که در مورد گازها صادق بود، در مورد اجسام جامد نیز صادق می‌کرد. مثلاً در یک جسم جامد مولکولها مانند گلوله به اطراف پرتاب نمی‌شدند بلکه برگرد یک نقطه نوسان می‌کردند.

سرعت این نوسان، مانند سرعت گلوله وار مولکولهای گاز، از معادله‌ی ماکسول پیروی می‌کرد.

یک توضیح بهتر

نظریه‌ی جنبشی تمام خواص حرارت را به خوبی نظریه‌ی کالریک توضیح می‌داد. همچنین بعضی از خواصی را که نظریه‌ی کالریک نمی‌توانست به خوبی توضیح دهد، نظریه‌ی جنبشی به سادگی توضیح می‌داد. (مثل خواصی که دامفورد شرح داده بود).

مطابق نظریه‌ی کالریک، انتقال حرارت عبارت است از جریان یافتن کالریک از یک جسم گرم به یک جسم سرد.

مطابق نظریه‌ی جنبشی انتقال حرارت از حرکت مولکولها ناشی می‌شود. وقتی جسم گرمی با جسم سردی تماس می‌گیرد، مولکولهای جسم گرم که به سرعت در حرکت هستند با مولکولهای جسم سرد برخورد می‌کنند. در نتیجه حرکت مولکولهای جسم گرم اندکی کندتر و حرکت مولکولهای جسم سرد تندتر می‌شود. بدین ترتیب حرارت از جسم گرم به جسم سرد جریان می‌یابد.

شناخت حرارت، به عنوان شکلی از حرکت، یکی از اندیشه‌های بزرگ علمی است. ماکسول این اندیشه‌ی بزرگ را گسترش داد. او نشان داد که چگونه حرکت اتفاقی را می‌توان برای توضیح بعضی از قوانین طبیعت مورد استفاده قرار داد، قوانینی که نتایج آنها کاملاً قابل پیش بینی بوده، به هیچ روی اتفاقی نیست.

عقیده‌ی ماکسول در قرن گذشته روبه تکامل رفت. اینک دانشمندان این موضوع را که حرکت اتفاقی اتمها و مولکولها می‌تواند نتایج شگفت‌آوری داشته باشد، مسلم می‌دانند. شاید حتی حیات نیز از ماده‌ی بیجان و در اثر حرکات اتفاقی اتمها و مولکولها در اقیانوسها بوجود آمده باشد.



۱۰

ژول وانرژى

از زمانهای پیش از تاریخ انسان می دانست که حرکت می تواند کارها و خدمات هایی انجام دهد. سنگی را روی يك گردو قرار دهید، هیچ چیز اتفاق نمی افتد. اما اگر سنگ را بلند کرده به سرعت بر روی گردو فرود آورید ، گردو خواهد شکست.

به همین ترتیب، يك تیر که با سرعت زیاد حرکت کند می تواند پوست كلفت يك جانور را سوراخ کند. هم چنین می توان با يك گلوله ی بزرگ فولادی که پاندول وار حرکت کند يك دیوار آجری را خراب کرد.

توانایی انجام کار «انرژی» نامیده می شود. يك جسم در حال حرکت، دارای انرژی حرکتی یا «انرژی جنبشی» است. وقتی نیوتن، در دهه ی ۱۶۸۰، قوانین حرکت خود را بیان کرد ، عقیده داشت که هر جسم متحرك با همان

سرعت به حرکت خود ادامه می دهد مگر اینکه يك نیروی خارجی بر روی آن اثر کند. (به فصل هفتم مراجعه کنید). به عبارت دیگر انرژی جنبشی جسم متحرك همیشه یکسان باقی می ماند.

اما نردنیای واقعی، نیروهای خارجی همیشه علیه اجسام متحرك عمل می کنند و چنین به نظر می رسد که انرژی جنبشی از میان می رود. حرکت توپی که بر روی زمین می غلتد به تدریج آهسته تر می شود و سرانجام توپ از حرکت باز می ایستد. توپی که به زمین می خورد بالا می رود، و سرانجام پس از چند بار زمین خوردن و بالا رفتن، روی زمین می ایستد. سنگهای آسمانی پس از برخورد با هوای پیرامون زمین مشتعل می شوند، سپس به زمین می خورند و از حرکت باز می ایستند. انرژی جنبشی در این مورد چه می شود؟ مقداری از آن، و نه تمام آن، ممکن است به کار تبدیل شود. در حقیقت توپی که به هوا می پرد یا روی زمین می غلتد ممکن است هیچ کاری انجام ندهد اما با این حال انرژی جنبشی آن ناپدید می شود.

پاسخ اینست: حرارت

سنگ آسمانی مسائلی را روشن می کند. این سنگ موقع عبور از هوای پیرامون زمین (جو) حرارت بسیار زیادی تولید می کند. این حرارت آنقدر زیاد است که سنگ آسمانی گداخته شده به رنگ سفید در می آید. حرارت! يك دانشمند انگلیسی به نام جیمز پرسکات ڈول وارد صحنه می شود. دوران کودکی ڈول که کم و بیش با بیماری گذشته بود، او را از يك زندگی فعالانه محروم می کرد. از این رو او به جهان کتاب پناه برد و شیفتهی علم شد. خوشبختانه او پسر يك آبخوساز ثروتمند بود که می توانست بهترین آموزگاران را برای فرزندش استخدام کند. سرانجام ڈول وارث کارخانهی آبخوسازی شد، اما همواره بیش از اینکه به دنیای تجارت علاقمند باشد به علم عشق می ورزید. علاقهی ڈول بیشتر به مسألهی ارتباط میان انرژی و حرارت متوجه شد. طبعاً او این عقیدهی «امفود» را که حرارت شکلی از حرکت است، می دانست. از نظر «امفود» حرارت عبارت بود از حرکت سریع ذرات ریز ماده (به فصل نهم مراجعه شود).

ڈول اندیشید که اگر این موضوع حقیقت داشته باشد، انرژی جنبشی به هیچ روی از میان نمی رود. توپ در حال حرکت به زمین مالیده می شود و این، مالش حرارت تولید می کند. بنابراین حرکت توپ به تدریج به حرکت ذرات

بی‌شمار ماده، یعنی ذرات توپ و ذرات آن قسمت از زمین که توپ به آن مالیده می‌شود، مبدل می‌گردد.

بدین ترتیب ژول به این نتیجه رسید که حرارت نوعی انرژی جنبشی است. انرژی جنبشی معمولی بی‌آنکه چیزی از آن کم شود به انرژی حرارتی تبدیل می‌شود. شاید این موضوع در مورد انواع دیگر انرژی نیز صادق باشد. این امر به نظر قابل قبول می‌آمد. الکتریسیته و مغناطیس و همچنین واکنشهای شیمیایی می‌توانستند کار انجام دهند.

بنابراین سه نوع انرژی - الکتریکی، مغناطیسی و شیمیایی - وجود داشت. این هر سه را می‌شد به انرژی حرارتی تبدیل کرد. مثلاً مغناطیس می‌توانست یک جریان الکتریکی ایجاد کند که یک سیم را گرم سازد. وقتی ذغال می‌سوخت، واکنشهای شیمیایی ذغال و هوا مقدار زیادی حرارت بوجود می‌آورد.

ژول نتیجه گرفت که حرارت شکل دیگری از انواع انرژی است. بنابراین همیشه مقدار معینی از انرژی باید مقدار معینی حرارت تولید کند. در سال ۱۸۴۰، هنگامی که ژول بیست و دو ساله بود، برای آزمایش این موضوع دست به اندازه‌گیری‌های صحیح و دقیقی زد.

ژول آب و سپس جیوه را با چرخهای پره‌دار به گردش درآورد و انرژی چرخ متحرك و درجه‌ی حرارت هریک از این دو مایع را اندازه گرفت. هوا را متراکم کرد و آنگاه مقدار انرژی را که برای این کار صرف شده بود و هم چنین مقدار حرارتی را که در هوای متراکم ایجاد شده بود اندازه گرفت. آب را با فشار از لوله‌های باریک عبور داد. به وسیله چرخانیدن یک سیم پیچ بین دو قطب آهن ربا، یک جریان الکتریکی در سیم پیچ ایجاد کرد. هم چنین بدون استفاده از آهن ربا یک جریان الکتریکی را از سیم عبور داد. در تمام این موارد، ژول انرژی به کار رفته و حرارت تولید شده را اندازه گرفت. ژول، حتی در ماه عسل خود نتوانست از رفتن به پای یک آبشار و اندازه‌گیری درجه حرارت آب در بالا و در پایین آن خودداری کند. او این کار را برای این انجام داد که ببیند چه مقدار گرما به وسیله‌ی انرژی ریزش آب ایجاد شده است.

در سال ۱۸۴۷ ژول به این نتیجه رسید که مقدار معینی از هر نوع انرژی همیشه مقدار معینی حرارت تولید می‌کند. (انرژی را می‌توان با واحدی به نام «ارگ» اندازه‌گیری کرد. گرما با واحدی به نام «کالری» اندازه‌گیری می‌شود.) ژول نشان داد که چنانچه ۴۱۸۰۰۰،۰۰۰ ارگ از یکی از انواع انرژی به کار رود یک کالری حرارت تولید

می‌شود. این رابطه‌ی میان انرژی و حرارت را «معادل مکانیکی حرارت» می‌نامند. بعدها به افتخار ژول يك واحد انرژی «ژول» به وجود آمد (يك ژول برابر ۱۰,۰۰۰,۰۰۰ ارگ است، پس می‌توانیم بگوییم كه يك كالری مساویست با ۴/۱۸ ژول).

شنوندگان بی‌میل

ژول برای اعلام کشف خود دچار مشکلی بود، زیرا نه‌استاد دانشگاه بود و نه‌عضو هیچ‌يك از مجامع علمی. او تنها يك آبجوساز بود و دانشمندان آن‌زمان به حرفش گوش نمی‌دادند. او سرانجام تصمیم گرفت كه در منچستر برای مردم يك سخنرانی ایراد كند و آنگاه يکی از روزنامه‌های منچستر را راضی كرد كه متن كامل سخنرانی او را چاپ كند. چند ماه بعد، ژول موفق شد كه همان سخنرانی را در برابر گروهی از دانشمندان ایراد كند. اما آنها با سردی به سخنان او گوش دادند. همه‌ی آنها موضوع را به طور کلی نادیده گرفتند، مگر مرد جوانی به نام ویلیام تامسون كه از میان جمع برخاست تا نکته‌هایی در همراهی با ژول بیان كند. توضیحات تامسون آنقدر زیرکانه و هوشمندانه بود كه دانشمندان نتوانستند از توجه به آن خودداری كنند. (بعدها تامسون يکی از دانشمندان بزرگ قرن نوزدهم شد، او را بیشتر به نام لرد كلوین می‌شناسند).

بدین ترتیب ثابت شد كه هر نوع انرژی فقط می‌تواند به مقدار معینی گرما تبدیل شود. اما گرما خود نوعی انرژی است. آیا موضوع این نیست كه انرژی نه‌از میان می‌رود و نه بوجود می‌آید؟ آیا موضوع این نیست كه انرژی فقط از نوعی به نوع دیگر تغییر شكل می‌یابد؟

افتخاری كه نصیب دیگری شد

این اندیشه در سال ۱۸۴۲ به ذهن دانشمند آلمانی یولیوس روبرت مایر خطور كرد. در آن زمان کسی چیزی از کارهای ژول نشنیده بود و مایر خود آزمایش‌های اندکی کرده بود. هیچ‌كس به این فکر مایر توجه نكرد. يك دانشمند دیگر آلمانی به نام هرمان لودویك فردیناند هلمهولتز، ظاهر آبی آنكه از کارهای پیشین مایر آگاهی داشته باشد همین نظریه را در سال ۱۸۴۷ ابراز كرد. در این زمان آثار ژول منتشر شده بود. سرانجام دانشمندان برای شنیدن، و از آن گذشته برای قبول این نظریه، آماده شده بودند. بنابراین، کسی كه معمولاً افتخار قانون معروف به «قانون بقای انرژی» به او نسبت داده می‌شود هلمهولتز است. ساده‌ترین شكل تعریف این قانون چنین است: مقدار كل انرژی موجود در جهان ثابت است.

مایر کوشید به خاطر جهانیان بیاورد كه او همین موضوع را قبلاً در سال ۱۸۴۲ بیان کرده بود. اما مردم یا آن

را فراموش کرده و یاهرگز نشنیده بودند. مایر بیچاره را متهم کردند که می‌کوشد افتخارات دیگران از آن خود کند. او چنان ناامید شد که به قصد خودکشی خود را از پنجره بیرون انداخت اما زنده ماند و سی سال دیگر در گمنامی به سربرد. تنها در اواخر عمر بود که اهمیت کار یولیوس مایر شناخته شد

قانون بقای انرژی را اغلب «نخستین قانون ترمودینامیک» می‌نامند. از نیمه اول قرن نوزدهم دانشمندان به مطالعه جریان حرارت از جسمی به جسم دیگر پرداختند. این مطالعه «ترمودینامیک» نامیده می‌شود (ترمودینامیک از دو واژه یونانی به معنای «حرکت، حرارت» گرفته شده است). از زمانی که اصل بقای انرژی پذیرفته شد می‌بایست آن را در تمام مطالعات ترمودینامیکی به حساب آورد.

موتور کارنو

در زمانی که قانون بقای انرژی پذیرفته شد، پژوهندگان ترمودینامیک می‌دانستند که نمی‌توان همواره همه‌ی انرژی را به طور کامل به کار تبدیل کرد. با وجود هر نوع کوششی، همیشه مقداری از انرژی به شکل حرارت تلف می‌شود. نخستین کسی که این موضوع را با تجزیه و تحلیل دقیق علمی نشان داد، فیزیکدان جوان فرانسوی نیکولا لئونارد سادی کاردنو بود. او در سال ۱۸۲۴ کتاب کوچکی درباره‌ی موتور بخار منتشر کرد. کاردنو در این کتاب دلیل‌هایی آورد تا نشان دهد انرژی حرارتی که یک موتور بخار بوجود می‌آورد نمی‌تواند بیش از مقدار معینی کار تولید کند. مقدار کار به اختلاف میان درجه‌ی حرارت گرم‌ترین و سردترین قسمت موتور بخار بستگی دارد. اگر درجه‌ی حرارت تمام قسمت‌های موتور به یک اندازه باشد، موتور-هر اندازه هم که حرارت ایجاد کند- کار تولید نمی‌کند.

زمانی که هلمهولتز قانون بقای انرژی را اعلام کرد، دانشمندان به دلایل کاردنو، در این باره که از موتور بخار تنها مقدار محدودی کار می‌توان بدست آورد توجه بیشتری کردند. چرا معمولاً کار بسیار کمتر از آن مقدار انرژی است که موتور تولید می‌کند؟ علت آن اختلاف درجه‌ی حرارت است. کارنو به طور درخشانی این موضوع را نشان داده بود. اما دلیل آن چیست؟

تناسب کلوزیوس

در سال ۱۸۵۰، فیزیکدان آلمانی رودلف یولیوس اما نوئل کلوزیوس، محاسبات مربوط به این پدیده را انجام داد.

او این کار را با استفاده از مفهوم حرارت مطلق یا درجه‌ی حرارت بالاتر از صفر مطلق انجام داد. در صفر مطلق یعنی در منهای ۴۶۰ درجه فارنهایت (زیر صفر معمولی) یا منهای ۲۷۳ درجه‌ی سانتیگراد (زیر صفر معمولی) هیچ حرارتی وجود ندارد. کلوذیوس دریافت که اگر مقدار کل انرژی حرارتی یک دستگاه را بر درجه‌ی حرارتی مطلق آن تقسیم کند، نسبتی بدست می‌آید که همیشه در هر جریان طبیعی افزایش می‌یابد - خواه این جریان سوختن ذغال در دستگاه یک موتور بخار باشد یا انفجار هیدروژن و هلیوم در منظومه‌ی خورشیدی. هرچه این نسبت سریعتر افزایش یابد، از حرارت کار کمتری می‌توان بدست آورد. در سال ۱۸۶۵ کلوذیوس این نسبت را «آنتروپی نامید».

آیا آنتروپی در هر جریان طبیعی افزایش می‌یابد؟ آری. مثلاً وقتی اجسام سرد، گرم یا اجسام گرم، سرد می‌شوند، وقتی آب از بلندی به پایین می‌ریزد، وقتی آهن زنگ می‌زند، وقتی گوشت فاسد می‌شود، آنتروپی افزایش می‌یابد. امروزه این واقعیت را که آنتروپی همیشه زیاد می‌شود دومین قانون ترمودینامیک می‌نامند. می‌توان این قانون را با سادگی بیشتر چنین توضیح داد. مقدار کل آنتروپی جهان همواره در حال افزایش است.

شاید نخستین و دومین قانون ترمودینامیک اساسی‌ترین قوانینی باشند که تاکنون دانشمندان کشف کرده‌اند. تاکنون هیچکس استثنایی برای این قوانین نیافته و شاید هرگز نیابد. این قوانین با دقتی بیش از آنکه بتوان تصور کرد در همه‌ی جهان، از بزرگترین مجموعه‌های ستارگان تا کوچکترین ذرات شناخته‌ی شده‌ی اتم، صدق می‌کنند.

با وجود انقلابهایی که در قرن گذشته در زمینه‌ی افکار علمی به وقوع پیوسته قوانین ترمودینامیک همچنان استوار در جای خود مانده‌اند. این قوانین همواره شالوده‌ی محکمی برای تمام علوم فیزیکی خواهند بود.



۱۱ پلانک و کوانتا

در نیمه‌ی قرن نوزدهم علم دریافت که نور بر عناصر شیمیایی تأثیرهایی می‌گذارد. اما چگونه می‌توان برای تشخیص يك عنصر از عنصر دیگر از نور استفاده کرد؟

اگر به عنصری، تاجایی که گداخته گردد، حرارت داده شود نوری که از آن می‌تابد از امواجی با طول‌های مختلف خواهد بود. گروه طول موجهایی که این عنصر تولید می‌کند با گروه طول موجهای هر عنصر دیگری متفاوت است.

هر طول موج معین اثر متفاوتی بر روی چشم می‌گذارد و در نتیجه به رنگ متفاوتی دیده می‌شود. فرض کنید نوری که از يك عنصر معین پخش می‌شود به طول موجهای مختلف خاص آن جسم تجزیه شود. بنابراین گروه طول موجهای این عنصر باید مجموعه‌ی خاص از رنگهارا بوجود آورد. اما چگونه می‌توان نور يك عنصر گداخته را به طول موجهای مختلف

یکی از پاسخ‌ها اینست که نور را از داخل يك روزنه گذرانده سپس از درون يك شیشه‌ی مثلث شکل، که منشور نامیده می‌شود، عبور دهیم. منشور، هر موج را به نسبت طول آن به اندازه‌ی معینی می‌شکند. بدین ترتیب نوری که از روزنه به درون منشور می‌تابد، در منشور به شکل رنگهای خاصی که بستگی به طول موجهای آن عنصر دارد، دیده می‌شود. در نتیجه طیفی از خطوط رنگین بوجود می‌آید که طرح آن با طرح خطوط رنگین هر عنصر دیگری متفاوت است. این کار با تمام جزییات آن در سال ۱۸۵۹ به وسیله‌ی يك فیزیکدان آلمانی به نام گوستاو کیرشهوف انجام گرفت. او و شیمیدان آلمانی «پوت ویلهلم فون بونسن»، دستگاه طیف‌نما را که بدان اشاره کردیم - اختراع کردند و آن را برای مطالعه‌ی طیف های عناصر مختلف به کار بردند. آنها با یافتن دو طیف جدید، که با طیف های همه‌ی عناصر شناخته شده متفاوت بود، دو عنصر تازه کشف کردند.

پس از آن دانشمندان دیگر طیف های عناصر موجود در روی زمین را در طیف های خورشید و ستارگان پیدا کردند. از سوی دیگر عنصر هلیوم که در سال ۱۸۶۸ به وجود آن در خورشید پی بردند سالها بعد در روی زمین کشف شد. مطالعه‌ی طیف ها سرانجام نشان داد که تمام جهان از يك نوع ماده درست شده است. مهمترین کشف کیرشهوف این بود: اگر عنصر خاصی تا آنجا حرارت داده شود که نوری با طول موج های معین منتشر کند، هنگامی که اندکی سردتر شود به جذب همان طول موجها میل می‌کند.

فرضیه‌ی اجسام سیاه

اگر جسمی تمام نوری را که بر روی آن می‌تابد جذب کند دیگر نوری برای منعکس شدن باقی نمی‌ماند. به این دلیل است که جسم به رنگ سیاه دیده می‌شود. چنین جسمی، جسم سیاه نامیده می‌شود. اگر به چنین جسم سیاهی آنقدر حرارت داده شود تا گداخته شود چه روی خواهد داد؟ بنا بر کشف کیرشهوف باید نوری با تمام طول موجهای ممکن از خود بازتاباند زیرا تمام این طول موجها را در خود جذب کرده است. مشاهده می‌شود که در طیف الکترومغناطیس (سیستمی که تمامی طول موجهای ممکن انرژی را در خود دارد) طول موجهای بخش نامرئی ماورای بنفش بیشتر از طول موجهای بخش مرئی طیف (طول موجهایی که نور مرئی تولید میکنند) هستند.

بنابراین به نظر می‌رسد که اگر جسم سیاهی تمامی طول موجها را از خود بازتاباند، بیشتر نور مربوط به بخش بنفش و ماورای بنفش طیف است.

در دهه‌ی ۱۸۹۰ یک فیزیکدان انگلیسی به نام لرد دیلی معادله‌ی برمبنای طرز عمل موج نور (آن‌گونه که در آن زمان می‌پنداشتند) به دست آورد.

ظاهراً پژوهشهای او نشان می‌داد که هرچه طول موج کوتاهتر باشد، نور بیشتری تابیده خواهد شد. کوتاهترین طول موجهای نور در بخش بنفش و ماورای بنفش طیف قرار دارند. از این رو، از یک جسم سیاه، نور باید بایک تابش سریع بنفش و ماورای بنفش (سیلان بنفش) بیرون آید.

اما سیلان بنفش هرگز مشاهده نشده بود. چرا؟ شاید بدین سبب که هیچ جسم معمولی تمامی نوری را که بر آن می‌تابد، جذب نمی‌کند. در این صورت هیچ شیئی را نمی‌توان جسم سیاه واقعی دانست، اگرچه فیزیکدانان از حیث نظری چنین جسمی را به کار می‌برند. شاید اگر یک جسم واقعاً سیاه وجود داشت، می‌شد سیلان بنفش را مشاهده کرد.

تقریباً در همان زمانی که دیلی معادله‌ی خود را تنظیم کرد، ویلهلم وین فیزیکدان آلمانی گمان کرد که برای ساختن یک جسم سیاه راهی یافته است. برای این کار از اتاقی که یک روزنه‌ی کوچک داشت استفاده کرد. او می‌اندیشید که نور، هر طول موجی که داشته باشد، چون وارد اتاق شود به وسیله‌ی دیوارهای ناهموار درون اتاق جذب خواهد شد. اگر بخشی از نور هم بازتاب بیابد باز به قسمت دیگری از دیوار درونی خورده در آنجا جذب خواهد شد.

هنگامی که نور وارد اتاق شود دیگر چیزی از آن باقی نمی‌ماند که از روزنه بیرون رود. این روزنه یک جذب کننده‌ی کامل نور خواهد بود و از این رو می‌تواند همچون یک جسم سیاه واقعی عمل کند. اگر اتاق را تا آنجا حرارت دهیم که درون آن گداخته شود، در این صورت نوری که از روزنه به بیرون می‌تابد تابش یک جسم سیاه خواهد بود. آیا این نور سیلان بنفش بود؟ متأسفانه خیر. وین به مطالعه‌ی این پرتوها پرداخت و پی برد که هر اندازه طول موجها کوتاه‌تر شود شدت پرتوها بیشتر می‌شود (همانطور که در معادله‌ی دیلی پیش‌بینی شده بود). همیشه یک طول موج ویژه وجود داشت که در آن شدت پرتوها از همه بیشتر بود. اما پس از آن از شدت پرتوها کاسته می‌شد، گرچه کاهش طول موجها همچنان ادامه می‌یافت. هرچه وین اتاق را بیشتر حرارت می‌داد، طول موجها کوتاه‌تر می‌شدند و از شدت پرتوها کاسته می‌شد، اما

دین کوشید تا معادله‌بی به دست آورد که بتواند توضیح دهد که طول موجهای کوتاه و بلند نور چگونه از این «جسم سیاه» می‌تابد، اما نتایج رضایتبخشی به دست نیاورد.

در سال ۱۸۹۹ یک فیزیکدان دیگر آلمانی به نام ماکس پلانک به حل این مسأله دست یازید. او حدس زد که شاید نور تنها به مقادیر معین می‌تابد. او نمی‌دانست که این مقادیر چه اندازه‌اند، از اینرو آن را کوانتا (که مفرد آن کوانتوم است) نامید که از واژه‌ی لاتینی به معنای «چقدر؟» گرفته شده است.

تا آن زمان گمان می‌کردند که همه‌ی شکل‌های انرژی، از جمله نور، تا کوچکترین مقدارهایی که به تصور در آیند، وجود دارند. اما به نظر پلانک چنین نبود. او نظرداد که انرژی نیز، مانند ماده، به صورت ذراتی است که اندازه‌ی معین دارند. بدینسان ذراتی کوچکتر از آنچه که وی آنها را کوانتوم می‌نامید، وجود نداشت. از اینرو کوانتوم‌ها «بسته‌ها»ی انرژی بودند، همان‌گونه که اتم‌ها و مولکول‌ها «بسته‌ها»ی ماده بودند.

پلانک اندیشید که یک کوانتوم انرژی از لحاظ اندازه بر حسب طول موج نور متفاوت است، هرچه طول موج کوتاه‌تر باشد کوانتوم بزرگتر است. او این نظریه را در باره‌ی مسأله‌ی اجسام سیاه به کار برد و نتیجه گرفت که این اجسام امواج نور را به شکل کوانتوم می‌تابانند. برای یک جسم سیاه آسان بود که انرژی کافی برای ایجاد کوانتوم‌های کوچک گرد آورد. از اینرو این جسم به آسانی طول موجهای بلند نور را که به کوانتوم‌های کوچک نیاز داشت، می‌تاباند، اما نمی‌توانست طول موج کوتاه بتاباند مگر آنکه کوانتوم‌های بزرگ گرد آورد. برای یک جسم سیاه به مراتب دشوارتر بود که این کوانتوم‌های بزرگ را فراهم آورد. این بدان می‌ماند که در فروشگاه بزرگی باشید و به شما بگویند هرچه بخواهید می‌توانید بخرید به شرطی که بهای جنس را به پول خرد بپردازید. برای شما آسانست که یک جنس پنج ریالی بخرید، اما بسیار دشوار است که یک جنس ده هزار تومانی را خریداری کنید، زیرا حمل این مقدار پول خرد شاید برای شما ناممکن باشد.

پلانک موفق شد معادله‌بی به دست آورد که بتواند تابش اجسام سیاه را بر حسب کوانتوم‌ها توضیح دهد. معادله‌ی پلانک این مشاهده‌ی دین را تأیید می‌کرد که در یک طول موج خاص، تابش از تمام طول موجهای دیگر شدیدتر

است. در طول موجهای کوتاهتر از آن، برای جسم سیاه دشوار است که کوانتومهای بزرگتر لازم را تولید کند. اما اگر اتاق سیاه را به میزان بیشتری حرارت دهیم، انرژی زیادتری فراهم خواهد شد. از این رو طول موجهای کوتاهتر، که از کوانتومهای بزرگتر تشکیل شده‌اند، می‌توانند بوجود بیایند.

لکن، همواره طول موجی وجود دارد که، حتی برای جسم سیاهی که به شدت حرارت داده شده باشد، بسیار کوتاه است. در این صورت غیر ممکن است که جسم کوانتومهای بسیار بزرگ ایجاد کند.

بنابراین هرگز سیلان بنفش نمی‌تواند وجود داشته باشد. همانند مثال بالا، همیشه چیزی هست که نسبت به مقدار سکه‌های پول خردی که شما می‌توانید همراه خود داشته باشید خیلی گران است.

«نظریه‌ی کوانتوم» پلانک در سال ۱۹۰۰ اعلام شد، اما در آغاز چندان مورد توجه قرار نگرفت. با این همه فیزیکدانان از همانگاه با آغاز به بررسی رفتار عجیب ذرات ریزتر از اتم (اجزاء اتم) زمینه را برای مورد توجه قرار گرفتن نظریه‌ی کوانتوم فراهم آوردند.

برخی از رفتارهای ذرات ریزتر از اتم را با معلومات موجود نمی‌شد توضیح داد. مثلاً چرا هنگامی که نور بر روی بعضی فلزات می‌افتد برخی از اجزاء اتم، که الکترون نامیده می‌شوند، از اتم بیرون می‌روند؟ نور می‌تواند در سطح فلزات، الکترون‌ها را از اتم بیرون راند. اما این الکترون‌ها فقط در صورتی بیرون می‌روند که طول موج نوری که بر روی فلز می‌خورد از یک میزان معین کوتاهتر باشد. این میزان هم به ماهیت فلز بستگی دارد. این پدیده را، که اثر «فتوالکتریکی» می‌نامند فیزیکدانان چگونه می‌باید توضیح دهند؟

در سال ۱۹۰۵ آلبرت اینشتین پاسخ این مسأله را دریافت. او برای توضیح دادن اثر فتوالکتریکی از نظریه‌ی کوانتوم استفاده کرد. بنابه نظر او هنگامی که طول موجهای بلند نور بر روی فلز خاصی می‌افتند، کوانتومهای این طول موجها کوچکتر از آنند که بتوانند الکترون‌ها را بیرون برانند. لکن، هرچه طول موجها کوتاهتر شود، کوانتومها بزرگتر می‌شوند تا آنجا که می‌توانند الکترون‌ها را بیرون برانند.

بدین ترتیب اینشتین توانست توضیح دهد که چرا الکترون تنها هنگامی خارج می‌شود که طول موج نور از میزان معینی کوتاه‌تر باشد.

پاسخ به معمای اثر فتوالکتریکی پیروزی بزرگی برای نظریه‌ی کوانتوم بود و سرانجام هم پلانک و هم انیشتین برای کارهای خود جایزه‌ی نوبل را دریافت کردند.

نظریه‌ی کوانتوم در پژوهشهای مربوط به ساختمان اتم نیز ارزش خود را ثابت کرد. فیزیکدانان به این نتیجه رسیده بودند که اتم از یک هسته‌ی نسبتاً سخت تشکیل شده که برگرد آن یک یا چند الکترون در مسیری دایره‌یی (مدار) در گردش هستند. بنا بر نظریه‌های فیزیکی آن زمان، الکترون‌هایی بایست هنگام گردش به دوره‌سته از خود نور تابانده، انرژی خود را ازدست داده به هسته‌ی اتم فروافتند. اما الکترون‌ها به گردش خود ادامه می‌دادند و به هسته‌ی اتم فرو نمی‌افتادند. آشکار بود که نظریه‌های قدیمی فیزیک قادر به توضیح حرکت الکترون‌ها نیستند.

در سال ۱۹۱۳ فیزیکدان دانمارکی نیلس بود نظریه‌ی کوانتوم را در مورد ساختمان اتم به کار بست. بود گفت الکترون می‌تواند انرژی را تنها به مقدار معین، یعنی به صورت کوانتوم‌های کامل بیرون دهد. در هنگام دادن انرژی، الکترون به مدار تازه‌یی نزدیکتر به هسته‌ی اتم، می‌رود. به همین ترتیب الکترون هنگامی که به مدار تازه‌یی دورتر از هسته می‌رود تنها کوانتوم‌های کامل را جذب می‌کند. الکترون هرگز نمی‌تواند به هسته فروافتد زیرا که نمی‌تواند از آخرین مداری که وضعیت انرژی الکترون اجازه می‌دهد به هسته نزدیکتر شود.

پاسخ و دریافت

فیزیکدانان با در نظر گرفتن مدارهای مجاز توانستند دریابند که چرا هر عنصر فقط طول موجهای معینی از نور را می‌تاباند و چرا همیشه نور جذب شده به همان میزان نور تابانده شده است. به این ترتیب قانون کوپرف، که همه‌ی این ماجرا از آن آغاز شده بود، سرانجام توضیح داده شد.

مکانیک کوانتوم امروزه به حدی اهمیت یافته که آغاز فیزیک نور از سال ۱۹۰۰ می‌دانند - یعنی هنگامی که پلانک نظریه‌ی کوانتوم را اعلام کرد. فیزیک پیش از سال ۱۹۰۰ را فیزیک کلاسیک می‌نامند. نظریه نسبتاً ساده‌ی پلانک موفق شد که جهت علم ماده و حرکت را یکسره دگرگون کند.



۱۲

بقراط و پزشکی

معجزه‌ی زندگی چه عجیب و موجودات زنده چه شگفت‌انگیزند! کوچکترین گیاهان یا جانوران پیچیده‌تر و مرموزتر از بزرگترین توده‌ی قابل تصور ماده‌ی بیجان به نظر می‌آیند.

از این گذشته چنین به نظر می‌رسد که ماده‌ی بیجان در بیشتر مواقع کاری انجام نمی‌دهد، اگر هم انجام دهد این کار را به شکلی مکانیکی و نه چندان جالب انجام می‌دهد. فرض کنید سنگی در وسط جاده افتاده است. اگر کسی به آن کاری نداشته باشد، سنگ برای همیشه همانجا خواهد ماند. اگر با پا به آن بزنید سنگ حرکت می‌کند و سپس در جای دیگر می‌ایستد. اگر پای خود را محکم‌تر به سنگ بزنید، سنگ بیشتر حرکت می‌کند. اگر آن را به هوا پرتاب کنید در يك مسیر منحنی حرکت کرده به زمین می‌افتد، و اگر آن را با پتک بکوبید خرد خواهد شد.

با کمی تجربه می‌توانید درست پیش‌بینی کنید که وقتی کار خاصی با سنگ انجام دهید، برای سنگ چه پیش

خواهد آمد. می‌توانید برحسب رابطه‌ی علت و معلول آنچه را که برای سنگ اتفاق می‌افتد شرح دهید. هرکار خاصی روی سنگ انجام شود (علت) واقع‌ی خاصی برای سنگ اتفاق می‌افتد (معلول). این عقیده که يك علت معین، همیشه همان معلول خاص را به دنبال دارد به نظریه‌ی می‌رسد که آن را «نظریه‌ی مکانیکی» یا «مکانیسم» می‌نامند. (به فصل هشتم مراجعه شود).

دنیای پیش‌بینی‌کردنی

حتی جسم عظیمی مانند خورشید هرروز به طور مکانیکی طلوع و هرعصر به طور مکانیکی غروب می‌کند. اگر با دقت به مشاهده‌ی خورشید بپردازید می‌توانید به طور دقیق پیش‌بینی کنید که در تمام روزهای سال، خورشید چه هنگام طلوع و چه هنگام غروب خواهد کرد و نیز از چه قسمت‌هایی از آسمان خواهد گذشت. مردم روزگار گذشته برای پیش‌بینی حرکات خورشید و سایر اجسام آسمانی قواعدی تنظیم کردند که هیچ وقت خلاف آن دیده نشده است. در حدود ۶۰۰ سال قبل از میلاد، تالس فیلسوف بزرگ یونان و پیروانش این عقیده را ابراز کردند که قانون طبیعی علت و معلول به تنهایی برای شناخت طبیعت کافی است. با وجود چنین قوانینی، تصور اینکه ارواح و شیاطین بر جهان حکومت می‌کنند، دیگر ضرورتی نداشت.

اما آیا قوانین طبیعی می‌توانند در مورد موجودات زنده نیز صادق باشند؟ آیا موجودات زنده قوانین خاص خود ندارند و اغلب از قانون علت و معلول سرپیچی نمی‌کنند؟

واکنش ناهعلوم

فرض کنیم که شما یکی از دوستانتان را هل دهید. ممکن است او زمین بیفتد و یا تعادل خود را حفظ کند. پس از اینکه او را هل دادید ممکن است بخندد و یا اسم شما را صدا کند و یا اینکه در عوض او هم شما را هل بدهد. یا اینکه با عصبانیت بخواهد کتکتان بزند و یا برای مدتی انتظار بکشد تا بعداً حساب شما را برسد. به عبارت دیگر يك موجود زنده ممکن است واکنش‌های گوناگونی در برابر يك علت معین از خود بروز دهد. این عقیده که موجودات زنده از قوانینی که بر جهان بیجان حاکم است، اطاعت نمی‌کنند دیتالیسم نامیده می‌شود. هم چنین توجه کنید که بعضی از مردم دارای توانایی‌های غیرعادی هستند. چرا يك نفر می‌تواند شعرهای خوب بگوید و کس دیگری نمی‌تواند؟ چرا يك نفر رهبری هوشیار یا سخنوری

از سوی دیگر به نظر می رسد که همه ی مردم در اساس مانند یکدیگرند. همه ی آنها دست و پا، گوش و چشم و قلب و مغز دارند. پس چه چیزی باعث تفاوت میان آدم های غیر عادی و آدم معمولی می شود؟ در نظر مردم روزگار باستان، آدم های غیر عادی را ارواح یا فرشتگان نگهبان حمایت می کردند. یونانیان چنین ارواحی را دایمون می نامیدند، و این بعدها در انگلیسی به دیمون (به معنی دیو و شیطان) تبدیل شد. هنوز هم انگلیسی ها به کسی که زیاد کار می کند «شیطان زده» می گویند. نظیر چنین اصطلاح هایی در زبانهای مختلف به فراوانی وجود دارد.

طبیعتاً انتظار می رفت که ارواح و شیاطین همانگونه که به انسان نیکی می کنند بدی نیز بکنند. اگر شخصی بیمار می شد، مردم قدیم می گفتند که شیطان در جسم او رفته است. این اعتقاد موقعی راسخ تر می شد که شخص حرف های ابلهانه می زد و کارهای دیوانه وار می کرد. هیچ کس از روی اختیار کارهای ابلهانه انجام نمی دهد؛ بنابراین مردم شیطان را که در جسم آن شخص رفته بود، سرزنش می کردند. بدین ترتیب در جامعه های ابتدایی گاهی با کسانی که از نظر روانی بیمار بودند با ترس و احترام رفتار می شد، زیرا چنین تصور می کردند که دست یک موجود فوق طبیعی او را لمس کرده است.

بیماری مقدس

هم چنین تصور می شد بیماری صرع، که اینک ما می دانیم نوعی اختلال در مغز است، به وسیله ارواح به وجود آمده است. شخص که دچار این اختلال باشد گاهی برای چند دقیقه مهار بدن خود را از دست می دهد. در این صورت ممکن است شخص به زمین بیفتد (به این دلیل این بیماری را در مغرب زمین «بیماری افتادن» می نامیدند)، دست و پا بزند و غیره. پس از آن شخص بیمار از آنچه که برایش اتفاق افتاده تنها اندکی به خاطر می آورد. مردم قدیم که شاهد این جریان بودند با اطمینان می گفتند که به چشم خود شیطان را که وارد جسم بیمار شده و او را از پا انداخته دیده اند. بدین ترتیب یونانیان مرض صرع را «بیماری مقدس» می نامیدند.

تا زمانی که مردم با دیده ی غیر علمی به بیماری می نگریستند، روش مداوای آن نیز ناگزیر به همان اندازه غیر علمی بود. سرگرم کردن و یا ترسانیدن شیطان ها درست ترین روش مداوای بیماری به شمار می رفت. هنوز هم در قبال

بدوی «جادوگر پزشك» برای خارج کردن ارواح بدکار از بدن بیمار به جادوگری و انجام مراسم باطل کردن افسون می‌پردازند. این مردم معتقدند که به محض خارج شدن ارواح بدکار از بدن، بیمار شفا می‌یابد. یونانیان يك خدای پزشکی به نام اسکلیپوس داشتند و کشیشهای اسکلیپوس پزشك بودند. در جزیره یونانی کاس در دریای اژه (درست در کناره ی شرقی ترکیه ی کنونی) يك معبد مهم اسکلیپوس قرار داشت. در حدود ۴۰۰ سال پیش از میلاد مسیح بزرگترین پزشك جزیره ی کاس مردی به نام بقراط بود.

عقاید بقراط برای یونانیان نازکی داشت ، زیرا او به جای اینکه از شیطان درون جسم بیمار نگران باشد ، معتقد بود که باید بیمار را معالجه کرد. او نخستین کسی نبود که چنین عقیده یی داشت. از قرار معلوم تمدنهای قدیم بابل و مصر هم پزشکان زیادی داشتند که به این نکته معتقد بودند، و مطابق یکی از افسانه ها بقراط در مصر تحصیل می کرده است. اما تنها کارهای او و تنها نام اوست که در خاطره ها باقی مانده است.

يك مكتب معقول

بقراط يك مكتب فکری به وجود آورد که قرن ها ادامه داشت. پزشکان مكتب او در معالجه ی بیماران از عقل سلیم استفاده می کردند. آنها دارو، وسایل و نظریه های امروزی را نداشتند، اما دارای عقل سلیم و توانایی مشاهده ی دقیق بودند. پیروان بقراط معتقد بودند که پزشکان باید خودشان و بیمارانشان را پاکیزه نگاهدارند. آنها عقیده داشتند که بیمار باید از هوای تازه، محیط راحت و آسوده و برنامه ی متعادل و ساده ی غذایی برخوردار باشد. آنها قاعده های معقولی برای بند آوردن خون، پاك کردن و معالجه ی زخم و جانداختن استخوان ها و غیره به وجود آوردند. آنها از هرگونه زیاده روی خودداری کردند و همه ی مراسم جادویی را به دست فراموشی سپردند.

نوشته های تمامی مكتب بقراط با یکدیگر در هم شده و دقیقاً نمی توان گفت هر بخش را چه کسی نوشته و یا در چه زمانی نوشته است. معروفترین نوشته ی مكتب بقراط سوگندنامه یی است که پزشکان این مكتب، هنگامی که می خواستند پس از پایان تحصیل حرفه ی خود را آغاز کنند، ادا می کردند. چون این سوگند دارای بالاترین آرمانهای حرفه ی پزشکی است ، هنوز هم از آن همچون راهنمایی برای پزشکان استفاده می کنند و دانشجویان دانشکده ی پزشکی، هنگامی که تحصیل خود را به پایان می رسانند، این سوگند را ادا می کنند. با این همه، سوگند بقراطی را خود بقراط ننوشته است.

درست‌ترین گمان در این باره اینست که استفاده از آن در حدود سال ۲۰۰ بعد از میلاد، یعنی شش قرن پس از دوران زندگی بقراط، معمول شده است. آیا نوشته‌یی وجود دارد که بتوان آن را از خود بقراط دانست؟ در میان قدیمی‌ترین نوشته‌های این مکتب رساله‌یی است که احتمالاً خود بقراط آن را نوشته است. عنوان این رساله «در باره‌ی بیماری مقدس» است و در آن از بیماری صرع سخن رفته است.

شیطان‌ها کنار گذاشته میشوند

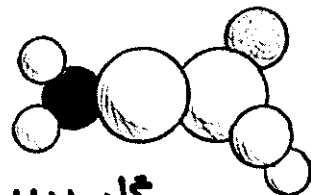
در این رساله به‌طور جدی گفته می‌شود که سرزنش شیاطین به خاطر بیماری کار بی‌سود و بی‌فایده‌یی است. هر بیماری يك علت طبیعی دارد و وظیفه‌ی پزشك این است که آن علت را پیدا کند. هنگامی که علت شناخته شد آنگاه ممکن است علاج آن نیز پیدا شود. این رساله می‌گوید که این موضوع حتی در مورد بیماری مرموز و ترسناك صرع نیز صادق است. صرع به هیچ روی يك بیماری مقدس نیست، بلکه يك بیماری مانند همه‌ی بیماری‌های دیگر است در حقیقت تمامی آنچه رساله می‌گوید این است که نظریه‌ی علت و معلول در مورد موجودات زنده، که انسان هم جزئی از آن است، نیز صادق می‌کند. چون موجودات زنده بسیار پیچیده هستند، ممکن است پیدا کردن رابطه‌ی علت و معلول در آنها به سادگی میسر نباشد، اما سرانجام این کار شدنی است و باید انجام گیرد.

با اینهمه دانش پزشکی مجبور بود بر ضد اعتقاد عمومی به شیاطین و ارواح بدکار و استفاده از مراسم جادویی و افسون برای مداوا، تا قرن‌ها بعد، مبارزه کند اما عقاید بقراط هرگز یکسره فراموش نشد.

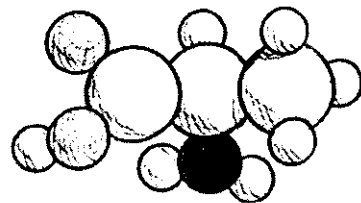
بقراط را به علت عقایدی که در مورد مداوای بیماران ابراز کرده است، اغلب پدر دانش پزشکی می‌نامند. در واقع مقام او از این هم بالاتر است. او مفهوم قوانین طبیعی را در مورد موجودات زنده به کاربرد و بدین ترتیب اولین گام بزرگ را بر ضد «ویتالیسم» برداشت. از زمانی که قوانین طبیعی در مورد حیات به کار رفت دانشمندان توانستند حیات را به شیوه‌یی منظم و روشدار مطالعه کنند. بنابراین، عقاید بقراط بوجود آمدن دانش زیست‌شناسی را ممکن ساخت و بدین ترتیب می‌توان او را پدر زیست‌شناسی نیز به حساب آورد.



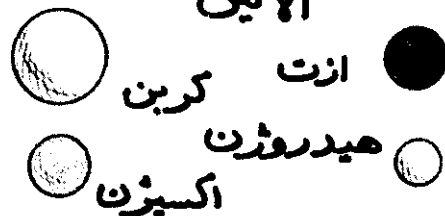
دو مولکول اسید آمینه



گلیسین



آلانین



۱۳

وهلر و شیمی آلی

در سال ۱۸۲۸ بود که شیمیدان جوان آلمانی فردریک وهلر رشته‌ی مورد علاقه‌ی خود را پیدا کرد — و آن مطالعه در باره‌ی فلزات و مواد معدنی بود. این مواد به رشته‌ی شیمی غیر آلی، که ظاهراً هیچ ارتباطی با زندگی نداشت، مربوط بود. رشته‌ی دیگری به نام شیمی آلی نیز بود که به مواد شیمیایی که در بافت‌های گیاهان و جانوران وجود داشت، مربوط می‌شد.

شیمیدان سوئدی یونز برذلیوس، که معلم وهلر بود، شیمی را به این دو دسته تقسیم کرده بود. علاوه بر این برذلیوس معتقد بود که نمی‌توان در آزمایشگاه از مواد شیمیایی غیر آلی، مواد شیمیایی آلی درست کرد. به نظر او این مواد تنها در بافت زنده به وجود می‌آمدند زیرا به یک نیروی حیاتی احتیاج داشتند.

برزلیوس معتقد به نظریه‌ی ویتالیزم بود (به فصل ۱۲ مراجعه کنید). او گمان داشت که ماده‌ی زنده از یک رشته قوانین طبیعی پیروی می‌کند که با قوانین مربوط به ماده‌ی بی جان تفاوت دارد. بیش از دو هزار سال پیش از آن بقراط گفته بود که قوانین طبیعی، که در مورد هردوی این مواد عمل می‌کنند، یکسان است. اما پذیرش این نظر هنوز دشوار بود، زیرا بافت زنده پیچیده بود و به سادگی نمی‌شد چگونگی کار آن را فهمید. از این رو بسیاری از شیمیدانان اطمینان داشتند که روشهای ساده‌ی آزمایشگاهی نمی‌تواند برای توضیح دادن مواد پیچیده‌ی موجود در اعضای زنده‌ی کاری از پیش برد.

بدین ترتیب وهلر روی مواد شیمیایی غیرآلی کار می‌کرد، و هرگز خواب آن را هم نمی‌دید که به زودی در زمینه‌ی شیمی‌آلی انقلابی برپا خواهد کرد. تمام ماجرا از یک ماده‌ی شیمیایی به نام «آمونیم سیانات» آغاز شد. این ماده، هنگامی که وهلر آن را حرارت داد، به ماده‌ی دیگری تبدیل شد. وهلر برای شناختن این ماده‌ی جدید خواص آنرا مورد مطالعه قرار داد. ضمن اینکه این ماده را با عامل‌های مختلف آزمایش می‌کرد، به تعجبش افزوده می‌شد. او برای محکم‌کاری آزمایش خود را چندین بار تکرار کرد، اما نتیجه همیشه یکسان بود. آمونیم سیانات، که یک ماده‌ی غیرآلی است، به «اوره» که یک ترکیب کاملاً شناخته شده‌ی آلی است، تبدیل شده بود. وهلر کاری کرده بود که برزلیوس آن را غیرممکن می‌پنداشت. او تنها با حرارت دادن یک ماده‌ی غیرآلی، یک ماده آلی درست کرده بود.

کشف شگفتی‌انگیز وهلر الهام بخش شیمیدانان دیگر شد و آنان کوشیدند تا از ترکیبات غیرآلی، ترکیبات آلی بسازند. در دهه‌ی ۱۸۵۰ یک شیمیدان فرانسوی به نام پییر اوژن مارسدن برتولو دهها نوع از چنین ترکیباتی درست کرد. در همین زمان یک شیمیدان انگلیسی به نام ویلیام پریکین مشغول ساختن ماده‌ی بی بود که از لحاظ خواص شبیه به ترکیبات آلی بود، اما در قلمروی حیات در هیچ‌جا یافت نمی‌شد. به دنبال اینها دهها هزار از این ترکیبات مصنوعی ساخته شد.

اینک شیمیدانان می‌توانستند ترکیباتی بسازند که تنها طبیعت در بافت زنده درست می‌کرد. از این گذشته آنها می‌توانستند ترکیبات دیگری از همان نوع بسازند که بافت زنده قادر به تولید آنها نبود.

با این همه، این حقایق نظریه‌ی «ویتالیزم» را از میان برنداشت. طرفداران این نظریه می‌گفتند اگرچه شیمیدانان

می‌توانند همان ترکیباتی را بسازند که بافت‌زنده می‌سازد، اما دشوار بتوانند این کار را به شیوه‌یی که بافت‌زنده انجام می‌دهد؛ صورت دهند. بافت‌زنده مواد خود را در شرایط حرارت ملایم و تنها با رقیق‌ترین مواد درست می‌کند. شیمیدان باید از حرارت بسیار زیاد یا فشار و یا مواد شیمیایی قوی استفاده کند. اما شیمیدانان می‌دانستند که چگونه می‌توان واکنشهای خاصی را که، معمولاً به حرارت زیاد نیاز دارد، در حرارت معمولی اتفاق وجود آورد. راه آن استفاده از یک عامل واسطه یعنی کاتالیزور بود. مثلاً گرد پلاتین موجب می‌شود که هیدروژن هنگام مخلوط شدن با هوا مشتعل شود. بدون پلاتین، برای ایجاد این واکنش، می‌باید از حرارت استفاده کرد.

کاتالیزورهای حیاتی

بنابراین روشن بود که بافت‌زنده می‌باید دارای کاتالیزور باشد، اما اینها کاتالیزورهایی بودند که انسان آنها را نمی‌شناخت. کاتالیزورهای بافت‌زنده فوق‌العاده مؤثر بودند. مقدار بسیار اندکی از آنها واکنشهای بزرگی ایجاد می‌کرد. اما این کاتالیزورها بر روی مواد خاصی اثر می‌گذاشتند. وجود آنها باعث می‌شد که تنها مواد خاصی تغییر کنند، درحالی که مواد همانند آنها تأثیری نمی‌پذیرفتند همچنین کاتالیزورهای حیاتی به آسانی از جریان کار خارج می‌شدند. حرارت، مواد شیمیایی قوی و یا مقدار بسیار کمی از فلزات یا مواد دیگر، معمولاً کار آنها را برای همیشه متوقف می‌کردند.

این کاتالیزورهای حیاتی «مخمر» نامیده می‌شوند. معروفترین نمونه‌ی آن، مخمرهای موجود در سلولهای ریز خمیرمایه‌ی نان است. از آغاز تاریخ، انسان برای ساختن شراب از آب میوه، و برای درست کردن نانهای نرم و پفکی، از این مخمرها استفاده کرده است.

در سال ۱۷۵۲ یک دانشمند فرانسوی به نام دنده دو (نومود) مقداری شیرهی معده یک باز را به دست آورد و نشان داد که این شیرهی می‌تواند گوشت را حل کند. اما چگونه؟ این شیرهی یک ماده زنده نبود.

شیمیدانان با بی‌اعتنایی شانه‌های خود را بالا انداختند. جواب، خیلی ساده به نظر می‌رسید. دو نوع مخمر وجود داشت. یک نوع از آن، برای هضم غذا، در کنار سلولهای زنده فعالیت می‌کرد. این را مخمر غیرآلی می‌خواندند. نوع دیگر مخمر آلی بود که تنها در داخل سلولهای زنده فعالیت می‌کرد. مخمرهای موجود در خمیرمایه، که قندیانشسته را تجزیه کرده شراب می‌ساختند یا نان را ورآمده می‌کردند، از انواع مخمرهای آلی بودند.

در نیمه‌ی دهه‌ی ۱۸۰۰ در اثر کارهای وهلر و دیگران نظریه‌ی قدیمی «ویتالیسم» بی‌اعتبار شد، اما شکل تازه‌ی از نظریه‌ی مزبور جانشین آن گردید.

هواداران نظریه‌ی تازه‌ی ویتالیسم می‌گفتند که جریان‌ات حیاتی تنها در نتیجه‌ی عمل مخمرهای آلی، که تنها می‌توانند در داخل سلولهای زنده وجود داشته باشند، صورت می‌گیرد. آنها می‌گفتند مخمرهای آلی در واقع «نیروی زندگی» هستند.

در سال ۱۸۷۶ یک شیمیدان آلمانی به نام ویلهلم کیونه اصرار ورزید که شیرهای معدی را نباید مخمر غیر-آلی نامید. واژه‌ی «مخمر» آنقدر با حیات بستگی داشت که ممکن بود این تصور را پیش آورد که یک جریان زنده در خارج از سلول به وقوع می‌پیوندد. در عوض کیونه پیشنهاد کرد گفته شود که شیرهای معدی دارای آنزیم است. واژه‌ی «آنزیم» که از یک اصطلاح یونانی به معنای «درون خمیرمایه» گرفته شده، از این رو مناسب به نظر می‌رسید که شیرهای معدی تا اندازه‌ی مانند مخمرهای درون خمیرمایه عمل می‌کرد.

دست کشیدن از نظریه‌ی ویتالیسم

نظریه‌ی جدید ویتالیسم را می‌باید مورد آزمایش قرار داد. اگر مخمرها فقط در داخل سلولهای زنده فعالیت می‌کردند در این صورت هر چیز که سلول را می‌کشت می‌بایست مخمر را نیز نابود کند. مسلماً هنگامی که سلولهای خمیرمایه می‌مردند از تخمیر کردن باز می‌ایستادند. اما شاید آنها به طور قطع نمی‌مردند. معمولاً آنها به وسیله‌ی حرارت یا مواد شیمیایی قوی، کشته می‌شدند. آیا چیز دیگری می‌توانست جانشین این دو شود؟

این فکر به خاطر یک شیمیدان آلمانی به نام ادوارد بوخنر خطور کرد که سلولهای خمیرمایه ممکن است در اثر ساییدن آنها باشن کشته شوند؛ بدین ترتیب که قطعات ریز و سخت شن سلولهای کوچک را پاره کرده آنها را نابود کنند. بدین ترتیب مخمرهای درون سلول در معرض حرارت و یا مواد شیمیایی قرار نمی‌گرفتند. آیا اصولاً مخمرها از میان خواهند رفت؟

در سال ۱۸۹۶ بوخنر خمیرمایه را سائیده و آن را از صافی گذراند. او شیرهای به دست آمده را با میکروسکوپ بررسی کرد و مطمئن شد که حتی یک سلول مخمر زنده در آن وجود ندارد. این فقط یک شیرهای «مرده» بود. سپس او مقداری

محلول شکر به آن اضافه کرد. حبابهای کربن دی اکسید فوراً از آن بیرون آمد و شکر به تدریج تبدیل به الکل شد. اینک شیمیدانان می دانستند که شیرهی «مرده» می تواند کاری را انجام دهد که قبلاً بدون وجود سلولهای زنده، غیر ممکن به نظر می رسید.

این بار حقیقتاً نظریهی ویتالسم درهم شکست. همه ی مخمرها، چه در داخل و چه در خارج سلول، مثل هم بودند. از آن پس «آنزیم» - واژه یی که کیونه تنها برای مخمرهای خارج سلول به کار برده بود - در مورد همه ی مخمرها به کار رفت. بنابر این تا قرن بیستم اغلب شیمیدانان معتقد شده بودند که هیچ نیروی مرموزی در داخل سلول زنده وجود ندارد. هر جریانی که در داخل سلول زنده به وقوع می پیوندد به وسیله ی مواد شیمیایی معمولی صورت می گیرد و اگر از روشهای دقیق و ظریف آزمایشگاهی استفاده شود می توان همین فعل و انفعالات شیمیایی موجود زنده را درون لوله ی آزمایش نیز به وجود آورد.

جدا کردن يك آنزیم

با این همه دانشمندان می باید معلوم کنند که آنزیم ها از چه موادی درست شده اند. اما آنزیم ها به صورت چنان ذرات کوچکی بودند که جدا کردن و شناخت آنها تقریباً ناممکن بود.

در سال ۱۹۲۶ جیمز سامنر، دانشمند آمریکایی، راه را نشان داد. او مشغول بررسی آنزیم موجود در شیرهی لوبیای خیس شده بود. وقتی بلورهایی در شیره پیدا شد سامنر آنها را جدا کرد. وقتی بلورها را به صورت محلول درآورد آنها يك واکنش آنزیمی بسیار فعال بوجود آوردند. هر چیزی که ساختمان مولکولی بلورها را خراب می کرد، فعالیت آنزیم را نیز از میان می برد. سامنر نمی توانست کار آنزیم را از بلورها جدا سازد.

سامنر چنین نتیجه گرفت که بلورها آنزیم هستند. این برای نخستین بار بود که يك آنزیم به صورتی دیدنی و بسیار روشن به دست آمد. آزمایشهای بعدی ثابت کرد که بلورها از «پروتئین» تشکیل شده اند. از آن به بعد آنزیمهای بسیاری را به صورت بلور درآوردند، و ثابت شد که بدون استثناء همه ی آنها پروتئین هستند.

يك رشته از اسیدها

پروتئین يك ساختمان مولکولی دارد که اینک به خوبی شناخته شده است. در قرن نوزدهم معلوم شد که

پروتئین از بیست نوع مختلف اجزاء کوچکتر به نام «اسیدهای آمینه» تشکیل شده است. در سال ۱۹۰۷ یک شیمیدان آلمانی به نام امیل فیشر نشان داد که چگونه اسیدهای آمینه، در یک مولکول پروتئین به دنبال هم قرار گرفته اند.

در دهه های ۱۹۵۰ و ۱۹۶۰ عده یی از شیمیدانان، به ویژه یک شیمیدان انگلیسی به نام فردریک سانجر موفق شدند مولکولهای پروتئین را از هم جدا کنند. از این راه آنان توانستند به طور دقیق معلوم کنند که هر یک از اسیدهای آمینه در کجای مولکول قرار دارند. علاوه بر این بعضی مولکولهای ساده ی پروتئین را به طور مصنوعی در آزمایشگاه ساختند.

بدین ترتیب نظریه ی قراط، که با ویتالیسم مخالف بود، پس از یک قرن و نیم کاردشوار علمی تأیید شد. این پی جویی دقیق برای کشف حقیقت، جریان حیات یک سلول را روشن کرد و نشان داد که اجزای یک سلول تنها از مواد شیمیایی تشکیل شده اند نه از «مخمرها» با نیروهای «حیاتی» دیگر. بدینسان از زمان وهلر تا زمان سانجر دانشمندان ثابت کردند که قوانین طبیعی جهان هم بر ماده ی زنده و هم بر ماده ی بیجان، حکومت می کنند.



۱۴

لینائوس و طبقه‌بندی

شاید بانفوذترین فکر علمی در تاریخ جهان از آن فیلسوف یونانی، ارسطو (۳۸۴ ق.م - ۳۲۲ ق.م) باشد. ارسطو، احتمالاً معروفترین شاگرد آکادمی افلاطون در آتن بود. چند سال بعد از مرگ افلاطون، که در سال ۳۴۷ ق.م اتفاق افتاد، ارسطوبه سرزمین مقدونیه، در شمال یونان، جایی که پدرش پزشک دربار بود، رفت. در آنجا سال‌های زیادی را در راه تعلیم اسکندر، شاهزاده‌ی جوان مقدونی، که بعدها اسکندر کبیر نام گرفت، صرف کرد.

هنگامی که اسکندر به جهانگشایی پرداخت، ارسطوبه آتن برگشت و خود مدرسه‌ی رابنیاد نهاد. آموزش‌های او در مجموعه‌ی گرد آمد که می‌توان آن را یک دایرةالمعارف تقریباً یک نفره از اندیشه و دانش قدیم دانست. بسیاری از این کتاب‌ها از دستبرد حوادث مصون ماندند و نزدیک به دوهزار سال، آخرین کلام در اندیشه‌ی علمی به‌شمار می‌آمدند.

عقاید ارسطو، به ویژه نظراتش در باره طبیعت جهان، حرکت اجسام، و مانند این‌ها تأثیر زیادی بر افکار دانشمندان بعدی داشت (به فصل ۴ و ۷ مراجعه کنید)، و با این حال نظرهای او در زمینه علوم فیزیکی، معمولاً نادرست بود.

عقاید ارسطو در مورد زیست‌شناسی تأثیر کمتری به جا گذاشت، اما او عملاً در این رشته ورزیدگی بیشتری داشت. علوم طبیعی موضوع مورد علاقه‌ی ارسطو بود و او چند سال از عمر خود را صرف مطالعه در باره‌ی جانوران دریایی کرد.

ارسطو تنها به مشاهده‌ی جانوران و توصیف آن‌ها قانع نبود. او با ذهن روشن خود، و عشقی که به نظم می‌ورزید، با فراتر گذاشت و جانوران را به گروه‌های مختلف طبقه‌بندی کرد.

همه‌ی ما به طبقه‌بندی چیزها علاقه داریم. می‌توانیم ببینیم که شیرها و ببرها شباهت زیادی به یکدیگر دارند، گوسفندها شبیه بزها و مگس‌های خانگی شبیه خرمگس‌ها هستند. اما ارسطو به این مشاهدات اتفاقی قناعت نمی‌کرد. او پس از صورت‌برداری از بیش از پانصد نوع حیوان، آن‌ها را به دقت در رده‌های مختلف دسته‌بندی کرد. مهم‌تر آن که او این رده‌ها را از ساده‌ترین آن‌ها، تا پیچیده‌ترین‌شان به ترتیب منظم ساخت.

ارسطو متوجه شد که بعضی از جانوران، که ظاهراً شبیه به جانوران یک رده‌اند، به آن رده تعلق ندارند. مثلاً تقریباً همه مسلم می‌دانستند که دلفین یک نوع ماهی است. دلفین در آب زندگی می‌کند و شبیه ماهی است. اما ارسطو مشاهده کرد که دلفین هوا تنفس می‌کند و بچه می‌زاید. از این جهت دلفین به جانوران چهارپای روی زمین شباهت داشت، بنابراین ارسطو دلفین را بیشتر پستاندار به حساب آورد تا ماهی.

نظر ارسطو کاملاً درست بود، اما طبیعت‌دانان مدت دو هزار سال به نتیجه‌یی که او به دست آورده بود توجه‌یی نکردند، گویی تقدیر ارسطو چنین بود که چون نادرست می‌گفت، مردم سخنش را بپذیرند و چون درست می‌گفت، نپذیرند. طبیعی‌دانانی که بعد از ارسطو پیداشدند کوشش‌های او را در طبقه‌بندی جانوران، دنبال نکردند. در زمان باستان و در قرون میانه کتاب‌هایی که در باره‌ی جانوران نوشته می‌شدند آن‌ها را به اشکال گوناگون طبقه‌بندی می‌کردند و به‌امکان

طبقه بندی آن‌ها براساس همانندی جسمی توجهی نداشتند.

با این همه در دهه‌ی نخستین قرن شانزدهم طبیعی‌دانان برای نخستین بار پس از ارسطو به کوشش‌هایی برای طبقه بندی جانوران دست زدند. اما این کوشش‌ها چندان فراگیر نبود. مثلاً یکی از طبیعی‌دانان تمام گیاهانی را که برگ‌های نازک داشتند در یک گروه جمع‌آوری می‌کرد و دیگری همین کار را با گیاهانی که دارای گل‌های زرد بودند، انجام می‌داد. نخستین طبیعی‌دانی که این کار را به دقت ارسطو انجام داد، یک انگلیسی به نام جان‌دای بود. او در اروپا به مسافرت پرداخت و گیاهان و جانوران را مطالعه کرد. از سال ۱۶۶۷ تا ۳۵ سال بعد از آن، او کتاب‌هایی منتشر کرد که در آن‌ها گیاهان و جانورانی که درباره شان مطالعه کرده بود توصیف و طبقه بندی شده بود.

دای طبقه بندی پستانداران را با تقسیم آن‌ها به دو گروه عمده، پنجه‌داران و سم‌داران، آغاز کرد. سپس در این طبقه بندی به تقسیمات کوچکتر پرداخت - بر حسب تعداد سم‌ها یا انگشتان و بر حسب اینکه انگشتان چنگال مانندند یا ناخن دارند، و این که آیا یک جانور سم‌دار دارای شاخ‌های دائمی و یا شاخهایی است که خواهند افتاد. بنابراین و مفهوم نظم را، که ارسطو به قلمرو حیات آورده بود، دوباره برقرار کرد.

هنگامی که دای راه را نشان داد، طبیعی‌دانان به زودی از ارسطو پیشی گرفتند. در سال ۱۷۳۵ یک طبیعی‌دان جوان سوئدی به نام کادلین لینه کتاب کوچکی منتشر کرد که در آن مطابق روش خاص خود جانوران گوناگون را صورت برداری کرده بود این دانشمند بیشتر به شکل لاتینی اسم خود، کادلوس لینائوس مشهور است. او کار خود را براساس سفرهای دور و دراز در اروپا قرار داد، (از جمله مناطقی شمالی که تا آن زمان به درستی کاوش نشده بود).

لینائوس به گونه‌ی مختصر و روشن هر «گونه» گیاه یا جانور را شرح داده است. او هر مجموعه از گونه‌های همانند را به صورت یک «جنس» طبقه بندی کرد. سپس برای هر نوع گیاه یا جانور دو نام لاتینی برگزید: یکی برای جنس و دیگری برای گونه‌ی آن.

مثلاً گربه و شیر دو گونه‌ی مختلف هستند که شباهت زیادی به یکدیگر دارند، اگرچه یکی از آن‌ها بزرگتر و درنده‌تر از دیگری است. از این رو هر دوی آن‌ها از یک جنس، یعنی از جنس «گربه سانان» (به لاتین Felis) هستند. اسم

لاتینی دوم برای تشخیص گریه‌ی معمولی از شیر و از دیگر انواع جانوران جنس گریه، به کار می‌رود. بنابراین گریه *Felis domesticus* است و شیر: *Felis leo*. به همین ترتیب، سگ و گرگ هر دو از جنس *Canis* (سگ) هستند. سگ *Canis familiaris* و گرگ *Canis lupus* نامیده می‌شوند.

لینائوس حتی به انسان‌ها نیز نام لاتینی داد. او انسان را به طور کلی در جنس *Homo* (انسان) قرارداد و گونه‌ی انسان کنونی را *Homo sapiens* (انسان اندیشه‌ورز) نامید.

روش لینائوس را «نامگذاری دواسمی» می‌نامند. ما در عمل برای شناسایی خودمان از روشی مشابه استفاده می‌کنیم. همه‌ی افراد یک خانواده دارای یک نام خانوادگی هستند، اما نام‌های کوچک آن‌ها بایکدیگر فرق می‌کند. کار لینائوس بسیار سودمند بود. برای نخستین بار، طبیعی‌دانان سراسر جهان، برای شناسایی موجودات مختلف روش مشترکی در اختیار داشتند. هر زمان که یک طبیعی‌دان از *Canis lupus* سخن می‌گفت، طبیعی‌دانان دیگر فوراً می‌دانستند که منظور او گرگ است. فرق نمی‌کرد که آنها به چه زبانی صحبت کنند یا در زبان خود آن‌ها گرگ چه نامیده شود. مهمتر از این، آن‌ها می‌دانستند که منظور طبیعی‌دان، نوع خاصی از گرگ، یعنی گرگ خاکستری اروپایی است. مثلاً گرگ آمریکایی که با گرگ اروپایی تفاوت دارد به اسم دیگری (*Canis occidentalis*) نامیده می‌شد. این روش مشترک شناسایی، گام مهمی به جلو بود. انسان هر چه بیشتر در زمین کاوش می‌کرد وقاره‌های تازه‌یی می‌یافت با گونه‌های بیشتری از جانوران برخورد می‌کرد. ارسطو تنها پانصد گونه را صورت برداری کرده بود، حال آن‌که در زمان لینائوس ده‌ها هزار گونه شناخته شده بود.

نخستین چاپ کتاب لینائوس در مورد طبقه‌بندی جانوران تنها هفت صفحه داشت، اما شماره‌های آن در چاپ‌های بعدی افزایش یافت و در چاپ دهم به دوهزار و پانصد صفحه رسید. اگر طبیعی‌دانان در طبقه‌بندی روش یکسانی در پیش نمی‌گرفتند، یک طبیعی‌دان نمی‌توانست بفهمد که طبیعی‌دانان دیگر درباره‌ی کدام گیاه یا جانور بحث می‌کنند، و بدین ترتیب مطالعه‌ی تاریخ طبیعی دچار هرج و مرج و بی‌نظمی می‌شد.

لینائوس پس از طبقه‌بندی جنس و گونه، جنس‌های مشابه را در «سته‌ها» و راسته‌های مشابه را در «ده‌ها» دسته‌بندی کرد. او شش رده‌ی مختلف از جانوران را تشخیص داد: پستانداران، پرندگان، خزندگان، ماهی‌ها، حشرات و

يك زیست‌شناس فرانسوی به نام ژرژ کوویه کار لئینائوس را دنبال کرد. کوویه مشاهده کرد که چهار رده‌ی اول - پستانداران، پرندگان، خزندگان، و ماهی‌ها - همه از مهره‌داران هستند؛ یعنی همه‌شان اسکلت‌های استخوانی دارند. او این جانوران را در گروه بازهم بزرگتری به «شاخه» طبقه‌بندی کرد. کوویه و طبیعی‌دان فرانسوی، ژان باپتیست دو لاهاک، بی‌مهرگان یا جانوران بی‌اسکلت را به چند «شاخه» تقسیم کردند.

همچنین کوویه طبقه‌بندی را در جهت دیگری دنبال کرد. پس از سال ۱۸۰۰ طبیعی‌دانان به مطالعه‌ی صخره‌هایی پرداختند که اثرات یا بقایای سنگ شده‌ای، که به نظری رسید متعلق به موجودات زنده باشد، در آن‌ها وجود داشت. طبیعی‌دانان این اثرات یا بقایا را سنگواره (فسیل) نام گذاشتند. کوویه دریافت که اگر چه سنگواره‌ها شباهت نزدیکی به هیچ يك از انواع موجودات امروزی ندارند، اما درجایی از طرح طبقه‌بندی قرار می‌گیرند.

مثلاً هنگامی که کوویه سنگواره‌بی را که دارای تمام نشانه‌های اسکلت خزندگان بود، مورد مطالعه قرار داد، به این نتیجه رسید که این حیوانات یکی از اعضای رده‌ی خزندگان است. او همچنین توانست از روی استخوان بندی آن بفهمد که این خزنده زمانی بال داشته است. بدین ترتیب کوویه توانست اولین گروه از میان رفته‌ی خزندگان پرنده را تشخیص دهد. چون هریک از بال‌های این سنگواره را يك استخوان بلند انگشت نگه می‌داشت، او نام این موجود را Ptero-dactyl (انگشت - بال) گذاشت.

راهی به سوی نظریه‌ی تکامل

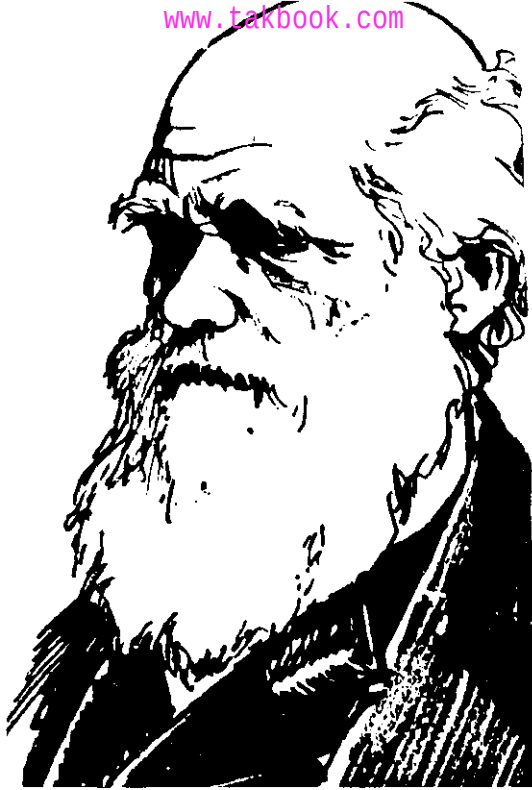
پیروان کوویه به کوشش برای بهتر کردن روش طبقه‌بندی ادامه دادند. لئینائوس جانوران را بیشتر براساس شکل ظاهری آنها گروه‌بندی کرده بود، اما پیروان کوویه برای این کار از ساختمان داخلی جانوران، که در گروه‌بندی اهمیت بیشتری داشت، استفاده کردند.

در نیمه‌ی دهه ۱۸۰۰ روشی برای طبقه‌بندی تمام موجودات زنده به وجود آمد. کاری که ارسطو در گذشته‌ی دور آغاز کرده بود، سرانجام تکمیل شد. هریک از انواع موجودات زنده، یا موجوداتی را که نسل آنها منقرض شده بود، می‌شد در يك مقوله‌ی خاص جای داد. در مورد بعضی چیزهای جزئی ممکن بود اختلاف ظرهابی پیش‌آید، اما طرح

کلی را همه قبول داشتند .

تکامل طبقه بندی، طبیعی دانان را به اندیشه واداشت. این واقعیت که حیات را می توان به این خوبی طبقه بندی کرد، این اندیشه را پیش آورد که می باید اصول زیست شناسی خاصی وجود داشته باشد که در مورد تمام موجودات، هرچقدر هم که با هم متفاوت باشند، صدق کند.

بنابراین، طبقه بندی حیات، این عقیده را پیش آورد که تمام موجودات زنده پدیده ی واحدی هستند . این عقیده به نوبه ی خود به یکی از برجسته ترین اندیشه های بزرگ علمی، یعنی تکامل منجر شد. (به فصل پنجم مراجعه کنید).



۱۵

داروین و تکامل

شیر، گربه یا بونه‌ی گل سرخ، هریک چیزی خاص خود دارند که جانوران و گیاهان دیگر آن را ندارند. هریک از این‌ها گونه‌یی منحصر به فرد از جانور یا گیاه هستند. تنها شیرها می‌توانند شیر بزایند و گربه‌ها می‌توانند بچه‌گربه بیاورند. تنها تخم‌گل سرخ، بونه‌ی گل سرخ به بار می‌آورد نه تخم گیاهی دیگر. با وجود این، ممکن است انواع مختلف از گیاه و یا جانور همانندی‌هایی داشته باشند. مثلاً شیرشباهت زیادی به ببر دارد، اما تنها شیر است که بچه شیر می‌زاید نه ببر.

در واقع تمام قلمرو حیات را به سادگی می‌توان به گروه‌هایی از موجودات مشابه طبقه‌بندی کرد (به فصل چهاردهم مراجعه کنید). هنگامی که دانشمندان برای نخستین بار از این موضوع آگاه شدند، بسیاری از آنان احساس کردند که این همانندی‌ها يك اتفاق نیست. آیا دوگونه جانور از این روبه‌هم شبیه هستند که بعضی از اعضای يك گونه به

گونه‌ی دیگر تبدیل شده‌اند؟ آیا شباهت این دوگونه صرفاً به این علت است که آنها ارتباط نزدیکی باهم دارند؟

بعضی از فیلسوفان یونان امکان وجود ارتباط میان گونه‌ها را حدس زده بودند. اما این حدس آنان بسیار غریب به نظر می‌رسید و کسی بدان گوش نداد. نامحتمل به نظر می‌رسید که بعضی از شیرها زمانی به ببر و یا برعکس بعضی از ببرها به شیر تبدیل شده باشند، و یا این که هردو از نسل جانور گریه مانند دیگری باشند. هرگز کسی ندیده بود که چنین چیزی اتفاق بیفتد. بنابراین اگر چنین چیزی اتفاق افتاده بود، می‌بایست بسیار به کندی صورت گرفته باشد.

در اوایل عصر جدید بیشتر مردم معتقد بودند که زمین تنها شش هزار سال عمر دارد. از این رو وقت کافی برای عوض شدن طبیعت گونه‌های جانوران وجود نداشته است. بنابراین آنها عقیده به تکامل را به عنوان حرفی بی معنی، کنار گذاردند. اما آیا زمین تنها شش هزار سال عمر دارد؟

دانشمندان دهه‌ی ۱۷۰۰ که ساختمان قشرهای سنگی پوسته‌ی زمین را مطالعه می‌کردند به این فکر افتادند که این قشرها تنها می‌توانند در خلال دوران‌های طولانی به وجود آمده باشند. در حدود سال ۱۷۶۰ یک طبیعی‌دان فرانسوی به نام ژوزف بو فون این جسارت را یافت که بگوید زمین احتمالاً حدود هفتاد و پنج هزار سال عمر دارد.

سپس در سال ۱۷۸۵ یک فیزیکدان اسکاتلندی به نام جیمز هاتی از این هم فراتر رفت.

هاتی که مطالعه‌ی تفننی سنگ‌ها را به تدریج به یک شغل تمام وقت تبدیل کرده بود، کتابی به نام فرضیه‌ی زمین منتشر کرد. در این کتاب هاتی برای نشان دادن این که زمین ممکن است واقعاً میلیون‌ها سال عمر داشته باشد، شواهد زیادی آورده و استدلال‌های خوبی کرده بود. او با قاطعیت گفت که اصولاً هیچ نشاندی از آغاز پیدایش زمین ندیده است.

درباز می‌شود

برای نخستین بار به نظر می‌رسید که گفتگو از تکامل ممکن است. اگر زمین میلیون‌ها سال عمر داشته باشد، وقت کافی برای تبدیل بسیار آهسته‌ی جانوران و گیاهان به گونه‌های تازه وجود داشته است، و این تغییر در حقیقت آنقدر کند بوده که انسان در چند هزار سال اخیر، یعنی در طول زندگی متمدن خود، متوجه آن نشده است. اما اساساً چرا باید یک «گونه» تغییر کند، و چرا باید این تغییر در یک جهت خاص باشد، نه در جهت دیگر؟ نخستین کسی که کوشید به این پرسش پاسخ گوید، طبیعی‌دان فرانسوی ژان باپتیست دولا مارک بود.

در سال ۱۸۰۹ او نظریه‌ی تکامل خود را در کتابی به نام فلسفه‌ی جانورشناسی بیان کرد. مطابق این نظریه تغییر موجودات به این علت بود که خود برای این تغییر کوشش می‌کردند، بی‌آنکه بدان آگاهی داشته باشند.

لامارک می‌گفت: مثلاً يك بز کوهی علاقمند به خوردن برگ درختان بود. این جانور با تمام قدرت گردن خود را به بالا می‌کشید تا به برگ درختان برسد، و زبان و پاهای خود را نیز دراز می‌کرد. این کشش‌ها در طول زندگی جانور موجب شد که پاها، گردن و زبان‌ش اندکی درازتر شود. این بز کوهی صاحب بچه‌یی شد که اعضای کشیده‌ی او را به ارث برده بود. بچه‌های این جانور نیز به نوبه‌ی خود به علت این کشش‌ها، اندام‌های بلندتری پیدا کردند. کم‌کم، در طول هزاران هزار سال، درازای اندام‌ها به جایی رسید که آن رسته از بز کوهی به گونه‌ی تازه‌ی تبدیل شد و این گونه‌ی تازه، زرافه بود.

نظریه‌ی لامارک بر اساس اندیشه‌ی تواتر صفات اکتسابی استوار بود. بدین معنی که اگر اندام موجودی در طول زندگی تغییر کند این تغییر به بچه‌ی او منتقل می‌شود. اما دلیلی برای قبول این اندیشه وجود نداشت. در واقع هنگامی که امکان این امر مورد بررسی قرار گرفت به تدریج به نظر رسید که چنین چیزی نمی‌تواند درست باشد. بدین ترتیب عقیده‌ی لامارک مردود دانسته شد.

در سال ۱۸۳۱ يك طبیعی‌دان جوان انگلیسی به نام چارلز داروین به سر نشینان يك کشتی که برای اکتشاف می‌رفتند، پیوست. داروین، درست پیش از حرکت، کتابی درباره‌ی زمین شناسی به قلم يك انگلیسی به نام چارلز لیل، خوانده بود. این کتاب نظر هاتن را درباره‌ی عمر زمین شرح می‌داد. داروین زیر تأثیر این کتاب قرار گرفت.

هنگامی که کشتی به کرانه‌های دوردست رفت و جزایری را که کمتر شناخته شده بودند مورد کاوش قرارداد داروین موقعیتی یافت تا گونه‌هایی از جانوران را، که برای اروپاییان ناشناس بود، مطالعه کند. او به ویژه به زندگی جانوران جزایر گالپاگوس واقع در اقیانوس آرام، در فاصله‌ی ۶۵۰ میلی کرانه‌ی اکوادور، علاقمند شد.

داروین در آن جزایر گمنام چهل گونه‌ی مختلف سهره پیدا کرد. این سهره‌ها بایکدیگر و با سهره‌های کرانه‌ی آمریکای جنوبی تفاوت داشتند. نوك بعضی از آن‌ها برای خوردن دانه‌های ریز و نوك بعضی دیگر برای خوردن دانه‌های درشت متناسب بود. همچنین به نظر می‌رسید که نوك گروهی از آن‌ها برای خوردن حشرات ساخته شده باشد.

داروین حدس زد که تمام سهره‌های مختلف از يك نیای مشترك به وجود آمده‌اند. اما چه چیزی باعث تغییر

آن هاشده است؟ اندیشه‌یی از ذهن داروین گذشت. شاید بعضی از آن‌ها با تفاوت‌های مختصری در نوك هایشان به دنیا آمده‌اند و این خضیصه را به بچه‌هایشان منتقل کرده‌اند. اما داروین در این باره مطمئن نبود. آیا این تغییرات اتفاقی می‌تواند دلیل کافی برای تکامل انواع مختلف موجودات باشد؟

در سال ۱۸۳۸ داروین پاسخ این پرسش را در رساله‌یی در باده‌ی اصول جمعیت یافت. این کتاب را يك كشیش انگلیسی به نام تامس مالتوس در ۱۷۹۸ منتشر کرده بود. مالتوس معتقد بود که جمعیت انسانی همیشه سریع‌تر از تولید مواد غذایی افزایش می‌یابد. بنابراین، چنانچه تعداد انسان‌ها در اثر بیماری و جنگ کم نشود، سرانجام به علت قحطی کاهش خواهد یافت.

روش طبیعت

استدلال مالتوس داروین را زیر تأثیر قرار داد، زیرا در او این اندیشه را به وجود آورد که طبیعت می‌تواند، نه تنها بر جمعیت انسانی بلکه بر سایر انواع موجودات نیز نیروی شگرفی اعمال کند.

بسیاری از موجودات به مقدار زیاد زاد ولد می‌کنند، اما تنها عده‌ی کمی از آن‌ها زنده می‌مانند. داروین چنین اندیشید که به طور کلی موجوداتی که به طریقی برای زندگی متناسب تر هستند، باقی می‌مانند. مثلاً سهره‌هایی که بانوك های اندکی قوی‌تر به دنیا می‌آیند زنده می‌مانند، زیرا بهتر می‌توانند دانه‌های سخت را بخورند. آنهایی که می‌توانند گهگاه حشراتی را هم هضم کنند، بخت بیشتری برای زندگی دارند. نسل بعد از نسل، سهره‌هایی که اندکی بیش از دیگر سهره‌ها استعداد زیستن دارند، جای آن‌هایی را که از استعداد کمتری برخوردارند، می‌گیرند. سهره‌ها ممکن است از طرق مختلف استعداد زیستن داشته باشند، بنابراین در آخر کار انواع بسیار متفاوتی از سهره‌ها، که هر يك در کار خاصی مهارت دارند، بوجود می‌آید.

داروین چنین اندیشید که این جریان انتخاب طبیعی نه تنها در مورد سهره‌ها، بلکه در مورد تمام موجودات، صادق است. انتخاب طبیعی تعیین می‌کند که کدام موجودات به وسیله‌ی از میدان بدر کردن آنهایی که ضعیف تر هستند، زنده خواهند ماند.

داروین سال‌ها روی نظریه‌ی انتخاب طبیعی خود کار کرد. سرانجام در سال ۱۸۵۹ او نظریات خود را در کتابی

به نام «درباره‌ی بنیاد انواع به وسیله‌ی انتخاب طبیعی، یا بقای نژادهای مناسب‌تر در مبارزه برای زندگی» منتشر کرد. در آغاز نظرات داروین توفانی از بحث وجدل برانگیخت. اما شواهدی که به تدریج در طول سال‌ها به دست آمد نکته‌ی اصلی نظریه‌ی او یعنی تغییرات آهسته‌ی انواع از طریق انتخاب طبیعی را تأیید کرد.

نظریه‌ی تکامل، که برای نخستین بار فیلسوفان یونان آن را طرح کردند، و سرانجام چارلز داروین آن را استوار گردانید، تمام اندیشه‌ها را در زمینه‌ی زیست‌شناسی دستخوش انقلاب کرد. بی‌شک نظریه‌ی تکامل مهم‌ترین نظریه در تاریخ زیست‌شناسی امروز است.



۱۶

راسل و تکامل ستارگان

ارسطومی اندیشید که زمین و آسمان‌ها را دو گونه قوانین متفاوت اداره می‌کنند. (به فصل هفتم مراجعه کنید)، او مشاهده می‌کرد که روی زمین حالات متغیری چون تابش خورشید و توفان، رشد و زوال وجود دارد. از سوی دیگر معتقد بود که آسمان‌ها هرگز تغییر نمی‌کنند. خورشید، ماه و سیاره‌ها آنچنان دقیق آسمان را دور می‌زنند که موقعیت آن‌ها را در هر لحظه‌ی خاصی، از مدتی پیش، می‌توان پیش‌بینی کرد. ستارگان هم همیشه به همان صورت در جای خود باقی می‌مانند.

درواقع در آسمان اجسامی وجود دارند که ستارگانی در حال سقوط به نظر می‌آیند. اما به نظر ارسطو این اجسام از آسمان سقوط نمی‌کردند. آن‌ها فقط پدیده‌هایی بودند که در هوا وجود داشتند و هوا هم متعلق به زمین بود. (ما می‌دانیم ستارگانی که سقوط می‌کنند، سنگ‌هایی هستند که از فضای خارج به جو زمین وارد می‌شوند و برخوردی که

این سنگ‌ها با جو پیدا می‌کنند، آن‌ها را سوزان و بورانی می‌کند. بنابراین نظر ارسطو در مورد این ستارگان، هم نادرست و هم درست بود. از این جهت نادرست بود که این سنگ‌ها از آسمان‌ها می‌آمدند، و به این دلیل درست بود که آن‌ها به اجسام واقع در هوای کدری زمین تبدیل می‌شدند. ستارگانی که سقوط می‌کنند، «متنور» نیز نامیده می‌شوند. این واژه از يك واژه یونانی به معنای «اجسام در هوا» گرفته شده است.

در سال ۱۳۴ پیش از میلاد، یعنی دو قرن پس از مرگ ارسطو، هیپادکوس ستاره شناس یونانی، متوجه ستاره‌ی تازه‌یی در صورت فلکی عقرب شد. او در این باره به اندیشه پرداخت. آیا ستارگان می‌توانند متولد شوند؟ آیا اساساً آسمان‌ها تغییر می‌کنند؟ هیپادکوس فکر کرد که شاید مشاهده‌ی او اشتباه است، شاید این ستاره همیشه در همان جا وجود داشته است.

برای اینکه ستاره شناسان آینده اشتباه نکنند هیپادکوس از بیش از هزار ستاره‌ی درخشان نقشه‌ای تهیه کرد. این نخستین نقشه‌ی ستارگان و بهترین آن‌ها در تمام طول هزار و شصت سال بعد بود. با وجود این قرن‌ها چیزی از تولد ستاره‌ی تازه‌ای شنیده نشد.

در سال ۱۰۵۴ بعد از میلاد، ستاره‌ی تازه‌ی دیگری در صورت فلکی ثور پیدا شد. اما تنها ستاره‌شناسان چینی و ژاپنی متوجه آن شدند. در اروپا دانش در سطح پایینی بود، آنقدر پایین که هیچ ستاره شناسی وجود این ستاره را اطلاع نداد، اگرچه این ستاره هفته‌ها درخشانتر از هر چیزی، به جز خورشید و ماه، در آسمان می‌درخشید. در سال ۱۵۷۲ بار دیگر ستاره‌ی نورانی تازه‌یی در آسمان ظاهر شد. این بار این ستاره در صورت فلکی ذات‌الکرسی قرار داشت. در این زمان دانش دوباره در اروپا آغاز به پیشرفت کرده بود و ستاره شناسان به دقت مشغول تماشای آسمان‌ها بودند. از جمله‌ی این ستاره شناسان يك جوان دانمارکی به نام تیکو براهه بود. او این ستاره را مشاهده کرد و در باره‌ی آن کتابی با عنوان دونووا استلا (درباره‌ی ستاره‌ی تازه) نوشت. از آن زمان به بعد هر ستاره‌ی تازه را که در آسمان پیدا می‌شد «نوا» (تازه) می‌نامیدند. دیگر جای انکار نبود، ارسطو اشتباه کرده بود. آسمان‌ها تغییر ناپذیر نبودند.

دلایل بیشتر

سپس دلایل بیشتری بدست آمد. در سال ۱۵۷۷ ستاره‌ی دنباله‌داری در آسمان پدیدار شد و براهه کوشید تا

نقطه‌ی معینی رسید. آن‌ها به تراکم خود ادامه دادند، اما این بار به تدریج سردتر شدند و سرانجام به شکل مواد نیم‌سوخته درآمدند. چنین به نظر می‌رسید که خورشید ما در نیمه راه این دوران باشد.

اما این فرضیه بسیار ساده بود. در آغاز قرن بیستم ستاره‌شناسان نمی‌دانستند که علت درخشش و نورافشانی ستارگان چیست. در دهه‌ی ۱۸۸۰ چنین حدس زده شد که انرژی لازم برای درخشش ستارگان از تراکم آهسته‌ی آن‌ها به وجود می‌آید و انرژی جاذبه‌ی آن‌ها به نور تبدیل می‌شود. (این عقیده به خوبی با نظرات راسل تطبیق می‌کرد). لکن انرژی جاذبه برای درخشش ستارگان کافی به نظر نمی‌رسید و به همین دلیل دانشمندان این نظریه را کنار گذاشتند.

در دهه‌ی ۱۸۹۰، دانشمندان کشف کردند که ذخیره‌ی انرژی موجود در مرکز اتم، یعنی «هسته»ی آن، از آنچه که قبلاً تصور می‌شد بسیار بیشتر است. در دهه‌ی سوم قرن ما یک فیزیکدان آلمانی - آمریکایی به نام هانس بته از واکنش‌های هسته‌ای که ممکن است در داخل خورشید انجام گیرد و انرژی لازم برای نورافشانی آن را فراهم کند، طرحی تهیه کرد. مطابق فرضیه‌ی بته در این واکنش‌ها، اتم‌های هیدروژن (ساده‌ترین اتم‌ها) به اتم‌های هلیوم، که اندکی پیچیده هستند، تبدیل می‌شوند. منابع عظیم هیدروژن خورشید این امکان را فراهم کرده است که خورشید پنج یا شش میلیارد سال بدرخشد و هیدروژن کافی برای درخشش تا میلیاردها سال دیگر را هم داشته باشد. بنابراین خورشید نه تنها در حال نابودی نیست بلکه هنوز هم ستاره‌ی جوانی به شمار می‌آید.

ستاره‌شناسان به مطالعه‌ی طبیعت واکنش‌های هسته‌ای در داخل ستارگان ادامه می‌دهند. آن‌ها معتقدند که وقتی هیدروژن به هلیوم تبدیل شد، هلیوم در مرکزی، که آن را «هسته‌ی هلیوم» می‌نامند، جمع می‌شود. به تدریج که بر عمر ستاره افزوده می‌شود هلیوم نیز گرم‌تر می‌شود، تا جایی که اتم‌های آن آغاز به واکنش می‌کنند و اتم‌های پیچیده‌تری را به وجود می‌آورند. دانشمندان عقیده دارند که علاوه بر این تغییرات دیگری نیز در ستاره صورت می‌گیرد.

انفجار مهیب

سرانجام، ذخیره‌ی اصلی هیدروژن ستاره به پایین‌تر از حد معینی می‌رسد. درجه‌ی حرارت و درخشندگی ستاره آنقدر کم می‌شود که ستاره از قلمرو «رشته‌ی اصلی» خارج می‌شود. بدین ترتیب که ستاره به مقدار زیاد منبسط می‌شود، و گاه همراه با ناپایدار شدن ساخت آن آغاز به تپش می‌کند. آنگاه ممکن است ستاره منفجر شود. در این صورت تمام

سوخت باقیمانده‌ی ستاره به یکباره شعله‌ور می‌شود و ستاره برای مدت کوتاهی بسیار درخشان می‌گردد. ستارگان «تازه» که هیپادکوس و براهه مشاهده کردند درحال چنین انفجارهایی بودند.

مختصر آنکه ستاره شناسان نظریه‌ی دگرگونی‌های آسمانی را، که برای نخستین بار دو هزار سال پیش هیپادکوس را به شگفتی انداخته بود، به مرحله‌ی بحث درباره‌ی چگونگی تولد، رشد، پیری و مرگ ستارگان پیشرفت دادند. ستاره شناسان می‌توانند از این نیز فراتر روند. بعضی از آنان معتقدند که جهان در اثربك انفجار عظیم به وجود آمده و تکه‌های آن هنوز هم درحال پراکنده شدن به اطراف است. هر تکه‌ی آن کهکشان عظیمی است که از میلیاردها ستاره تشکیل شده. شاید زمانی فرا رسد که تمام کهکشان‌ها از نظر نابدید شوند، زمانی که تمام ستارگان منفجر گردند و جهان نابود شود.

یا شاید، چنانکه بعضی از ستاره شناسان می‌اندیشند، جهان به گونه‌ی همیشگی درحال از نو زاده شدن است. شاید درحالی که ستارگان پیر از میان می‌روند، به گونه‌ی دایمی و آهسته، ماده‌ی تازه‌ی تشکیل می‌شود و از آن ستارگان و کهکشان‌های تازه‌ی به وجود می‌آیند.

درواقع، نظریه‌ی دگرگونی آسمان‌ها نه تنها به نظریه‌هایی درباره‌ی تکامل ستارگان، بلکه همچنین به نظریه‌ی درباره‌ی «تکامل جهان» می‌انجامد، یعنی به یکی از آن نظریه‌های بزرگ علم، که گستردگی چشم انداز آن در تصور نمی‌گنجد.

پایه‌های دانش

نوشته‌ی ایزاک آسیموف

ترجمه‌ی منوچهر محفدکی شجاع

با جلد شمع ۵۰ ریال
با جلد اعلی ۷۰ ریال
چاپ کتیبه - تهران



ناشر کتیبه

کتاب‌های دانش و ادبیات