پایه‌های دانش
نوشته‌ی ایزاک آسیموف
ترجمه‌ی منوچهر محمدی شجاع

PersianPDF.com

پایه‌های دانش

نوشته‌ی ایزاک آسیموف

ترجمه‌ی منوچهر محمدی شجاع

سازمان انتشارات
کانون پرورش فکری کودکان ونوجوانان
خیابان تخت‌طاوس ، 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 می‌خوانید :

۱ـ	تالس ودانش	ص ۳
۲ـ	فیثاغورس وعدد	ص ۸
۳ـ	ارشمیدس وریاضیات عملی	ص ۱٤
۴ـ	گالیله وآزمایش	ص ۱۹
۵ـ	دموکریتوس واتم	ص ۲٤
٦ـ	لاووازیه وگازها	ص ۳۰
۷ـ	نیوتن واصل ماند	ص ۳٦
۸ـ	فاراده وحوزه‌های مغناطیسی	ص ٤۲
۹ـ	رامفورد و حرارت	ص ۴۸
۱۰ـ	ژول وانرژی	ص ۵٤
۱۱ـ	پلانك وکوانتا	ص ٦۰
۱۲ـ	بقراط وپزشکی	ص ٦۹
۱۳ـ	وهلروشیمی آلی	ص ۷۱
۱۴ـ	لینائوس وطبقه بندی	ص ۷۷
۱۵ـ	داروین وتکامل	ص ۸۳
۱٦ـ	راسل وتکامل ستارگان	ص ۸۸

۱
تالس و دانش

جهان از چه چیز درست شده است ؟

تالس اندیشمند یونانی ، در حدود سال ۶۰۰ قبل از میلاد به این پرسش اندیشه‌کرد وبه این پاسخ غلط رسیدکه : «همه‌چیزازآب درست شده است.»

این عقیده‌نه تنها غلط بود ، چندان هم تازگی نداشت . بااین حال این عقیده، یکی از مهمترین عقیده‌ها در تاریخ علم است . بدون چنین اندیشه‌هایی، دانش بوجود نمی‌آمد .

اهمیت پاسخ تالس به پرسش بالا هنگامی روشن می‌شود که ببینیم او چگونه به این پاسخ رسید . تالس که معتقد بود همه چیز از آب درست شده، در یك شهربندری زندگی می‌کرد . این شهرکه میلتوس نامیده می‌شد درکرانه‌ی دریای اژه قرارداشت واینك جزئی از ترکیه است . میلتوس اکنون وجود ندارد ، اما درسال ۶۰۰ پیش از میلاد این شهر غنی‌ترین شهر دنیای یونانی زبان بود .

در کرانه‌های باستانی

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 نامیده‌می‌شود می‌پیوندد ، و این دریا صدها کیلومتر به سوی غرب گسترش یافته است. دریای مدیترانه به یک تنگه‌ی باریک ،تنگه‌ی جبل‌الطارق ، می‌رسید که میان دو دیواره‌ی سنگی، که یونانیان آن را ستون‌های هرکول می‌نامیدند ،قرار داشت .

آنسوی ستون‌های هرکول ، اقیانوس اطلس گسترده بود، ویونانیان فکر می‌کردند که این اقیانوس خشکیهای زمین را از هرسو در برگرفته است . تالس تصور می‌کرد زمین به شکل بشقاب عظیمی بـــه قطر چند هزار کیلومتر در یک اقیانوس بی‌پایان شناور است . اما او می‌دانست کـــه آب‌ها خود زمین را نیز شکافته‌اند ، رودخانـــه‌ها در آن جریان دارند،دریاچه‌ها بخش‌هایی‌ازآن را پوشانده‌اند و چشمه‌ها از زیر آن می‌جوشند . اومی‌دید که آب‌ها بخار شده در آسمان ناپدید می‌شوند و گهگاه‌به‌صورت باران به‌زمین می‌بارند. در همه جاآب‌بود ،دربالا ، درپایین و گرداگرد زمین .

آیا زمین ازآب درست شده ؟

به‌نظرتالس‌چنین می‌رسید که زمین‌جامد نیزازآب درست شده است.اوگمان می‌کردکه درجوانی این موضوع را با چشمان خودش دیده است . هنگام سفرش به مصر دیده بود که رود نیل در زمان طغیان زمین‌های اطراف‌را فرا- می‌گیرد وهنگامی‌که آب‌ها فرومی‌نشینند خاك تازه وحاصلخیز به جا می‌ماند. در واقع‌درشمال مصر جایی که رودخانه‌ی نیل به دریا می‌ریخت ، در میان آب منطقه‌یی از خاك‌نرم وجود داشت که از ته نشست آب‌های‌سیلابی درست شده بود. (این منطقه شکل مثلث داشت ، مانند حرف « دلتا » از الفبای یونانی ، و از این روآن را دلتای نیل می‌نامیدند) .

تالس پس ازاینکه به‌همه‌ی اینها اندیشیدبه نتیجه‌ای رسیدکه به نظرش‌منطقی می‌آمد: «همه چیزازآب‌درست شده است» . البته اواشتباه می‌کرد ، زیرا همه چیز ازآب نیست. هواازآب نیست ، وهنگامی‌که‌آب بخار می‌شود ممکن است‌ذرات آن با هوا در آمیزد ولی به هوا تبدیل نمی‌شود . خاك جامد ازآب نیست. رودخانه‌ها ممکن است تکه‌هایی از زمین را ازکوه‌ها بکنند و به دشت‌ها بیاورند ، اماآن تکه‌ها ازآب درست نشده‌اند .

تالس در برابر بابل

اندیشه‌های تـــالس تنها ازآن خودش نبود. این اندیشه‌ها از بابل سرچشمه گرفته بود، واین‌کشوررا تالس هنگام جوانیش دیده‌بود. تمدن باستانی بابل درستاره شناسی و ریاضیات به نتایج مهمی رسیده بودکه نظرمتفکری جدی

چون تالس را به خود جلب می‌کرد . بابلیان عقیده داشتند که زمین چیزی مانند بشقاب بزرگی است که در آب قرار دارد . در بعضی نقاط ، آب از سطح زمین بالاتر می‌آید و رودخانه ، دریاچه و چشمه را تشکیل می‌دهد ، و در اطراف زمین همه جاآب شوراست .

آیا این همان تصویری نبودکه تالس ارائه می‌کرد؟ آیا عقاید تالس تکرارنظریه‌های بابلیان نبود؟ نه‌کاملا ! برخلاف تالس ، بابلیان آب را مجموعه‌ای از موجودات ماورای طبیعی می‌دانستند.آب شیرین خدای آپسو، وآب شور الهه‌ی‌تیامات بود . این زوج خدایان و الهه‌های زیادی بوجود آورده بودند . (یونانیان عقیده مشابهی در این باره داشتند، آنها اکئانوس ، خدای اقیانوس را پدر خدایان می‌دانستند.)

سرانجام، مطابق افسانه‌های‌بابل، میان تیامات واخلافش جنگ درگرفت. پس‌ازیك نبرد بزرگ مردوك یکی از خدایان تازه ، تیامات راکشت و او را به دونیم‌کرد . اوبا یك نیمه‌ی تیامات‌آسمان وبا نیمه‌ی دیگرش زمین را ساخت .

این بود پاسخ بابلیان‌به این پرسش‌که « جهان از چه درست شده است؟» تالس از زاویه دیگری به این پاسخ رسید. تصویری‌که اوازجهان ساخته بود فرق می‌کرد. زیرادرتصویر او ، خدایان والهه‌ها وجنگ میان موجودات‌ماوراء طبیعی وجود نداشتند. اوبه سادگی می‌گفت «همه چیز ازآب درست شده است .»

تالس درشهرخود میلتوس ودرنواحی نزدیك آن درکرانه‌ی دریای اژه، شاگردانی داشت. دوازده شهر واقع در این کرانه ، منطقه‌ای به نام ایونیا را تشکیل می‌دادند . از این رو مکتب تالس و شاگردانش به « مکتب ایونی » معروف است .

ایونی‌ها ، بی‌آنکه دست به دامن‌خدایان والهه‌ها شوند، به‌کوشش خودبرای توضیح دادن جهان‌ادامه دادند. در این راه آن‌ها سنتی را بوجودآوردندکه تااین زمان باقی مانده است .

اهمیت سنت ایونی

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

فرض‌کنیدکه جهانی را خدایان بوجود آورده باشند وخود آن را اداره‌کنند .

بنا براین‌خدایان، هرآنچه راکه بخواهند می‌توانند با دنیا انجام دهند. اگرالهه‌یی به علت اینکه معبدی که برایش ساخته‌اند به اندازه‌ی کافی‌بزرگ نیست خشمگین شود، ممکن‌است بلایی نازل‌کند. اگرجنگجویی درمیدان جنگ

درخطرباشد وبه درگاه خدایی دعاکند وقول بدهدکه حیوانی برایش قربانی کند، ممکن است آن خدا ابری بفرستد تاجنگجو را دربرگیرد واو را ازنظردشمنان مخفی کند. به این ترتیب نمی‌توان انتظار داشت که در دنیا نظم خاصی وجود داشته باشد. دراین صورت همه چیز به هوی وهوس خدایان بستگی دارد.

اما به نظر تالس وشاگردانش خدایان درکار عالم دخالت نمی‌کردند. دنیا تنها مطابق طبیعت خودش عمل می‌کرد. بلا تنها هنگامی فرا می‌رسید وابر موقعی ظاهرمی‌شدکه علت‌های طبیعی خاصی وجود داشت . تنهادرصورتی‌که علتهای طبیعی درکار بودند بلا می‌رسید و ابر ظاهر می‌شد. بنا براین تالس وپیروانش به این نظریه اساسی رسیدند که : جهان مطابق «قوانین طبیعی» خاصی عمل می‌کندکه عوض شدنی وتغییرپذیر نیستند.

آیا چنین جهانی بهتر از جهانی نیست‌که از روی هوس خدایان اداره شود؟اگر خدایان آنگونه که دلشان بخواهدعمل کنند چه‌کسی می‌تواند پیش‌بینی کندکه فردا چه اتفاق می‌افتد؟ مثلا «اگرخدای آفتاب» ازچیزی آزرده‌خاطر باشد ممکن است آفتاب دیگر طلوع نکند. کسانی‌که به نیروهای ماورای طبیعی‌عقیده دارندکوشش برای شناخت‌طرزکار جهان را بیهوده می‌دانند . در عوض آنها روش‌هایی را به‌کار می‌برندکه‌به‌گمانشان موجب خشنودی خدایان می‌شود ویا خشم‌آنان را فرو می‌نشاند. به نظراین دسته از مردم تنها ساختن معابد ومحراب‌ها، قربانی‌کردن، بت سازی و جادو اهمیت داشت .

هیچ چیز نمی‌توانست به آنان بفهماند که این شیوه‌ی کار اشتباه است. فرض‌کنید که بـا وجود انجام دادن تمام مراسم مـذهبی خشکسالی و یـا مصیبت دیگری دامنگیرشان می‌شد . در این صورت چنین خیال می‌کردند که این بدانجهت است‌که جادوگران کار خودرا درست انجام نداده‌اند ویا هنگام انجام مراسم چیزی را از یادبرده‌اند . آن‌ها به سادگی کار خود را از سرمی‌گرفتند، حیوانات بیشتری قـربانی می‌کردند وبادقت بیشتری به دعا می‌پرداختند .

اما اگر اساس اندیشه‌های تالس و شاگردانش درست می‌بود، اگر جهان مطابق قوانین طبیعی غیرقابل تغییر اداره می‌شد، دراین‌صورت مطالعه‌ی جهان‌کار با ارزشی‌بود. انسان می‌توانست به مشاهده‌ی چگونگی حرکت ستارگان ، حرکت ابرها،ریزش باران ورشدگیاهان بپردازد. انسان می‌توانست مطمئن باشد که‌این مشاهدات همیشه یکسان هستند و هرگز ناگهان دراثر خواست این یا آن خداتغییر نخواهندکرد.آنگاه‌انسان می‌توانست یك رشته قوانین ساده راکه‌خصلت کلی این مشاهدات را بیان کنند بوجود آورد .

بنابراین نخستین فرضیه‌ی تالس وپیروانش ، پایه‌ی فرضیه‌ی دوم آن‌ها شد: عقل بشر می‌تواند قوانینی را که بر جهان حکومت می‌کنند ، دریابد .

اندیشه‌ی علمی

این دو فرضیه‌که در طبیعت قوانینی وجود دارد، واینکه انسان می‌تواند این قوانین راباعقل خود دریابد، «اندیشه‌ی علمی» را تشکیل می‌دهند . باید توجه داشت که این فرضیه‌ها فقط فرضیه هستند ونمی‌توان‌آن‌ها را ثابت‌کرد. با این همه از زمان تالس همیشه‌کسانی بوده‌اندکه‌به این فرضیه‌ها به سختی اعتقاد داشته‌اند .

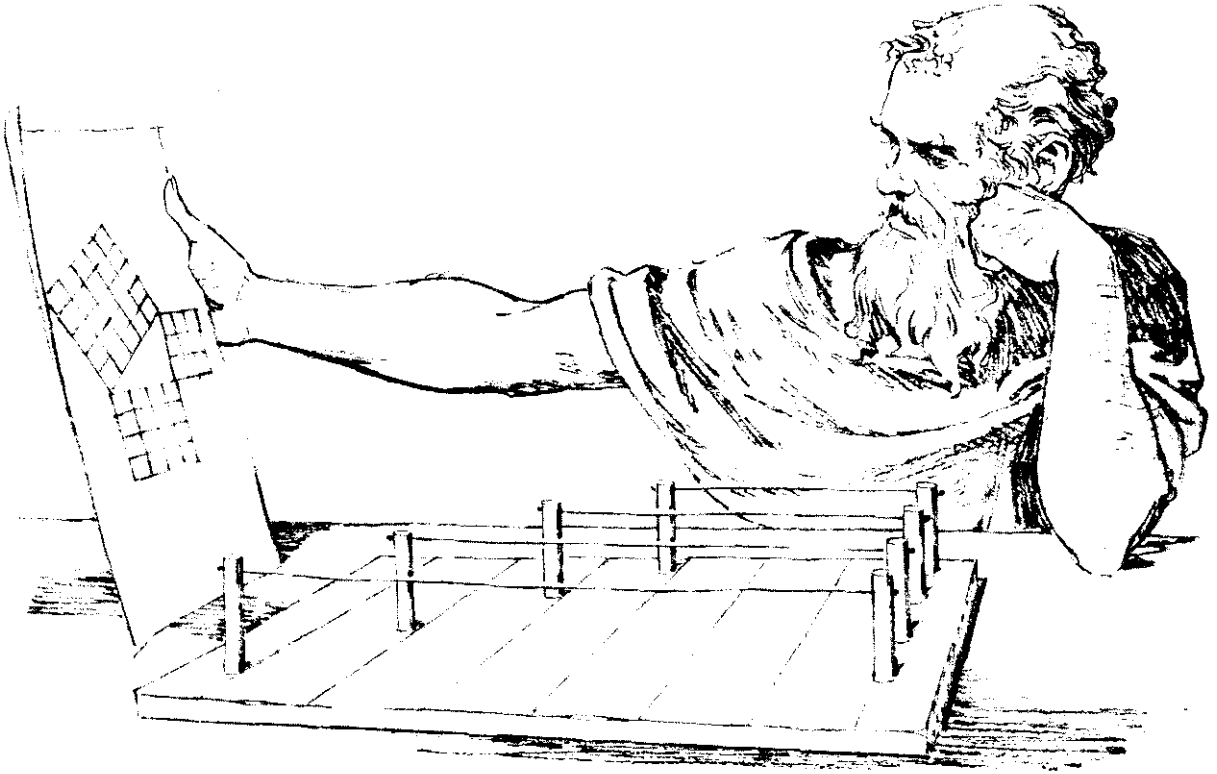
اندیشه‌ی علمی بعداز سقوط امپراطوری روم در اروپا ضعیف شد اما کاملا از میان نرفت‌و در قرن شانزدهم این اندیشه ناگهان قوت‌گرفت . اکنون در نیمه‌ی دوم قرن بیستم این اندیشه در اوج قدرت است .

مطمئناً، جهان ، خیلی بیشتر از آنچه‌که تالس می‌توانست تصورکند پیچیده است . با وجود این بعضی از قوانین طبیعت به سادگی قابل‌توضیح، وتا آنجاکه مامی‌دانیم، تزلزل نیافتنی هستند. شاید مهمترین این قوانین، قانون بقای انرژی‌است که به زبان ساده چنین‌است : «کل‌مقدارانرژی موجود در جهان، همیشه ثابت‌است.»

نامعیّنِ معلوم

دانش‌دریافته است‌که برای دانستنی‌های بشرهم حدودی وجود دارد . دردهه‌ی ۱۹۲۰ یك فیزیکدان آلمانی به نام «ورنرهیزنبرگ» اصل نامعینی (یا عدم تعیّن) را ارائه‌کرد . او گفت که تعیین دقیق مکان وسرعت یك شیئی در یك لحظه‌ی زمانی‌معین ناممکن‌است. مامی‌توانیم مکان یاسرعت شیئی را به دقت دلخواه خود تعیین‌کنیم، امانمی‌توانیم هردوی آن‌هارا دریك زمان‌با هم معین سازیم. آیا این بدان معنی است‌که فرضیه‌ی دوم علم غلط است وانسان نمی‌تواند دانشی فراهم‌آوردکه به وسیله‌ی آن معماهای جهان را حل کند ؟

نه! به هیچ روی چنین نیست ، زیرا «اصل نامعینی» خود یك قانون طبیعی است. دقت اندازه‌گیری پدیده‌های جهان حدودی دارد، اما عقل‌می‌تواند این حدود را بشناسد. درواقع بادرك درست اصل نامعینی می‌توان چیزهای بیشتری درمورد جهان دانست که بدون آن گیج کننده‌اند . بدینسان « اندیشه‌ی علمی » بزرگ تالس امروزه همانقدر معتبراست که دوهزار وپانصد سال پیش،به هنگام طرح آن .



۲
فیثاغورس و عدد

حدود بیست و پنج قرن پیش ، کمی پس‌از زمانی که تالس به رازهای جهان می‌اندیشید ، دانشمند یونانی دیگری به بازی بانخ سرگرم‌شد . فیثاغورس دانشمند هم، مانند تالس، در یك شهر بندری زندگی می‌کرد ـ شهر کروتون در جنوب ایتالیا. فیثاغورس هم مانند تالس یك آدم معمولی نبود. « بازیچه »های او هم معمولی نبودند ، بلکه سیم‌های محکمی بودند شبیه به آنچه درآلات موسیقی مثل چنگ به‌کار می‌رود . فیثاغورس سیم‌هایی به اندازه‌هـای مختلف فراهم کرده ، دو سرآنها را محکم می‌کشید و به دوچوب می‌بست و با پنجه ضربه‌یی به آنها می‌زد تا صدای یك نت موسیقی‌از آنها بیرون آید .

اعداد موسیقی

سرانجام او دو سیم پیدا کردکه صدای آن‌ها فقط یك اکتاو با هم تفاوت داشت، یعنی یکی از آن‌ها صدای « دو »ی بم و دیگری صدای «دو»ی زیر می‌داد . چیزی‌که فیثاغورس را مجذوب‌کرد این بود که درازی سیمی‌که صدای

«دو»ی بم تولید می‌کرد درست دو برابر درازی سیمی بود کـه صدای «دو» ی زیر بیرون می‌آورد . نسبت درازای این دوسیم ۱ به ۲ بود . او بازهم‌کوشید و دو سیم یافت کـه صدای‌آن‌هانسبت یك به پنج داشت. یعنی یك نت «دو» و دیگری «سل» بود. این بار درازی سیمی‌که نت بم‌تر را تولید می‌کرد درست یك برابر و نیم درازی سیمی بودکـه نت زیرتر راتولید می‌کرد . نسبت درازای آنها ۳ به ۲ بود .

اگردرازی یك سیم $1\frac{1}{3}$ درازی‌سیم دیگر بود صدای یك به چهارتولیدمی‌شد. یعنی یك نت «دو» ودیگری «فا» بود. دراینجا نسبت طول سیم‌ها ۴ به۳بود.

شك نیست‌که موسیقی‌دانان یونان وسرزمین‌های دیگرهم می‌دانستندکه چگونه سیم‌هایی فراهم‌کنندکه صدای نت‌های خاصی را تولیدکند، ونیز می‌دانستند که چگونه‌از این سیم‌ها آلات موسیقی بسازند . با وجود این فیثاغورس‌را نخستین‌کسی می‌دانندکـه نه تنها به موسیقی بلکه به نسبت طول‌هایی که موسیقی را بوجود می‌آورند اندیشیده است .

چرا باید نسبت‌های اعداد کوچك ـ ۲ به ۱ ، ۳ به ۲ ، ۴ به ۳ ـ مخصوصاً صداهای خوشایند تولیدکنند ؟ اگرفیثاغورس دو سیم بانسبت‌های 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 برموسیقی تسلط داشتند وشاید برهمه‌ی جهان حکم می‌راندند .

اگراعداد اینهمه مهم باشند، پس مطالعه‌ی‌آن‌ها به خاطرخودشان‌اهمیت دارد. مثلا 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 ـ این یك عددزوج است . عدد ۳ نمی‌تواند به تساوی به۲ بخش شود ـ واین یك عدد فرد است . حال باید دید اعداد زوج چه ویژگی‌هـــای مشترکی دارند . ویژگی‌های اعداد فرد چیست؟ می‌توان‌کاررا با این حقیقت‌که جمع دو عدد زوج وجمع دو عدد فرد همیشه یك عدد زوج است، آغازکرد. ضمناً جمع یك عدد زوج و یك عدد فرد همیشه یك عدد فرد است .

فرض‌کنیدکه هرعدد رابه صورت‌تعدادی نقطه‌نشان دهیم. مثلا برای ٦، شش‌نقطه برای۲۳، بیست‌وسه نقطه، وبه همین ترتیب برای دیگر اعداد ، نقطه بگذاریم. حال اگر نقطه‌ها را به ترتیب درفاصله‌های‌مساوی بایکدیگر قراردهیم

درمی‌یابیم که بعضی ازاعداد یعنی اعداد معروف به اعداد مثلث ، می‌توانند تشکیل مثلثهای منظمی رابدهند واعداد دیگر، یعنی اعداد معروف به اعدادمربع می‌توانندبه‌صورت‌مربع‌های کامل درآیند .

اعداد مثلث

فیثاغورس‌می‌دانست‌که فقط شماره‌های خاصی از نقطه‌ها را می‌توان به طور منظم دریك مثلث، که شکلی‌سه پهلو است ، جای داد . کوچکترین آنها یك نقطه است که نشان دهنده‌ی مثلث شماره یك است. مثلث‌های بزرگتر با قراردادن ردیف‌های نقطه به موازات یکی از اضلاع مثلث کوچکتر بوجود می‌آمد . مثلا یك مثلث سه نقطه‌یی که نشان دهنده‌ی عدد ۳ باشد باگذاشتن دو نقطه درکنار یك ضلع مثلث یك نقطه‌یی درست می‌شد . به همین سان یك مثلث شش نقطه‌یی ،که نشان دهنده‌ی عدد ٦ است ، به وسیله‌ی اضافه کردن سه نقطه به مثلث سه نقطه‌یی بوجود می‌آمد .

مثلث های بعدی از ده نقطه (مثلث شش نقطه یی به اضافه‌ی چهار نقطه) ، پانزده نقطه (مثلث ده‌نقطه‌یی به اضافه‌ی پنج نقطه) ، بیست ویك نقطه (مثلث پانزده نقطه‌یی به اضافه‌ی شش نقطه) وبه همین‌ترتیب درست می‌شدند. بنابراین اعداد مثلث عبارت بودنداز ۱،۳،٦،۱۰،۱۵،۲۱، ...

هنگامیکه فیثاغورس بااضافه‌کردن نقطه ،این مثلث‌هارا درست می‌کرد از واقعیت‌جالبی‌آگاه شد. برای‌درست کردن مثلث های بزرگتر می‌بایست هربار یك‌نقطه بیش‌از تعداد نقاطی‌که دفعه‌ی‌پیش اضافه شده بود،افزوده شود.

(به‌کلماتی‌که باحروف متفاوت‌چاپ شده‌نگاه‌کنید تا درستی‌این نکته را دریابید) به‌عبارت دیگر اومی‌توانست مثلث‌ها یا اعداد مثلث را ازراه جمع‌کردن یك رشته اعداد متوالی‌درست‌کند بنابراین :

۱ = ۱، ۲ + ۱ = ۳، ۳ + ۲ + ۱ = ٦، ٤ + ۳ + ۲ + ۱ = ۱۰، ۵ + ٤ + ۳ + ۲ + ۱ = ۱۵، ٦ + ۵ + ٤ + ۳ + ۲ + ۱ = ۲۱

و به همین ترتیب .

اعداد مربع

برخلاف مثلث سه ضلعی ، مربع دارای چهار ضلع (وچهار زاویه‌ی قائمه یا ۹۰ درجه) است . بنابراین فیثاغورس‌می‌توانست‌انتظار داشته باشدکه رشته‌ی‌اعدادمربع کاملااز رشته‌ی اعدادمثلث متفاوت باشد .باو جوداین ، یك نقطه‌ی تنهابه همان سادگی‌که دریك مثلث جای می‌گرفت می‌توانست دریك مربع نیزقرارگیرد . بنابراین‌رشته‌ی مربع‌ها نیز از شماره‌ی ۱ شروع می‌شد .

مربع‌های بزرگتر با گذاشتن نقطه‌های اضافی در طول دو ضلع مجاور یك مربع دیگر بوجود می‌آمدند . نقطه‌های‌جدید در امتداد دوضلعی‌که تشکیل زاویه‌ی قائمه می‌دادند گذاشته می‌شد . مثلا برای درست کردن مربع چهار

نقطه‌یی که نشان دهنده‌ی عدد۴ بود سه نقطه به مربع یك نقطه‌یی اضافه می‌شد. به همین‌ترتیب یك مربع نه نقطه‌یی ازراه 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 پنج‌نقطه‌یی (مربع شانزده نقطه‌یی به اضافه‌ی نه نقطه)، مربع سی‌وشش نقطه‌ای (مربع بیست‌وپنج نقطه‌ی‌باضافه‌ی یازده نقطه)و به همین ترتیب . نتیجه عبارت بوداز رشته‌ی اعداد مربع: ۱، ۴، ۹، ۱۶، ۲۵، ۳۶، ...

از آنجا که مثلث‌ها روی قاعده‌ی منظمی بزرگ می‌شدند فیثاغورس از دیدن این موضوع که مربع ها نیز چنین‌اند، تعجبی نکرد .تعداد نقطه‌هایی که به هرمربع تازه اضافه می‌شد همیشه یك عدد فرد بود . ونیز دو نقطه بیشتر از تعداد نقاطی بودکه به مربع قبلی اضافه شد بود. (به‌کلمات باحروف متفاوت درعبارات بالا نگاه‌کنید).

به عبارت دیگر اعداد مربع از جمع‌کردن یك رشته اعداد متوالی فرد بوجود می‌آمد .

بنابراین ۱ = ۱ ، ۳ + ۱ = ٤ ، ۵ + ۳ + ۱ = ۹ ، ۷ + ۵ + ۳ + ۱ = ۱۶ ، ۹ + ۷ + ۵ + ۳ + ۱ = ۲۵

وبه همین‌ترتیب. مربع‌ها را می‌شد با اضافه کردن دو عدد مثلث متوالی نیز بوجود آورد : ۳ + ۱ = ٤ ، ۶ + ۳ = ۹ ، ۱۰ + ۶ = ۱۶، ۱۵ + ۱۰ = ۲۵، ... ویااینکه‌باضرب‌کردن‌یك عددد‌رخودش: ۱ × ۱ = ۱، ۲ × ۲ = ٤، ۳ × ۳ = ۹ ...

روش اخیرشیوه‌ی مهمی برای درست کردن اعداد مربع است. چون ۳ × ۳ = ۹، پس می‌گوییم نه مربع عدد سه است. به همین ترتیب ۱۶ مربع ۴، ۲۵ مربع ۵، وغیره... است، ازسوی دیگر می‌گوییم عددکوچکتر، یعنی عددی که آن را درخودش ضرب‌کرده‌ایم، ریشه‌ی دوم عدد بزرگتراست ـ مثلا ۳ ریشه‌ی دوم ۹، و۴ ریشه‌ی دوم ۱۶ است.

مثلث‌های راست گوشه

علاقه‌ی فیثاغورس به اعداد مربع او را برآن داشت‌که به بررسی مثلث‌های راست گوشه یعنی مثلث‌هایی که یك زاویه‌ی‌آن‌ها قائمه است، بپردازد .

یك مثلث راست‌گوشه دوضلع عمود بریکدیگردارد، یعنی‌اگریك ضلع کاملاافقی‌نگهداشته‌شودضلع دیگرکاملا عمودی خواهد بود. مثلث راست‌گوشه ضلع سومی نیز داردکه ازیك طرف زاویه‌ی قائمه تاطرف دیگرآن‌کشیده می‌شود . این ضلع سوم که «وتر» نامیده‌می‌شود ، همیشه بلندتر ازدوضلع دیگراست.

فرض‌کنیدکه فیثاغورس به طور اتفاقی یك مثلث راست گوشه رسم می‌کرد و طول ضلع‌های آن را اندازه می‌گرفت. اگراویك ضلع را به اعداد صحیح واحدهایی تقسیم می‌کرد، دوضلع دیگرمعمولا ازاعداد صحیح همان‌واحدها تشکیل نمی‌شدند .

با این حال استثناهایی هم وجود داشت . فرض کنید که او مثلث راست گوشه‌یی داشت که یك ضلع آن سه واحد وضلع دیگرچهارواحد طول داشت. در این صورت طول وتراین مثلث دقیقاً پنج واحد بود .

چرا باید اعداد ۳ ، ۴ و ۵ ، یك مثلث راست گوشه درست کنند؟ اعداد ۳،۲،۱ این کار را نمی‌کنند، اعداد ۴،۳،۲ نیزهمین طور. همچنین تقریباً هیچ ترکیب دیگری ازاعداد 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. دراینجا موضوع جالبی پیدا می‌شود، زیرا ۲۵ = ۱۶ + ۹ ، جمع مربع‌های اضلاع این مثلث راست‌گوشه مساوی است بامربع وتر.

فیثاغورس بازهم پیشتر رفت. او متوجه شدکه تفاوت میان اعداد مربع متوالی همیشه یك عدد فرد است : ۳ = ۱ − ۴، ۵ = ۴ − ۹، ۷ = ۹ − ۱۶، ۹ = ۱۶ − ۲۵، و به همین ترتیب . گاه این تفاوت فرد، خود یك مربع است مثل ۹ = ۱۶ − ۲۵ (که همان ۲۵ = ۱۶ + ۹ است). باتوجه به این موضوع می‌توان یك مثلث راست‌گوشه دیگرازاعداد صحیح بوجود آورد . مثلا ممکن بود فیثاغورس دوعدد مربع متوالی مثل ۱۴۴ و ۱۶۹ را از هم کم کند، از اینقرار: ۲۵ = ۱۴۴ − ۱۶۹. ریشه‌ی دوم این اعداد ۱۳، ۱۲ و۵ است، زیرا ۱۳ × ۱۳ = ۱۶۹، ۱۲ × ۱۲ = ۱۴۴و۵ × ۵ = ۲۵. بنابراین اومی‌توانست راست‌گوشه‌یی بسازدکه اضلاع آن برابر باپنج ودوازده واحد ووترآن برابر باسیزده واحد باشد.

قضیه‌ی فیثاغورس

بدینسان فیثاغورس تعداد زیادی مثلث راست‌گوشه دراختیار داشت‌که مربع وترآن‌ها با جمع مربع‌های دو ضلع دیگربرابر بود. اوبه زودی ثابت‌کردکه این موضوع درمورد همه‌ی مثلث‌های راست‌گوشه صادق است.

صدها سال پیش از زمان فیثاغورس، مصریان، بابلیان، وچینیان می‌دانستندکه این رابطه در مثلث ۵،۴،۳ وجود دارد. درحقیقت بابلیان و دیگران اطمینان داشتندکه این موضوع درباره‌ی همه‌ی مثلث‌های راست گوشه صدق می‌کند. اما چنانکه می‌دانیم فیثاغورس نخستین‌کسی بود که‌آن را به اثبات رسانید .

اوگفت: «درهرمثلث راست گوشه، مجموع مربع‌های دوضلع برابراست بامربع وتر. چون اونخستین‌کسی بودکه موفق به اثبات این قضیه شد،آن را «قضیه‌ی فیثاغورس» می‌نامند. اما فیثاغورس چگونه این قضیه را ثابت‌کرد؟

روش استنتاج

برای پاسخ دادن به این پرسش باید تازمان تالس، متفکربزرگ‌که درفصل‌اول درباره‌ی اوسخن‌گفتیم، به‌عقب

برگردیم. از قدیم گفته‌اند که فیثاغورس زیر نظر تالس درس می‌خوانده. تالس برای اثبات قضایای ریاضی به وسیله‌ی استدلال، روش‌منظمی بوجودآورد .دراین روش،شخص‌کاررا بااصولی‌که پذیرفته شده‌اند آغازمی‌کند. ازاین‌اصول شخص به‌نتیجه‌ی‌خاصی‌می‌رسد . هنگامی که این نتیجه پذیرفته شد ، می‌توان از آن نتیجه‌ی دومی بدست‌آورد و به همین ترتیب‌کار را ادامه داد. فیثاغورس برای اثبات قضیه‌ی خود از روش تالس‌که معروف به‌روش «استنتاج» است استفاده کرد. از روش استنتاج ازآن زمان به بعد همواره استفاده‌کرده‌اند.

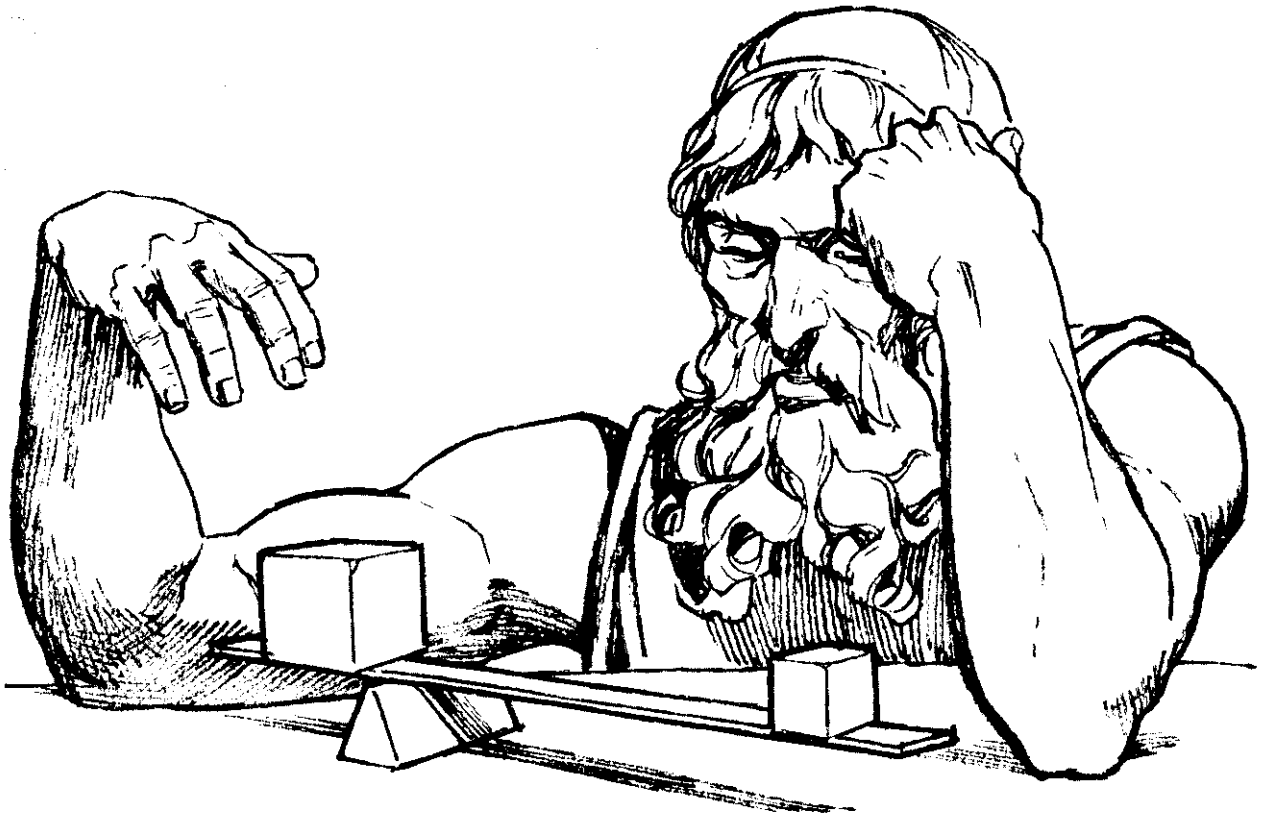
شاید واقعاً تالس روش استدلال استنتاجی را اختراع نکرده باشد . شاید او این روش را از بابلیان آموخته باشد و ما بنیانگذار حقیقی آن را نمی‌شناسیم . اما حتی اگر تالس بنیانگذار استنتاج ریاضی باشد ، این فیثاغورس بودکه‌آن رامشهور کرد .

تولد هندسه

آموزش‌های فیثاغورس، به ویژه موفقیت بزرگ او دریافتن دلیل استنتاجی برای قضیه‌ی فیثاغورس، الهام بخش یونانیان شد. نتیجه‌آن شدکه آنها دراین راه پیش‌تر رفتند . سیصد سال بعد از آن ، آنها دستگاه پیچیده‌یی از استدلال‌های ریاضی بوجود آوردندکه بیشتردرباره‌ی خط ها وشکل‌ها بحث می‌کرد . این رشته هندسه نامیده می‌شود.

ما ازچند هزار سال پیش تاکنون راه درازی ازیونانیان پیش‌تررفته‌ایم، با وجود این آنچه‌که‌ما امروزی‌ها درزمینه‌ی ریاضی انجام داده‌ایم، وهراندازه‌که اسرار آن را شکافته باشیم، همه برروی دوپایه قرارگرفته 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 فکرکنید که یکی از اشراف دریکی ازبزرگترین وثروتمندترین شهرهای یونان می‌توانست ، به‌جای مطالعه‌ی طرز کار اهرم ، ازوقت خود به طرز بهتری استفاده‌کند . ظاهراً این اشراف زاده هم همینطور فکر می‌کرد زیرا از داشتن چنین علاقه‌ی عامیانه‌ای ناراحت بود.

این‌اشراف زاده، ارشمیدس ، اهل سیراکوز بود که شهری است درساحل شرقی سیسیل . ارشمیدس درحدود سال ۲۸۷ پیش از میلاد مسیح به دنیاآمد. او فرزند یك ستاره شناس برجسته و احتمالا از خویشاوندان هیرودی دوم پادشاه سیراکوز بود.

مخترع ابزار

در زمان ارشمیدس مردم معتقد بودندکه اشراف نباید خود را به کارهای فنی مشغول‌کنند . این کارها فقط

برای بردگان و کارگران مناسب بود. اما ارشمیدس نمی‌توانست ازاین‌کار خودداری کند. او به‌کارهای فنی‌علاقه‌داشت‌و در مدت زندگی خود ابزارهای زیادی‌برای استفاده درجنگ ودر زمان صلح ساخت. باوجود این اوکاملا تسلیم این‌ذوق «عامیانه» نشد- مثلا شرح اختراعات مکانیکی خودش را ننوشت زیرا از این کار شرم داشت. ما فقط از روی داستان های ناڈرست و یا اغراق‌آمیز دیگران چیزهایی در این مورد می‌دانیم. تنها استثنایی که وجود دارد توضیحات ارشمیدس در مورد دستگاهی‌ست که حرکات آسمانی‌خورشید، ماه‌وسیارات را تقلید می‌کرد. اما این‌دستگاه درخدمت علم ستاره‌شناسی بود و نه درخدمت کارپست مکانیکی.

مهندسی یاریاضیات

ارشمیدس‌تنها به ماشین علاقه نداشت. او در جوانیش به اسکندریه درمصر، سرزمین **کتابخانه‌های** بزرگ،رفته بود. کتابخانه مانند دانشگاه بزرگی بودکه خردمندان یونان برای مطالعه وتدریس به‌آنجامی‌رفتند. درآنجاارشمیدس زیرنظر کانن ریاضیدان‌بزرگ که‌اهل‌شهر ساموس بود به‌مطالعه پرداخت‌وخود ریاضیدان بزرگتری شد. او روش‌محاسبه‌ای را اختراع‌کرد که دوهزار سال بعد ریاضیدانان عصرجدید آن را باتمام جزئیات تکمیل‌کردند.

بدین ترتیب ارشمیدس هم به مکانیك علاقمند بود وهم به ریاضیات . اما در زمان او این دو رشته زیادبه هم نزدیك نبودند .

این درست است‌که یونانیان ومهندسان قدیم، مانند بابلیان ومصریان، برای موفقیت درکارخودناچاربودند از ریاضیات استفاده‌کنند . مصریان باستان اهرام عظیمی ساخته بودند که حتی در زمان ارشمیدس نیز قدیمی به‌حساب می‌آمد. مصریان با ابزار های بسیار ابتدایی سنگ های عظیم خارا را از فاصله های خیلی دور حمل می‌کردند و سپس‌به زحمت آن‌ها راتا ارتفاع زیاد بالامی‌بردند.

مردم بابل نیز بناهای باشکوهی ساخته بودند، وکار یونانی‌هاهم دراین زمینه بسیار خوب بوده است . یك مهندس یونانی بنام اوپالینوس ، سه قرن پیش‌از زمان ارشمیدس به ساختن دهلیزی در جزیره‌ی ساموس پرداخت . او دو گروه از حفاران را از دوسوی تپه به‌کار واداشت ووقتی این دوگروه به‌مرکز تپه رسیدند، دیواره‌های دهلیز دسرت در روبروی هم قرار گرفتند.

برای انجام‌این‌کارها،مهندسان مصر،بابل، ویونان‌می‌بایست ازریاضیات‌استفاده‌کنند . آنها مسلماًمی دانستند که خطوط چگونه به یکدیگر متصل می‌شوند و چطور اندازه‌ی یك قسمت از یك بنااندازه‌ی قسمت دیگر را تعیین‌می‌کند.

با این حال ارشمیدس با این ریاضیات آشنایی نداشت اما بانوعی ریاضیات آشنا بودکه یونانیان در زمان اوپالینوس به ایجاد آن پرداخته بودند.

فیثاغورس روش استنتاج‌ریاضی را رواج داده بود (به‌فصل دوم مراجعه‌کنید). در این روش ،انسان‌کار را با چند مفهوم ساده‌که همگان‌آن‌ها را قبول دارندشروع می‌کند ومطابق‌اصول‌استنتاج ریاضی قدم به قدم جلورفته‌به نتایج پیچیده می‌رسد.

قضیه‌ی زیبا

ریاضیدانان دیگر یونان از فیثاغورس پیروی کردندوبه تدریج یك دستگاه وسیع و زیبا از قضیه های ریاضی درباره‌ی زاویه‌ها، خط های موازی ، مثلث‌ها، مربع‌ها، دایره‌ها وشکل های دیگر بوجودآوردند . آن‌ها می‌توانستندنشان دهندکه چگونه دوسطح ازنظر اندازه یازاویه ویا هردوی این‌ها باهم برابرند. آن‌ها دریافتندکه چگونه نسبت‌های اعداد ، اندازه‌ها وسطح را تعیین کنند.

گرچه بنای عالی ریاضیات یونان‌ازروشهای ریاضی تمدن های قبلی بسیار پیشی‌گرفت ولی این ریاضیات‌به طورکلی نظری بود. دایره‌ها ومثلث‌ها خیالی بودند واز خطهایی تشکیل می‌شدند که بی‌نهایت نازك وکاملامستقیم‌بودند ویا این‌که انحنایی با ظرافت کامل داشتند .ازریاضیات استفاده‌ی عملی نمی‌شد .

به این داستان در مورد افلاطون ، توجه‌کنید . اویك‌قرن‌قبل‌از تولد ارشمیدس مدرسه‌یی را درآتن‌بنانهاد ودر آن به تدریس ریاضیات پرداخت. روزی‌هنگام‌تدریس ریاضی‌یکی ازشاگردان از اوپرسید: «راستی استاد، این‌درسها درعمل به چه درد می‌خورند؟» . افلاطون عصبانی شد وبه برده‌یی دستورداد تاسکه‌یی به آن شاگرد بدهد تا در یابد که آنچه یاد گرفته به هرصورت ارزشی دارد، وآنگاه اورا از مدرسه بیرون کرد .

یك شخصیت بزرگ‌ومؤثردر تکامل ریاضیات یونان اقلیدس ریاضی‌دان‌بزرگ بود.یکی‌ازشاگردان‌اقلیدس، کونن اهل شهر ساموس واستاد ارشمیدس بود. مدت کوتاهی پیش ازتولد ارشمیدس ، اقلیدس تمام استنتاج های‌متفکران پیشین را جمع‌آوری کرد. او استدلال های مختلف را یکی بعداز دیگری به ترتیب منظم ساخت. اقلیدس کار خود را با تعدادکمی از اصولی آغازکرد که همگان آن را قبول داشتند . چنین اصولی را «اصول متعارف یاموضوعه» می‌نامند.دو مثال از این اصول عبارتنداز «کوتاه‌ترین راه میان دونقطه، خط مستقیم است» و «کل یك چیز با مجموع اجزاء آن چیز برابر است».

نظریه زیاد، عمل هیچ

کتاب اقلیدس آنقدر خوب تنظیم‌شده بودکه ازآن پس یك کتاب درسی به‌شمار آمد، با این‌حال در تمام این کتاب باارزش اشاره‌یی به این مطلب نشده که ممکن است نتیجه‌گیری های‌آن درزندگی عادی انسان به‌کارآید. درواقع یونانیان‌ریاضیات‌خودرابرای‌این‌پیشرفت‌دادندکه‌ازآن درتوضیح‌حرکت‌سیارات‌و نظریه‌ی‌هماهنگی‌استفاده‌کنند.هرچه باشد، ستاره‌شناسی وموسیقی برای اشراف کار مناسبی به‌شمار می‌آمد.

بدین‌ترتیب ارشمیدس ازدوجنبه به موفقیت رسید، یکی درکار عملی مهندسی بـدون استفاده از ریاضیات دقیق یونان، ودیگری در ریاضیات یونان‌که‌هیچ‌استفاده‌ی‌عملی ازآن نمی‌شد. توانایی های‌او فرصت خوبی برای‌پیوستن این دوجنبه به‌او می‌داد. ولی‌اوچگونه می‌بایست این کار را انجام دهد؟

وسیله‌ی شگفت‌انگیز

دیلم را در نظر بگیرید. این یك وسیله‌ی ساده‌اماشگفت‌انگیزاست.بدون دیلم،یك سنگ بزرگ را تنهابازور بازوی آدم های بسیار می‌توان‌ازجای خود بلندکرد. اماهنگامی‌که دیلمی زیر سنگ قرارداده آن را روی تکیه‌گاهی (مثلا یك سنگ‌کوچکتر) قرار دهیم، یك‌انسان به‌تنهایی می‌تواند سنگ بزرگ رابه‌آسانی از جای خود بلندکند .

دیلم، وچیزهای مانند آن انواع‌گوناگون اهرم هستند. هرچیز بلند ومحکمی را مثل یك چوبدست، یك‌تخته و یایك میله، می‌توان به‌عنوان‌اهرم‌به‌کاربرد. اهرم وسیله یی آنقدرساده‌است که حتی‌انسان پیش‌از تاریخ نیز ازآن‌استفاده می‌کرد. اما انسان های پیش‌ازتاریخ وحتی فیلسوفان یونان طرزکاراهرم را نمی‌دانستند. ارسطوی‌بزرگ ، که یکی از شاگردان افلاطون بود، متوجه شدکه وقتی‌یك طرف اهرم به پایین فشار داده شود وطرف‌دیگر بالا رود، هردوطرف اهرم دایره‌هایی در هوا رسم می‌کنند. او نتیجه‌گیری کردکه اهرم صفات شگفت‌آوری دارد، زیرا شکل دایره بسیار جـالب به نظر می‌رسید .

ارشمیدس‌بااهرم‌آزمایش‌هایی کرده‌بود ومی‌دانست‌که‌توضیحات‌ارسطو درمورد اهرم درست نیست . ارشمیدس در آزمایش‌هایش یك اهرم بلند را طوری روی یك تکیه‌گاه قراردادکه درحالت تعادل قرارگرفت. حال اگروزنه‌یی دریك سراهرم قرار می‌داد سر دیگر اهرم‌بالا می‌رفت. اومی‌توانست باگذاشتن دو وزنـه دردوطرف اهـرم، آن را به‌حال تعادل درآورد .اگروزنه‌ها مساوی بودند،می‌توانست با قراردادن‌آن‌هادرمحل های‌معین در روی اهرم، اهرم را در حالت تعادل نگهدارد ، اما اگر وزنه‌ها مساوی نبودند تعادل اهرم موقعی حفظ می‌شدکه اووزنه‌ها را در محل های دیگری قراردهد .

ارشمیدس دریافت‌که اهرم‌ها روی قاعده‌ی خاصی عمل می‌کنند . چرا او برای توضیح این قاعده‌ازریاضیات استفاده نکند؟ مطابق اصول استنتاج ریاضی، او می‌بایست‌کار خود رابایك «اصل»، یعنی چیزی‌که بدون بحث‌واستدلال بتوان آن راقبول‌کردآغازکند. اصلی‌که ارشمیدس ازآن استفاده‌کردبرپایه‌ی نتیجه‌ی اصلی‌آزمایش‌های اودرمورداهرم‌ها قرار داشت. این اصل چنین است: وزنه‌های مساوی، درفاصله‌های مساوی ازتکیه‌گاه اهرم، اهرم را به حال تعادل درمی‌آورند. اگر وزنه‌ها درفاصله‌های نامساوی ازتکیه‌گاه قرارگیرند، طرفی‌که وزنه‌اش باتکیه‌گاه فاصله‌ی بیشتری دارد پایین خواهد رفت.

آنگاه ارشمیدس، برای رسیدن به نتایجی برپایه‌ی این اصل، به استنتاج ریاضی پرداخت . این نتایج نشان دادکه مهمترین عامل درکار هراهرم وزن وزنه‌ها یامقدار نیروهای واردشده‌براهرم‌وفاصله‌ی‌آنها تامحوراست .

فرض‌کنید، اهرمی به وسیله‌ی دووزنه‌ی نابرابر که دردوطرف‌آن قرارگرفته به حال تعادل درآمده است . مطابق آنچه ارشمیدس دریافت، برای ایجاد تعادل دراهرم، وزنه‌های نابرابر می‌بایست درفاصله‌های مختلف از تکیه‌گاه قرار بگیرند، فاصله‌ی وزنه‌ی‌کوچکتر ازتکیه‌گاه باید بیشترباشد، تاکمبود نیروی این سوی اهرم راجبران کند .مثلایك وزنه‌ی ده‌کیلویی به فاصله‌ی بیست وجب ازتکیه‌گاه دربرابر وزنه‌یی صد کیلویی که درطرف دیگر اهرم وبه فاصله‌ی دو وجب ازتکیه‌گاه قرارگرفته باشد ایجاد تعادل می‌کند. وزنه‌ی ده‌کیلویی ده برابر سبکتر است، بنابراین فاصله‌ی آن از تکیه‌گاه باید ده برابر زیادترباشد. این موضوع روشن می‌کندکه چگونه یك مرد می‌تواند یك سنگ بزرگ رابا اهرم ازجا بلندکند. وقتی او تکیه‌گاه‌را خیلی نزدیك سنگ قرار دهد نیروی‌کمی که‌درفاصله‌ی زیادی از تکیه‌گاه‌واردمی‌کند سنگ را، که درفاصله‌ی کوتاهی ازتکیه‌گاه قرارگرفته، ازجابلند می‌کند .

ارشمیدس دریافت‌که اگر نیروی انسان درفاصله‌ی فوق‌العاده زیادی از محور اهرم به کار رود یك وزنه‌ی فوق‌العاده بزرگ را می‌توان ازجابلندکرد. از ارشمیدس چنین نقل قول کرده‌اند :

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

اما درحقیقت این پژوهش‌های ارشمیدس درباره‌ی اهرم بودکه دنیا را تکان داد. ارشمیدس اولین کسی بود که از ریاضیات یونان درکارهای فنی وعملی استفاده‌کرد. او بایك جهش سریع پیشاهنگ ریاضیات عملی شد و علم مکانیك را بنانهاد . بدینسان او مشعل انقلاب علمی را برافروخت ، مشعلی که فروغ آن هجده قرن بعد سراسر دنیا را فرا گرفت .

۴
گالیله و آزمایش

دریك روزیکشنبه درسال ۱۵۸۱ میلادی جوان هفده ساله‌ای در کلیسای بزرگ شهر پیزا درایتالیا در مراسم مذهبی شرکت کرده بود. اویك مؤمن مذهبی‌بود ومسلماً می‌کوشیدکه همه‌ی حواسش متوجه دعاهایش باشد.اما چلچراغی که درنزدیکی او ازسقف‌آویزان بود، حواسش را پرت‌کرد. جریان هوا چلچراغ را به نوسان درآورده بود . درحالی‌که چلچراغ‌گاهی به‌آرامی‌وگاهی‌با دورهای‌بزرگ حرکت‌می‌کرد ، مرد جوان متوجه چیزی شد . زمان نوسان‌های چلچراغ چه در دور های بلند و چه دردورهای‌کوتاه ، مساوی‌به نظر می‌رسید.آیا این‌عجیب نبود ؟ آیانبایددورهای بلندتر ، زمان بیشتری طول‌بکشد ؟

مرد جوان، که اسمش گالیله بود، می‌بایست دراین هنگام دعا را ازیاد برده باشد . او چشمانش را بـه چلچراغ درحال‌نوسان دوخت وانگشتان دست راستش را روی نبض دست چپش قرارداد . هنگامی که صدای ارگ کلیسارا فرا- گرفت‌او شروع‌کرد ضربان نبضش‌را بشمارد .شماره‌ی ضربان نبض دریك دورنوسان چلچراغ باشماره‌ی ضربان در دور

دیگر برابر بود ودر دیگر دورها نیزبه همچنین . پس شماره‌ی ضربان نبض همیشه یکسان بود، چه دردورهای کوتاه وچه در دورهای بلند .

گالیله به زحمت توانست تاآخر دعا درکلیسا بماند. وقتی دعا تمام شد ، دوان دوان به خانه رفت وچند وزنه را ازنخ آویزان کرد. وقتی زمان نوسان‌های آن‌ها را اندازه‌گرفت دریافت‌که وزنه‌یی که ازیك نخ بلندتر آویزان شده برای جلو وعقب رفتن وقت بیشتری می‌گیرد،تاوزنه‌یی‌که ازنخ کوتاهتری آویزان شده است.به‌هر حال وقتی‌اوهروزنه راجداگانه بررسی‌کرد دریافت‌که زمان‌نوسان‌های‌هروزنه،چه دردورهای‌بزرگ وچه‌دردورهای‌کوچك،همیشه‌مساوی‌است. بدین ترتیب‌گالیله «اصل پاندول»راکشف‌کرد .

اما در حقیقت‌کاری بیش‌ازاین انجام داد . او خود را درموضوعی واردکردکه مدت دوهزارسال اندیشمندان دنیا را سردرگم‌کرده بود . این موضوع، مسأله‌ی اجسام متحرك بود .

فرضیه‌های قدیم

مردم روزگار باستان می‌دیدندکه موجودات زنده می‌توانند خودشان وهمچنین اجسام بیجان را حرکت دهند. ازسوی دیگر معمولاً اجسام بیجان نمی‌توانستند حرکت‌کنند، مگر این‌که موجود زنده‌یی آن‌ها را به‌حرکت درمی‌آورد. اما آنان می‌دیدندکه‌استثناهای زیادی هم وجود دارد ـ دریا، باد، خورشید وماه همگی بدون‌کمك موجودات زنده‌حرکت می‌کردند . حرکت دیگری‌که به موجودات زنده بستگی نداشت سقوط اجسام بود .

ارسطو، فیلسوف یونانی، فکرمی‌کردکه سقوط برای همه‌ی اجسام سنگین امری طبیعی است . به نظر او هر قدرکه جسم سنگین‌تر بود با سرعت بیشتری سقوط می‌کرد. یك سنگ‌تندتراز یك‌برگ‌و یك سنگ‌بزرگ‌تندتر ازیك سنگ کوچك سقوط می‌کرد .

یك قرن بعد ، ارشمیدس از ریاضیات در مورد حالت‌های فیزیکی استفاده کرد ، اما فقط در مورد حالت‌های فیزیکی ساکن . مسأله‌ی حرکت سریع حتی ازگنجایش اندیشه‌ی‌بزرگ‌اونیز بیرون بود . مثلاً او ریاضیات را در مورد اهرم درحال تعادل به‌کار گرفت .تا هجده قرن بعد از آن هیچکس با عقاید ارسطو در مورد حرکت مخالفتی نکرد، وعلم فیزیك به‌حالت رکود باقی ماند .

کندکردن سقوط اجسام

درسال ۱۵۹۸ گالیله تحصیلات دانشگاهیش راتمام‌کرده وبه خاطرکارهایش در زمینه‌ی مکانیك شهرتی‌یافته

بود . اوهم مانندارشمیدس ریاضیات را درفیزیك ساکن به‌کارگرفته‌بود.اما مشتاق آن بودکه دوباره به مطالعه‌درباره‌ی حرکت بپردازد .

او می‌اندیشید که اگر راه مطمئنی برای کندکردن سقوط اجسام وجود داشته باشد در آن صورت خواهد توانست سقوط اجسام را آزمایش وجزئیات آن را مطالعه کند (در یك «آزمایش» دانشمندشرایط خاصی را بوجود می‌آوردکه در آن مشاهده ومطالعه‌ی پدیده‌ها برایش آسان‌تراز مشاهده ومطالعه‌ی آن‌ها درطبیعت باشد.)

گالیله پاندول را به خاطر آورد. اگر وزنه‌یی به یك نخ آویزان باشد وآن را به یك طرف کشیده سپس رها کنیم، وزنه به سوی‌زمین به حرکت‌درمی‌آید. امانخی‌که به وزنه بسته است، ازسقوط مستقیم‌آن به طرف‌زمین‌جلوگیری می‌کند. درعوض وزنه به طور مایل وبه آهستگی سقوط می‌کند ومی‌توان مدت سقوط آن را اندازه‌گیری کرد.

یك وزنه که به نخی بسته شده، برخلاف یك وزنه‌ی آزاد، دریك خط مستقیم سقوط نمی‌کند. این نکته برای گالیله دشواری‌هایی ایجاد می‌کرد. چگونه می‌توانست آزمایشی‌کندکه درآن جسمی را به طور مایل ودر یك خط مستقیم به حرکت درآورد؟

با یك تخته درازکه شیاری دروسط آن وجود داشته باشد، به سادگی می‌توان این کار را انجام داد. وقتی گلوله‌هایی روی این شیاربگذارند، وتخته را به طورمایل قراردهند، گلوله‌ها به طورمستقیم به حرکت درمی‌آیند ووقتی تخته را نزدیك به حالت افقی‌نگهدارند حرکت‌آن‌ها بسیارآهسته می‌شود وشخص می‌تواند حرکت‌آن‌ها را باتمام جزئیات مطالعه کند.

گالیله چندین‌گلوله به وزن‌های مختلف‌را ازروی این شیاربه پایین غلتاند ومدت حرکت‌آن‌ها را به‌وسیله‌ی قطره‌هایی که ازسوراخ ظرف آبی می‌چکید، اندازه گرفت. او دریافت‌که به‌جزگلوله‌هایی‌که ازجنس بسیار سبکی درست شده‌اند، اختلاف وزن گلوله‌ها هیچ تأثیری درسرعت حرکت آن‌ها ندارد. در این آزمایش همه‌ی گلوله‌ها که ازجنس محکمی درست شده بودند، دریك زمان معین طول شیار را طی‌کردند.

ارسطو عقب ماند

گالیله دریافت‌که همه‌ی اجسام هنگام سقوط هوا را می‌شکافند. اجسام سبك این کار را با اشکال انجام

می‌دهند وحرکت آن‌هاکند می‌شود. اجسام سنگین‌تر این کار را به آسانی انجام می‌دهند وحرکت آن‌ها کند نمی‌شود. در خلاءکه مقاومت هوا وجود ندارد، سرعت سقوط یك پر ویك دانه‌ی برف به اندازه‌ای سرعت سقوط یك‌گلوله‌ی سربی است. ارسطوگفته‌بودکه سرعت سقوط‌اجسام به‌وزن‌آن‌ها بستگی دارد. گالیله ثابت‌کردکه این امرتنها درموارد استثنایی، یعنی درمورد اجسام بسیار سبك، صادق است وآن هم تنها بـه علت مقاومت هواست. نظرگالیلـه درست، ونظـر ارسطو نادرست بود.

گالیله، سپس شیار روی تخته‌راباعلامت‌هایی به قسمت‌های‌کوچك‌ومساوی تقسیم‌کرد. او دریافت‌که‌گلوله‌ها هرقسمت شیار را نسبت به‌قسمت قبلی در زمان‌کمتری طی می‌کنند. روشن بود که سرعت جسم درحال سقوط به تدریج بیشتر می‌شود. به عبارت‌دیگر باگذشت هرواحد زمان ، حرکت‌آن تندتر می‌شود.

گالیله توانست روابطساده ریاضی راکه بتواندازآن درمحاسبه‌ی سرعت سقوط اجسام‌استفاده کند، بـوجود آورد. بدین‌ترتیب او ریاضیات را ، که زمانی ارشمیدس در مورد اجسام ساکـن بـه کار گـرفته بود ، در مورد اجسام متحرك به کاربرد.

گالیله بااین کار وبا اطلاعاتی‌که درآزمایش‌هایش باگلوله‌های غلتان به دست‌آورده بود، به‌نتایج شگفت‌انگیزی رسید. مثلا به‌دقت دریافت‌که‌گلوله‌ی توپ پس‌از خروج ازلوله چگونه حرکت می‌کند.

گالیله اولین‌کسی‌نبود که دست‌به‌آزمایش زد، اما نتایج‌جالبی که او از مسأله‌ی سقوط اجسام به‌دست‌آورد، آزمایش‌را دردنیای‌علم بیش‌ازپیش‌رواج‌داد. ازآن‌پس، دیگردانشمندان تنها به‌استدلال‌ازروی اصول بس‌نمی‌کردند. به‌جای آن‌طرح آزمایش‌هایی را می‌ریختند و اندازه‌گیری می‌کردند . آن‌ها توانستند از آزمایش‌برای بررسی درستی استدلال‌خود و همچنین برای رسیدن به استدلال های تازه استفاده‌کنند. ازاین رو ما سال ۱۵۸۹ را سال‌آغاز دانش‌تجربی می‌شناسیم. اما برای پیشرفت دانش تجربی،می‌بایست‌تغییرات رابه دقت‌اندازه‌گیری کرد واز همه مهمتر خودگذشت‌زمان‌رامی‌بایست دقیقاً اندازه‌گرفت.

حتی در زمان های بسیار قدیم، انسان می‌توانست واحدهای زمانی بـزرگ را به وسیله‌ی تغییرات نجومی اندازه‌گیری‌کند، گذشت پی در پی چهار فصل ، نشان دهنده‌ی گذشت یك سال، و تغییر دائمـی شکل مـاه نشان دهنده‌ی

PersianPDF.com
گذشت یك ماه، و گردش مداوم زمین نشان دهنده‌ی روزها بود. برای اندازه‌گیری واحدهای زمانی کمتر از یك روز، ساعت‌های مختلفی روشهایی را که دقت کمتری داشت به‌کاربرد. در قرون میانه ساعت مکانیکی مورد استفاده قرار گرفت. عقربه‌های این ساعت بوسیله‌ی چرخ دنده‌هایی که با وزنه‌هایی آویزان کنترل می‌شد برگرد صفحه‌یی 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 طوریکنواخت به‌حرکت درآورد. بنابراین چنین ساعت‌هایی آنچنان تند و یا کند کار می‌کردند که هیچکس نمی‌توانست اطمینان کند که این ساعت‌ها وقتی کوتاهتر از یك ساعت را به خوبی تعیین کنند.

انقلاب در نگهداری وقت

چیزی که لازم بود یك حرکت کاملا یکنواخت بود که گردش این چرخ‌ها را تنظیم کند. درسال ۱۶۵۶ (چهارده سال بعداز مرگ گالیله) کریستین هوگنس، دانشمند آلمانی به فکر پاندول افتاد.

نوسان های پاندول در فاصله‌های زمانی مساوی انجام می‌گرفت، فرض کنید که یك پاندول به‌طوری به‌ساعت 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 معمولا پدربزرگ ساعت‌ها نامیده می‌شود، اختراع کند.

ساعت هوگنس نخستین ساعت دقیق بشربود که براساس اصلی که گالیله‌ی جوان کشف کرده بود ساخته شد، و به دانش تجربی کمك زیادی کرد.

۵

دموکریتوس و اتم

او را فیلسوف خندان می‌نامیدند زیرا به‌نظر می‌رسیدکه همیشه به‌تلخی به حماقت های مردم می‌خندد.

نام او دموکریتوس بود ودر حدودسال ۴۷۰قبل‌از میلاد درشهریونانی آبدرا به‌دنیاآمد.شایدهمشهری‌هایش‌گمان‌می‌کردندکه خنده‌ی او از روی دیوانگی است . روایت کـرده‌اند که مردم او را دیوانه می‌دانستند، وحتی‌برای معـالجه‌اش پزشکـانی رافرا خواندند.

مسلماً عقاید دموکریتوس بسیار عجیب به نظر می‌رسید. مثلا او در اندیشه‌ی این بودکه یك قطـره‌ی آب را تاچه‌اندازه می‌توان‌تقسیم‌کرد. می‌توان قطره های‌کوچك وکوچکتری ازآب درست کردتا آنقدر کوچك شود که دیگرقابل دیدن نباشد. اما آیا حدی بر این کار وجود دارد؟ آیا سرانجام قطره‌ی بسیارکوچکی که دیگر قابل تقسیم نباشد بـه دست

خواهد آمد؟

آیا تقسیم کردن پایانی دارد ؟

لیولیپوس ، معلم دموکریتوس ، گمان داشت که حدی برای تقسیم‌وجود دارد. دموکریتوس به تفکر دراین مورد ادامه داد وسرانجام اعلام کردکه همه‌ی‌اشیاء فقط تاحدمعینی تقسیم شدنی هستند وکوچکترین تکه‌یاذره ازهرچیز غیرقابل تقسیم است. اوکوچکترین قسمت اشیاء را اتم نامید که‌به‌یونانی تقسیم نشدنی معنی می‌دهد. دموکریتوس گفت که تمام دنیا از چنین ذرات کـوچك و تقسیم نشدنـی درست شده است. دردنیا هیچ چیز جز این ذره‌ها و فضاهـای خالی میان آن‌هـا وجود ندارد.

به نظر دموکریتوس این ذرات انواع مختلفی دارند. آن‌هابه‌ترتیب‌های متفاوتی باهم ترکیب شده‌اند وهرترتیبی ازآن ماده‌ی خاصی را تشکیل می‌دهد. اگر ماده‌ی‌آهن زنگ‌بزند، به عبارت دیگر به‌ماده‌ی زنگ تبدیل شود، به این‌دلیل است که ذرات داخل آهن‌به‌شکل تازه‌یی‌درکنارهم قرار می‌گیرند. به همین شکل سنگ‌مس‌به‌مس‌وچوب پس‌از سوختن به خاکسترتبدیل می‌شود .

بیشتر فیلسوفان یونان به دموکریتوس می‌خندیدند. چگونه ممکن است چیزی تقسیم نشدنی باشد؟ یك ذره یا بخشی‌ازفضارا اشغال‌می‌کند ویا نمی‌کند، اگربخشی ازفضارا اشغال‌کند پس می‌تواند به‌دوقسمت تقسیم شود وهریك ازاین دوقسمت‌جای کمتری را نسبت به‌بخش اصلی اشغال می‌کند. اگر شیئی فضا را اشغال نکند قابل تقسیم نیست، اما چیزی که فضا را اشغال نکند وجود ندارد. پس چگونه ممکن است‌که اشیاء ازهیچ درست شوند؟

به هرحال فیلسوفان نظریه‌ی اتم را بی معنی می‌دانستند . پس تعجبی ندارد که مردم با تردید به دموکریتوس می‌نگریستند ودرعاقل‌بودن اوشك می‌کردند. آن‌ها حتی‌کتاب‌های دموکریتوس را قابل‌نسخه‌برداری نمی‌دانستند. دموکریتوس بیش ازهفتاد جلد کتاب نوشت اما حتی یکی ازآن‌ها هم باقی نمانده است.

البته برخی ازفیلسوفان عقیده‌ی ذرات تقسیم نشدنی را پذیرفتند. درسال ۳۰۶ قبل از میلاد، تقریباً یك قرن پس ازمرگ دموکریتوس، فیلسوفی به نام اپیکور مدرسه‌ای درآتن بنا نهـاد. اومعلمی سرشناس بود وشاگـردان زیادی داشت. روش‌فلسفی او«اپیکوری» نامیده‌می‌شود. این‌روش‌قرن‌ها اهمیت‌خودرا حفظ کرد. فرضیه‌ی ذرات‌کوچك دموکریتوس

قسمتی ازاین فلسفه را تشکیل می‌داد.

با وجود این حتی اپیکور نتوانست معاصران خودرا متقاعدکند وپیروانش خودرا دراقلیت یافتند. هیچیك از نوشته‌های اپیکور ، مانند آثار دموکریتوس ، باقی نمانده‌است.

درحدود سال ۶۰ قبل ازمیلاد واقعه‌ی سودمندی اتفاق افتاد. یك شاعررومی‌به نام لوکرتیوس به فلسفه‌ی اپیکور علاقمند شد وشعربلندی باعنوان « در باره‌ی طبیعت اشیاء » سرود. لوکرتیوس دراین شعرگفت‌که جهان ازذرات تقسیم‌نشدنی دموکریتوس ساخته شده است. این‌کتاب شهرت یافت ونسخه‌های متعددی ازآن دست‌نویس شد و ازاین رو ازدستبرد زمان قدیم وقرون میانه درامان ماند، واز راه این کتاب بودکه جهان ازجزئیات عقاید دموکریتوس آگاه شد.

درزمان قدیم کتاب‌ها را با دست می‌نوشتند وقیمت آن‌ها گران بود. نتیجه‌آنکه حتی از بزرگترین آثارفقط تعداد کمی نسخه دستنویس می‌شد وتنها ثروتمندان می‌توانستند این نسخه‌ها را بخرند. درحدود سال ۱۴۵۰ بعداز میلاد دراثر اختراع ماشین چاپ،که کتاب را ارزانتر وبه تعداد زیاد تهیه می‌کرد ، تغییرات بزرگی بوجود آمد. یکی از نخستین کتاب‌هایی‌که به چاپ رسید کتاب لوکرتیوس «درباره‌ی طبیعت اشیاء» بود.

از گاساندی تا بویل

بدین ترتیب حتی فقیرترین خردمندان اوایل دوران جدید نیز می‌توانستند عقاید دموکریتوس را مطالعه کنند. بعضی‌ازدانشمندانی‌که به‌مطالعه‌ی عقاید دموکریتوس پرداختند سخت زیرتأثیرآن‌قرارگرفتند. فیلسوف‌فرانسوی‌قرن‌هفدهم، پیرگاساندی ازمعتقدان سرسخت اپیکور شد. اوباقدرت هرچه تمامترازفرضیه‌ی ذرات‌کوچك وتقسیم نشدنی دفاع‌می‌کرد.

یکی ازشاگردان گاساندی ، یك انگلیسی به نام رابرت بویل بود. اودرسال ۱۶۶۰درباره‌ی‌هوامطالعه‌می‌کرد. او می‌خواست بداندکه چرا هوا را می‌توان فشرده‌کرد وچرا هنگامی‌که هوا فشرده می‌شود جای کمتری را اشغال می‌کند. اوفکر می‌کرد که هوا ازذرات بسیار ریزی تشکیل شده که فضای زیادی میان آن‌ها وجود دارد . فشرده شدن هوا به این معنی است‌که این ذرات به هم نزدیك شده وفضای خالی میان آن‌ها کمتر می‌شود. این اندیشه منطقی به نظرمی‌رسید.

ازسوی دیگر آب می‌بایست از ذرات نزدیك به هم تشکیل شده باشد ، آنقدر نزدیك که این ذرات با هم در تماس باشند. به نظر بویل چنین می‌رسیدکه، درست به همین علت، نمی‌توان‌آب را درحالت مایع خود بیش ازاین‌فشرده

کرد. اما اگر ذرات آب ازهم دورشوند آب به صورت بخار درمی‌آید یعنی به صورت یك ماده‌ی نافشرده مانند هوا.

بدین ترتیب بویل هم یکی ازپیروان دموکریتوس شد.

بنابراین درمدت دوهزارسال خط زنجیر پیوسته‌یی ازمعتقدان نظریه‌ی ذرات تقسیم نشدنی وجود داشت : دموکریتوس، اپیکور ، لوکرتیوس ، گاساندی وبویل . با اینهمه اکثریت هرگزعقایدآن‌هارا نپذیرفت. آنان می‌گفتند: «عجب! ذره‌ای که نمی‌توان آن را به ذرات‌کوچکتر تقسیم کرد؟ این حرفی بی معنی است!».

اندازه‌گیرها

درقرن هیجدهم شیمیدانان باردیگر بـه بررسی چگونگـی درست شدن ترکیبات شیمیایی پرداختند . آن‌هـا می‌دانستند که برای بوجود آوردن این ترکیبات باید مواد شیمیایی دیگری با هم ترکیب شوند . مثلا از ترکیب مس، اکسیژن وکربن، کربنات مس به‌دست می‌آید. اما آنان برای نخستین بار آغازآن کردند که وزن نسبی موادی را که با هم ترکیب می‌شوند اندازه بگیرند.

دراواخرقرن یك شیمیدان فرانسوی به‌نام ژوزف‌لویی‌پروست با دقت به چنین اندازه‌گیری‌هایی پرداخت. مثلاً او دریافت که هربار مس، اکسیژن وکربن، کربنات مس درست کنند نسبت وزن آن‌ها به یکدیگر همیشه یکسان است . این نسبت عبارت بود ازپنج واحد مس، چهار واحد اکسیژن ویك واحد کربن. به عبارت دیگر اگر پروست بـرای درست کردن کربنات مس، پنج گرم مس به کار می‌برد، می‌بایست چهارگرم اکسیژن ویك گرم کربن نیز به کار برد.

این کار باپختن کیك فرق می‌کرد . در پختن کیك او می‌توانست به دلخواه مقدارآرد را کمی زیادتر و یـا اینکه مقدار شیررا کمترکند . اما نمی‌توانست شیوه‌ی ساختن کربنات مس را عوض کند. هـرگاه پروست کـربنات مس می‌ساخت، نسبت همیشه ۵و۴و۱ بود وهرگز نمی‌توانست چیز دیگری باشد .

اومواد دیگری را نیزآزمایش کرد وهمان نتیجه را به دست آورد: همیشه یك شیوه به کار می‌رفت . درسال ۱۷۹۹ نتایجی را که بدست آورده بود اعلام کرد. آنچه که اینك ما « قانون پروست » ویا « قانون نسبت‌های معین » می‌نامیم ازهمین نتایج به دست آمده است .

هنگامی که پروست نتیجه‌گیری‌های خود را اعلام کرد، جان‌دالتون، شیمیدان انگلیسی ، با خود انـدیشید : «عجیب است! چرا باید اینطور باشد؟» دالتون به‌فکر ذرات تقسیم نشدنی افتاد. آیاممکن است یك ذره‌ی‌اکسیژن‌همیشه ۴ برابر یك ذره‌ی‌کربن ویك ذره‌ی‌مس ۵برابر یك ذره‌ی‌کربن وزن داشته باشد؟ درصورتی‌که چنین باشد اگر با ترکیب یك ذره مس یك ذره‌ی‌اکسیژن‌ویك ذره‌ی‌کربن،کربنات مس بسازیم ، نسبتهای آنها ۵و۴و۱ خواهد بود حال اگر بخواهیم این نسبتها را کمی تغییر دهیم، باید قسمتی ازیکی ازاین سه‌ذره را برداریم وازآنجاکه پروست و شیمیدانان دیگر نشان داده بودند که نسبتهای یك ترکیب شیمیایی قابل تغییر نیست، این بدین معنی بودکه نمی‌توان‌قسمتی‌از ذره‌هارا برداشت او نیز مانند دموکریتوس به‌این نتیجه رسیدکه این ذرات بقدری‌کوچکندکه آنها را نمی‌توان دید.

دالتون به جستجوی دلایل بیشتری پرداخت . اوترکیبات مختلفی را یافت‌که ازهمان موادی که نامشان آمد تشکیل شده بودند. اما نسبت‌های این مواد درهریك ازاین ترکیب‌ها متفاوت بود. مثلاً کربن دی‌اکسید ازترکیب‌کربن و اکسیژن بوجود می‌آمد، اما نسبت آن‌ها دراین ترکیب ۳ واحد کربن و۸ واحد اکسیژن بود. کربن مونوکسید نیز از کربن واکسیژن تشکیل می‌شد، ولی دراین ترکیب نسبت آنها ۳به۴ بود. این موضوع بسیارجالب بود. تعداد واحدهای وزن‌کربن دراین دوترکیب یکسان بود: سه واحد درکربن مونوکسید وسه واحد درکربن دی‌اکسید. بنابراین، این امکان وجود داشت که درهریك از این ترکیب‌ها یك ذره‌ی کربن به‌وزن سه واحد وجود داشته باشد. درضمن نسبت هشت واحد اکسیژن‌درکربن‌دی اکسید، درست‌دوبرابر نسبت‌آن درکربن مونوکسیدبود. دالتون اندیشیدکه‌اگر یك ذره‌ی‌اکسیژن چهار واحدوزن داشته باشد، پس‌شاید کربن مونوکسید ازیك‌واحداکسیژن وکربن دی اکسید ازدوواحداکسیژن‌تشکیل‌شده‌باشد .

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

می‌شد این نسبت راچنین توضیح‌داد: کربنات مس‌ازیك ذره‌ی‌کربن وسه ذره‌ی‌اکسیژن تشکیل‌شده‌است.بدین ترتیب همیشه نسبت‌های ترکیب مواد شیمیایی از اعداد صحیح تشکیل می‌شد وهیچگاه عدد کسری نبود.

درسال ۱۸۰۳ دالتون نظریه‌ی خودرا درباره‌ی‌ذرات تقسیم نشدنی اعلام‌کرد. اما این بارگفته های او باآنچه

که‌درگذشته در این مورد گفته شده بود فرق می‌کرد. ازآن پس‌دیگر این نظریه تنها یك عقیده نبود. تجربیات تمامی یك قرن درشیمی این نظریه را تأییدمی‌کرد.

اثبات اتم ازراه تجربه

پیشرفت هایی که‌گالیله درعلم بوجود آورد، ارزش خودرا ثابت‌کرد. استدلال به تنهایی هرگز نمی‌توانست انسان را متقاعدکندکه ذرات تجزیه ناپذیر وجود دارند،امااستدلال همراه با نتایج تجربی این‌کار را به‌سرعت‌انجام داد.

دالتون می‌دانست نظری‌را که‌ارائه داده نخستین بار اززبان «فیلسوف خندان» شنیده‌شده‌است، وبرای این‌که این‌نکته‌را نشان دهد با فروتنی نامی‌را به‌کاربردکه دموکریتوس به‌این ذرات داده بود: «اتم» . بدین‌ترتیب دالتون نظریه‌ی اتمی را تثبیت‌کرد.

در نتیجه‌ی این نظریه درعلم شیمی انقلابی بوجودآمد. درسال ۱۹۰۰ فیزیکدانان برای‌کشف‌این‌موضوع که اتم نیز ازذرات کوچکتری تشکیل شده است، ازروش هایی استفاده‌کردندکه تا آن زمان‌کسی‌حتی خواب‌آن را هم ندیده بود. بدین‌ترتیب علم فیزیك نیزدستخوش انقلاب‌شد. بدین‌سان هنگامی‌که انرژی درون اتم برای تولید نیروی‌اتمی آزاد شد درتاریخ انسان نیزانقلابی به وقوع پیوست .

٦

لاوازیه و گازها

باور کردن این موضوع که هوا واقعاً چیزی است، مشکل است. شما نمی‌توانید آن را ببینید و معمولا وجود آن را حس‌نمی‌کنید. با اینحال هوا وجود دارد. اگرهوا به‌سرعت زیادحرکت‌کند توفان می‌شود ومی‌تواندکشتیها را غرق کند ودرختها را بیندازد. وجود هوارا نمی‌توان انکارکرد .

آیا هوا تنها ماده‌ای است که دیده نمی‌شود ؟ ظاهراً کیمیاگران قرون میانه چنین می‌اندیشیدند . وقتی از جوشانده‌های آنها حباب های بیرنگ وبا بخارآب بیرون می‌آمد گمان می‌کردند هوا بوجود آورده‌اند .

اگر کیمیاگران درزمان مازندگی می‌کردند، ما بسیاری ازنظریه‌های آنان را جدی نمی‌گرفتیم.

از این‌گذشته کیمیاگری یك علم دروغین‌بودکه بیش‌از اینکه‌به‌افزودن بردانش مایل باشدبه‌تبدیل‌فلزات‌دیگر

به طلا توجه داشت. باوجود این برخی ازکیمیاگران قابل درمورد ویژگی‌های فلزات وموادی‌که با آنها سروکار داشتند تجربیات ومطالعاتی‌کردند. دراین زمینه آنها کشف‌های مهمی‌کردندکه به‌تکامل شیمی جدید کمك بسیار کرده‌است.

یك کیمیاگر قابل

یکی ازکیمیاگران با استعداد یان باپتیستاوان هلمونت بـود. او درواقع پزشك بود وتنهـا از روی‌سرگرمـی کیمیاگری می‌کرد. درحدود سال ۱۶۳۰ وان هلمونت از پذیرفتن‌این‌نظریه‌که همه‌ی بخارهای بی‌رنگ به‌راستی‌هواهستند، سر باز زد .بخاری‌که ازجوشانده‌های وان هلمونت برمی‌خاست به هیچ روی باهوا همانندی نداشت.

مثلا هنگامی‌که او تکه‌هایی ازنقره را دریك مایع غلیظ به‌نام اسید نیتریك‌انداخت، نقره دراین مایع حل‌شدو بخار سرخ رنگی از حبابهای سطح‌مایع برخاست ودرفضای بالای مایع قرارگرفت. آیا این هوا بود؟ آیا تا آن زمان‌کسی چیزی از هوای سرخ رنك شنیده بود؟

پس‌از آن وقتی وان هلمونت سنك آهك را درسرکه انداخت ، دوباره بخار از حبـابهای سطح مایع بالاآمد. این حبابها بی‌رنك بودند ودرست مانند حبابهای هوا به نظر می‌رسیدند . اما وقتی‌او یك شمع روشن دربالای سطح مایع نگه‌می‌داشت شمع خاموش می‌شد. این‌چه نوع هوایی بودکه‌شمع نمی‌توانست‌درآن‌بسوزد؟ چنین‌بخاری‌که‌آتش راخاموش می‌کرد ازآب میوه‌ی درحال تخمیر وازچوب درحال سوختن نیز برمی‌خاست.

بنابراین چیزهایی که وان هلمونت وکیمیاگران دیگر بوجود می‌آوردند وآنهارا «هوا» می‌نامیدند درحقیقت هوانبود. اماآنقدر به‌هوا شبیه بودکه‌هرکسی‌را به‌اشتباه‌می‌انداخت.البته‌هرکسی جز وان هلموت را. او به‌این‌نتیجه‌رسید که‌هوا یکی از انواع مواد هوا مانند است .

مطالعه دربارهٔ‌این مواد دشوارتراز مطالعه‌درمورد موادی‌بود که به‌سادگی می‌شد آنهارا دیدوحس‌کرد.مواد معمولی اشکال مشخصی داشتند ومقدار معینی از فضا را اشغال می‌کردند. آنهارا می‌شد به‌قسمت‌های‌کوچکتر ومقدارهای کمتر تقسیم کرد. مانند یك حبه‌قندونصف‌لیوان‌آب. اماموادهوامانند چنین نبودند. به‌نظر می‌رسیدکه‌این مواد درهمه‌جا بطور رقیق پراکنده می‌شوند وشکل خاصی ندارند.

لازم بود به این گروه ازموادنامی‌تازه داده شود. وان هلمونت این افسانه‌ی یونانی رامی‌دانست که‌جهان در آغاز از یك 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 درجایی‌که امروزه بلژیك‌است، زندگی می‌کرد. اواین واژه یونانی‌را به‌شیوه‌ی فلاندری تلفظ‌کرد، چون‌تلفظ آن درآن زبان‌گازبودازآن پس این‌واژه به‌صورت امروزیش درآمد. وان‌هلمونت نخستین کسی بودکه پی‌برد هوا یك نوع گاز است و انواع گازهای دیگر نیز وجود دارند .

امروزه‌ماگازقرمزرنك وان‌هلمونت را«نیتروژن‌دی‌اکسید»وگازخاموش‌کننده‌ی‌آتش‌را«کربن‌دی‌اکسید»می‌نامیم.

وان‌هلمونت مطالعه درباره‌ی گازها را دشواریافت، زیرابه‌محض اینکه‌گازها تشکیل می‌شدندبا هوا مخلوط‌شده ازمیان می‌رفتند. باوجود این حدودصدسال بعد یك‌کشیش‌انگلیسی بنام استفن‌هیلز راهی‌اندیشید که‌ازمخلوط‌شدن‌گازباهوا جلوگیری کند.

هیلز درظرفی‌که تنها به وسیله‌ی یك لوله‌ی سرکج به خارج راه داشت مقداری گاز ایجاد کرد . آنگاه نوك این لوله را در دهانه‌ی یك بطری پرازآب، که به طور وارونه در ظرف آبی قرار داده شده بود، داخل‌کرد . حباب‌های گاز از لوله عبورکرد، وارد بطری شد و با فشارآب آنرا خارج‌کرد . بدین ترتیب یك بطری پراز یك نوع گازمعین در اختیارهیلز قرارگرفت‌که می‌توانست باآن آزمایشهایی انجام دهد.

نوشابه‌ی تازه‌ی پریستلی

متأسفانه جمع‌آوری بعضی‌ازگازها دریك‌بطری آب ممکن نبود، زیرا این‌گازها درآب حل می‌شدند .باوجود این در حدود سال ۱۷۷۰ یك کشیش انگلیسی دیگر به نام جوزف‌پریستلی، جیوه را جانشین آب‌کرد.گازها در جیوه حل نمی‌شدند وبنابراین از این راه جمع‌آوری هرنوع‌گازی ممکن بود .

پریستلی ، دونوع گازی راکه قبلا وان‌هلمونت به وسیله‌ی آب جمع‌آوری کرده بود با استفاده از جیوه جمع‌آوری کرد . او به ویژه به کربن دی‌اکسید علاقه‌ی زیاد داشت . روزی مقداری از این‌گاز را که به وسیله‌ی جیوه جمع‌آوری‌کرده بود درآب حل‌کرد ونوشابه‌ی‌گوارایی به دست آورد . او سودا را اختراع‌کرده بود.

پریستلی همچنین گازهای آمونیاك، هیدروژن کلرید، سولفوردی‌اکسید را جمع‌آوری و گاز اکسیژن را کشف کرد. بدین‌ترتیب معلوم‌شدکه ده‌ها نوع گاز مختلف وجود دارد.

مسأله‌یی مربوط به سوختن

درطول‌سالهایی‌که پریستلی مشغول‌کشف گازهابود، یعنی‌دردهه‌ی‌هفتم‌قرن‌هجده، شیمیدان‌فرانسوی آنتوان‌لوران لاوازیه به مسأله‌ی احتراق می‌اندیشید. احتراق یعنی‌سوختن یا زنك زدن اجسام درهوا، موضوعی‌بودکه درحقیقت‌هیچکس جریان آن را نمی‌فهمید.

البته لاوازیه نخستین کسی نبود که مسأله‌ی احتراق را مطالعه کرد. اما اونسبت به پیشینیان خود امتیازی داشت، زیرا سرسختانه معتقد بود که اندازه‌گیری درست دریك آزمایش اهمیت بسیار دارد. اعتقاد به اندازه‌گیری‌های دقیق اندیشه‌یی‌تازه نبود. دویست سال قبل‌گالیله هم‌چنین نظری داده بود (به فصل چهارم مراجعه شود). اما این لاوازیه بودکه دامنه‌ی این اندیشه را به علم شیمی هم‌کشاند. بنابراین لاوازیه تنها به مشاهده‌ی اجسام درحال سوختن وآزمایش خاکستر باقیمانده‌ی آنها، ونیز تنها به‌مشاهده‌ی جریان زنگ‌زدن فلزات وآزمایش زنگ آنها، اکتفا نکرد، پیش‌ازآنکه جسمی بسوزد ویا زنگ بزند او به دقت وزن آن را اندازه می‌گرفت وپس ازاحتراق نیز دوباره همین‌کار را می‌کرد.

درآغاز، این اندازه‌گیری‌ها اورا گیج کرد. چوب می‌سوخت وخاکستری‌که ازآن به‌جا می‌ماند از اصل چوب بسیار سبکتر بود. یك شمع می‌سوخت وازمیان می‌رفت وچیزی ازآن به‌جا نمی‌ماند. لاوازیه ودوستانش الماس کوچکی خریدند وآن‌را آنقدر حرارت دادند تا شعله‌ورشد. الماس نیز ناپدید شد. آیا وقتی جسمی می‌سوزد تمام ویا قسمتی ازآن ازمیان می‌رود؟

مسأله‌یی مربوط به‌وزن

شیمی‌دانان پیشین درمورد چنین مسائلی علاقه‌ی زیادی نشان نمی‌دادند زیرا آنها به‌وزن‌کردن مواد شیمیایی عادت نداشتند. سبکتر یا سنگین‌تر برایشان فرقی نداشت.

اما لاوازیه به‌این موضوع علاقه داشت. آیاجسم سوخته به صورت هوای رقیقی‌درمی‌آید، شاید اینطورباشد. اگر اجسام موقع سوختن گاز تولید می‌کردند آیا این گازها با هوا مخلوط ودرآن ناپدید نمی‌شدند؟

وان هلمونت نشان داده بود کـــه چوب سوخته کربن دی‌اکسید تولید می‌کند لاوازیـه همین گاز را از الماس سوخته به دست آورده بود. بنابراین مسلم بودکه احتراق می‌تواند گاز بوجود آورد . اما چقدر گاز تولید می‌شود؟ آیا مقدار این گاز به اندازه‌ی مقدارکسرشده ازوزن جسم سوخته است؟

لاوازیه اندیشیدکه علت امرباید همین باشد. درحدود بیست سال‌پیش ازآن یك شیمیدان اسکاتلندی به نـــام جوزف‌بلاك سنگ‌آهك (کربنات کلسیم) را حرارت داد ودریافت‌که‌کربن دی‌اکسید از آن بلند می‌شود. سنگ‌آهك مقداری ازوزن خود را ازدست داد، اما وزن‌گاز تولید شده با این وزن ازدست رفته مساوی بود.

لاوازیه اندیشید: «فرض می‌کنیم یك جسم سوزان مقداری ازوزن خود را به علت برخاستن‌گازازآن ازدست می‌دهد، اما فلزات چطور؟ آیا وزن آنها به علت ترکیب شدن بایك نوع گاز زیادتر می‌شود؟»

آزمایشهای بلاك دراین مورد هم‌سرنخی به دست می‌داد. اوگاز کربن دی‌اکسید را درآب‌آهك (محلول‌کلسیم هیدروکلرید) داخل‌کرد وگرد سنگ آهك به دست‌آورد. لاوازیه اندیشیدکه وقتی‌کلسیم هیدروکلرید می‌تواند بایك نوع گاز ترکیب شده ماده‌ی دیگری تشکیل‌دهد، پس شاید فلزات نیز می‌توانند چنین‌کنند.

جلوگیری از نفوذ هوا

بنابراین، لاوازیه حق داشت گمان‌کندکه علت تغییروزن اجسام پس ازاحتراق، گازها هستند. اما او چگونه می‌توانست این‌حدس‌خودرا ثابت‌کند؟ وزن‌کردن خاکسترها وزنگ فلزات‌کافی‌نبود. او می‌بایست‌گازها را نیز وزن‌کند.

اما هوایی‌که زمین را فرا گرفته مشکلی ایجاد می‌کرد. اوچگونه می‌توانست گازهایی را که ازاجسام سوزان برمی‌خاستند ودرهوا پراکنده می‌شدند وزن کند؟ ازسوی دیگر اوچگونه می‌توانست مقدارگازی را که از هوا جدا شده با فلز ترکیب می‌شود تعیین کند، درحالی‌که باز هم‌مقداری هوا جای هوای ترکیب شده با فلز را می‌گیرد؟

راه حلی‌که لاوازیه برای این مسأله یافت این بود که گازها را درمحفظه‌یی حبس کند و تمام هوای درون محفظه را، جز مقداری معین، خارج سازد. او می‌توانست این کار را به وسیله‌ی ایجاد واکنشهای شیمیایی در درون یك محفظه‌ی دربسته انجام دهد. بدین‌ترتیب اگر جسمی درداخل این محفظه می‌سوخت وگازهایی ازآن برمی‌خاست این‌گازها

در درون محفظه محبوس می‌شدند. اگرجسمی زنگ می‌زد وبا گازها ترکیب می‌شد این گازها تنها ازهوای درون محفظه گرفته می‌شدند.

وزن‌کردن : بهترین دلیل

لاوازیه کار خود را باوزن کردن دقیق محفظه‌ی دربسته‌یی‌که جسم مورد نظر وهوا در آن قرارداشت ، آغاز کرد . اوجسم‌درون محفظه‌را به وسیله‌ی متمرکزکردن نورآفتاب باعدسی، ویا به وسیله‌ی روشن‌کردن‌آتش‌درزیرمحفظه، حرارت داد . هنگامی‌که جسم سوخت ویا زنگ زد، دوباره محفظه را همراه با چیزهایی که درون آن بود وزن کرد .

لاوازیه این‌کار را با مواد مختلف انجام داد. در تمام موارد، گذشته ازنوع جسم سوخته ویـا زنگ زده ، وزن محفظه‌ی دربسته هیچ تغییری نکرده بود . مثلاً خاکستر یك تکه چوب مسلماً سبکتراز خود چوب است . گازی‌که ازچوب سوخته خارج می‌شود کمبود وزن خاکسترآن را جبران می‌کند . بنابراین وزن محفظه تغییری نخواهدکرد .

فرض‌کنید یك تکه آهن مقداری گاز ازهوای داخل محفظه جذب می‌کند وبه زنگ تبدیل مـی‌شود . زنگ از آهن سنگین‌تر است، اما وزن اضافه شده به آهن موجب کم شدن وزن هوای درون محفظه می‌شود . بدین‌ترتیب وزن کل محفظه تغییر نمی‌کند.

آزمایشها واندازه‌گیری‌های لاوازیه تأثیرمهمی درپیشرفت علم شیمی داشت. این آزمایشها واندازه‌گیری‌ها مبنای نظر لاوازیه را درباره‌ی احتراق تشکیل می‌دهند، نظری که امروزه ما هنوز از آن استفاده می‌کنیم . لاوازیه بـا آزمایشهای خود به این نتیجه رسید که ماده را نه می‌توان بوجودآورد و نه ازمیان برد . ماده را تنها می‌توان ازشکلی به شکل دیگر تغییر داد ، مثلاً از جسم جامد به گاز.

این قانون ، به «قانون بقای ماده» معروف است. این اندیشه‌که ماده نابودنشدنی است،سی‌سال بعد،پذیرفتن نظریه‌ای راکه می‌گفت ماده ازاتمهای تقسیم نشدنی بوجودآمده است ، آسانترکرد.(به‌فصل پنجم مراجعه‌شود).

هم قانون بقای ماده و هم فرضیه‌ی اتمی در قرن بیستم تکامل یافتند ونیز اندکی تغییر کردند . با وجود این، این دونظریه شالوده های استواری هستندکه شیمی امروزی برروی آنها قرار دارد. لاوازیه را به‌خاطر نقشی‌که دربنای این‌شالوده‌هاداشته «پدرعلم شیمی» می‌نامند.

۷
نیوتن و اصل «ماند»

تصوراینکه‌جهان از دو بخش ،آسمان‌وزمین ، تشکیل شده بسیار طبیعی می‌نماید . به نظرارسطو ، فیلسوف یونان باستان، این دو بخش به دوشکل کاملا متفاوت عمل می‌کنند .

ارسطومشاهده‌می‌کردکه‌همه‌چیزدرروی‌زمین تغییر می‌کند وفرسوده‌می‌شود. مردم‌پیرشده،می‌میرند،ساختمان‌ها کهنه شده،فرو می‌ریزند ، دریا توفانی و سپس آرام می‌شود ، باد ابرهارا اینسوو آنسو می‌برد ، آتش‌ها شعله می‌کشند و خاموش می‌شوند و خود زمین در اثر زلزله به لرزه‌در می‌آید .

اما چنین به‌نظر می‌رسید که درآسمان تنها آرامش وثبات وجوددارد . خورشید بـــه‌گونه‌یی منظم طلوع و غروب می‌کند و روشنایی آن هرگزکم و زیاد نمی‌شود . ماه از روی قاعده‌یی منظم صورتهای گوناگونی به‌خود می‌گیرد و ستارگان بی وقفه می‌درخشند .

ارسطو به این‌نتیجه رسیدکه دو بخش جهان تابع دوقاعده یا دو «قانون طبیعی» مختلف هستند . اجسام‌روی زمین تابع یك قانون و اجسام آسمانی تابع قانونی دیگرند .

هنگامی‌که ارسطو چگونگی حرکت اجسام را بررسی‌می‌کرد ، به‌نظرش چنین رسیدکه این دو قانون‌طبیعی‌در این موردهم دست‌اندرکارهستند . مثلا اگریك سنك را در هوا نگهداشته سپس رها کنیم، راست‌به‌زمین می‌افتد . روزی که باد نمی‌وزد ، دودبه طور مستقیم بالا می‌رود . پس اگر اجسام زمین را به‌حال خود رهاکنیم، حرکت‌آنها یا به‌طرف بالا و یا به طرف پایین است .

اما در آسمان چنین نیست . خورشید ، ماه و ستارگان به‌سوی زمین پایین نمی‌افتند و در جهت خلاف آن (به‌سوی‌آسمان) نیز بالا نمی‌روند . ارسطواندیشیدکه اینها در دایره‌هایی یکنواخت و ثابت به گرد زمین‌حرکت می‌کنند.

فرق دیگری هم‌وجود داشت . درروی زمین،اجسام متحرك‌سرانجام متوقف می‌شوند . یك سنگ در اثربرخورد با زمین از حرکت باز می‌ایستد . یك توپ بازی ممکن است‌چند بار به زمین بخورد و بازبه هوا رود اما سرانجام‌به حالت سکون درمی‌آید . یك کنده‌ی درخت در حال غلتیدن ، یك چهارچرخه‌ی درحال حرکت ، تکه سنگی‌که لگدی بـه‌آن زده شود ، همه متوقف می‌شوند . حتی یك اسب دونده نیز سرانجام خسته شده می‌ایستد .

بنابراین به نظر ارسطو چنین آمد که حالت طبیعی اجسام درروی زمین ، حالت سکون است . هر چیزدرحال حرکت هرچه زودتر به حالت طبیعی سکون بازمی‌گردد . اما درآسمان ، خورشید، ماه و ستارگان هرگز نمی‌ایستند؛ بلکه برای همیشه با همان سرعت شکوهمند خود حرکت می‌کنند .

از گالیله تانیوتن

عقاید ارسطو در باره‌ی چگونگی حرکت اجسام ، بهترین عقایدی بود که اندیشه‌ی انسانی توانسته بود در طول دوهزار سال ارائه‌کند . سپس گالیله عقایدبهتری‌عرضه‌کرد . (به‌فصل چهارم مراجعه‌شود).

درحالی‌که ارسطو فکر می‌کرد اجسام سنگین سریعتر از اجسام سبك سقوط می‌کنند ،گالیله نشان‌دادکه تمام اجسام با سرعتی یکسان به زمین می‌افتند . با وجود این نظرارسطو در مورد اجسام بسیار سبك درست بود . آری ، این اجسام آهسته‌ترسقوط می‌کردند . اماگالیله علت سقوط‌آهسته‌ی‌آنها را توضیح داد . این اجسام‌آنقدرسبك بودندکه‌موقع

سقوط هوارا به‌دشواری می‌شکافتند. او گفت‌که در خلاءِ سبك‌ترین اجسام باهمان سرعت یك تکه سرب سقوط می‌کنند ، زیرا درآنجا مقاومت هوا وجود ندارد تا از سرعت سقوط جسم بکاهد .

در حدود چهل سال بعد از مرگ گالیلـــه ، اسحاق نیوتون دانشمند انگلیسی ، این عقیده راکه جسم درحال سقوط‌بامقاومت هوا روبرومی‌شود، بررسی‌کرد . او به علل دیگری نیزکه حرکت اجسام‌را زیر تأثیر قرارمی‌دهند اندیشید.

مثلا هنگامی که یك جسم درحال سقوط به زمین برخورد می‌کند ، از حرکت باز می‌ایستد ، زیرا زمین درسر راه آن‌قرار می‌گیرد . هنگامی‌که سنگی درزمین ناهمواری می‌غلتد ، باز هم زمین درسرراه آن قرارمی‌گیرد . سنگ‌دراثر مالش ناهمواریهای سطح زمین با برآمدگیهای روی‌خود از حرکت‌باز می‌ایستد .

هنگامی‌که سنگ روی یك سطح صاف حرکت‌کند مالش کمتری وجود دارد و سنگ قبل از ایستادن مسافت بیشتری را طی می‌کند . سنگ درروی یخ صاف از این هم بیشترراه می‌رود .

نیوتن در این فکر بودکه اگر یك جسم درحال‌حرکت با هیچ چیزی برخورد نکند چه پیش خواهد آمد . اگر هیچگونه مانع ، مالش یا مقاومت هوا درکار نباشد چه می‌شود ؟ به عبارت دیگر اگر جسم در یك خلاءِ بی‌پایان حرکت کند چه اتفاق خواهد افتاد ؟

در این صورت هیچ چیز سبب ایستادن ،کندشدن حرکت جسم و یا منحرف شدن‌آن از راه خود نخواهد شد. جسم با همان سرعت و در همان راستا بـرای همیشه بـه حرکت خود ادامه خواهد داد. بنابراین نیوتن نتیجه گرفت که حالت طبیعی یك جسم درروی زمین ، ناگزیر حالت سکون‌نیست . حالت سکون تنها یکی ازحالتهای‌طبیعی جسم است .

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

هر جسمی‌که درحال سکون باشد و کاملا به حال خودگذاشته شود برای همیشه در همان حال باقی می‌ماند ، هرجسم درحال‌حرکت‌که کاملا به حال خودگذاشته شود برای همیشه با همان سرعت ودرهمان راستا به حرکت خود ادامه می‌دهد .

این قانون‌نخستین قانون حرکت نیوتن نامیده می‌شود .

به نظرنیوتن، اجسام چه درحال سکون وچه درحال حرکت‌گرایش به حفظ وضع خود دارند . چنین به نظر می‌رسد که آنها آنقدر «سست» و «تنبل»اندکه میل ندارند حالت خودرا تغییردهند . به این دلیل، نخستین قانون‌حرکت

نیوتن گاهی اصل «ایزیتا» نامیده می‌شود (واژه «ایزیتا» از یك واژه‌ی یونانی که به معنی «تنبلی» است گرفته شده است این اصل رادرفارسی 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 یك توپ فوتبال را به حرکت درآورید . برای این کار ضربه‌ی بسیار کوچکی به آن می‌زنید و توپ به سرعت به حرکت درمی‌آید . اما اگر بخواهید گلوله‌ی فلزی توپ را به حرکت درآوریدباید فشار زیادی به آن واردکنید، دراین صورت گلوله بازهم به حرکت درمی‌آید، اما به آهستگی .

وقتی‌که توپ فوتبال‌و گلوله‌ی توپ به حرکت درآمدند ، نیرویی‌که برای متوقف‌کردن هریك ازآنها لازم است باهم فرق می‌کند. شما می‌توانیدتوپی‌را که به‌سرعت درحال حرکت است با دست‌گذاشتن برروی آن متوقف‌کنید. اما بهترست به‌گلوله‌ی توپی‌که‌با همان سرعت روی زمین می‌غلتد دست نزنید، زیرا ممکن است دست شما را به سختی کنارزند و درد بیاورد، اما در سرعت حرکت گلوله چندان تغییری به وجود نخواهد آمد.

گلوله‌ی توپ خیلی‌بیشتراز توپ فوتبال دربرابرتغییر حالت خود مقاومت می‌کند زیرا گلوله‌ی توپ «ماند» بیشتری دارد .نیوتن گفت که جرم یك جسم مقدار «ماند» آن جسم است . بنابراین « ماند » یك گلوله‌ی توپ بیشتر از «ماند» یك‌توپ فوتبال است .

همچنین وزن گلوله‌ی توپ بیش از وزن توپ فوتبال است . به طورکلی اجسام سنگین جرم زیادی دارند ، درحالی‌که جرم اجسام سبك‌کم است . بنابراین وزن با جرم متفاوت است . مثلا درکره ماه، وزن هرجسمی فقط یك‌ششم وزن آن جسم درروی زمین است. اما جرم جسم در زمین ودرماه‌تغییری نمی‌کند . به‌حرکت درآوردن‌یك گلوله‌ی توپ درروی‌ماه‌همانقدردشواروموقف کردن آن همانقدر خطرناك است که در روی زمین . اما اگر درروی ماه گلوله‌ی توپ رابلند کنید به طور شگفت آوری سبك به‌نظر می رسد .

برای اینکه جسمی رابه سرعت به حرکت درآوریم ویاحرکت آن راکند کنیم ویا آن را به پهلو بچرخانیم، باید آن را جلو یابه پهلو فشار داده یا به عقب بکشیم . فشار دادن ویا کشیدن «نیرو» نامیده می شود . بدینسان نیوتن دومین قانون حرکت را نیز ارائه‌کرد. این قانون‌را می‌توان به‌صورت زیربیان کرد : شتاب حرکت هرجسم‌مساویست با نیروی

وارد شده بر آن جسم، بخش برجرم‌جسم . به‌عبارت‌دیگر، فشاردادن‌یاکشیدن‌یك‌جسم، آن‌جسم‌رابه‌حرکت‌وامی‌دارد ویاحرکت آن را کند می کند ویا آن را به‌پهلو می‌چرخاند . هرقدر نیرو بیشتر باشد، سرعت ویامسیر جسم بیشتر تغییرمی‌کند، از طرف دیگر جرم جسم ــ یعنی مقدار «ماندی» که آن جسم‌دارد ــ برضد این شتاب عمل می‌کند . مثلا فشار زیاد باعث می‌شود که توپ فوتبال سریع تر حرکت کند ،زیرا جرم‌کمتری دارد. امااگر همین نیرورا درمورد گلوله‌ی توپ که‌جرم بیشتری دارد به‌کاربریم به‌زحمت درحرکت آن تأثیر می‌کند.

از سیب تا ماه

نیوتن سپس سومین قانون حرکت را ارائه داد . این قانون را می‌توان چنین بیان‌کرد :

اگر جسمی بر جسم دیگری نیرو وارد کند، جسم دوم‌نیرویی برابر ودر خلاف‌جهت نیروی اول به جسم اول واردمی‌سازد.

به عبارت دیگر اگر کتابی برروی میزفشار داده شود، میز نیزبه‌همان مقدار به‌کتاب فشار وارد می‌سازد. به همین دلیل است‌که کتاب درجای خودباقی می‌ماند. نه در میز فرورفته ونه‌به طرف هوا بالا می‌رود.

این‌سه قانون حرکت می‌توانند تقریباً تمام حرکت‌ها ونیروهای روی زمین را توضیح دهند. آیا این قوانین می‌توانند حرکات کاملا متفاوتی راهم‌که درآسمانها صورت می‌گیرد توضیح دهند؟

درآسمانها، اجسام درخلاءحرکت‌می‌کنند، اما نه دریك‌خط مستقیم.مثلا ماه دریك مسیر منحنی به‌دور زمین می‌چرخد . آیا این واقعیت بانخستین قانون نیوتن مغایرت دارد ؟ نه! زیرا ماه «کاملا» به حال خود گذاشته نشده است. علت اینکه ماه دریك خط مستقیم حرکت‌نمی‌کند اینست‌که همیشه به‌یك‌طرف‌کشیده می‌شود، یعنی به‌طرف زمین.مطابق قانون دوم نیوتن برای اینکه ماه به‌طرف زمین‌کشیده شود لازم است نیرویی وجودداشته باشدکه‌ماه را همواره به طرف زمین بکشاند.

البته زمین به اجسام زمینی‌نیرو وارد می‌کند. این‌نیرو مثلاسبب می‌شودکه وقتی سیب‌از درخت‌کنده‌می‌شود به‌پایین سقوط‌کند.این‌نیرو نیروی جاذبه است.آیااین‌نیرومی‌تواندروی ماه‌هم اثرکند؟نیوتن سه‌قانون‌حرکت خودرا درمورد ماه‌هم‌به کار برد ونشان دادکه، چنانچه فرض‌کنیم نیروی جاذبه‌ی زمین همانگونه‌که روی‌یك سیب‌اثرمی‌کند روی‌ماه‌هم تأثیر می‌گذارد، می‌توانیم چگونگی حرکات ماه را به‌خوبی توضیح دهیم.

مهمتر آنکه، هرجسمی درجهان، دارای نیروی جاذبه است. مثلا این‌نیروی جاذبه‌ی خورشیداست‌که‌زمین را به دور این‌کره‌ی‌سوزان به چرخش وا می‌دارد.

نیوتن توانست از سه قانون حرکت‌خود برای نشان دادن این‌موضوع استفاده کند که مقدار نیروی جاذبه‌ی میان دو جسم در جهان ، به جرم آن دو جسم و مقدار فاصله‌ی آنها ازیکدیگر بستگی دارد. هرقدرجرم‌آن اجسام بیشتر باشد ، نیروی جاذبه‌ی‌آنها بیشتراست . هرقدرکه فاصله‌ی میان آنها بیشتر باشد ، نیروی جاذبه کمتر است. بدین‌ترتیب نیوتن قانون عمومی جاذبه را به دست‌آورد.

این قانون دوکارمهم‌انجام داد. اول اینکه‌چگونگی حرکت‌اجسام آسمانی را باجزئیات تقریباً کامل‌آن‌توضیح داد. این قانون‌روشن کردکه چرا زمین‌مابه‌آرامی‌برمحورخود می‌چرخد.دوم اینکه توضیح دادچرا ستارگانی‌که‌میلیاردها میلیاردکیلومتر ازمافاصله دارند، به دوریکدیگرمی‌چرخند .

شاید مهمتر از همه‌این بودکه نیوتن نشان داد تصور ارسطو دراین موردکه دونوع قانون طبیعی، یکی برای آسمان‌ها ودیگری برای زمین وجود دارد،اشتباه است. سه‌قانون حرکت همانطورکه افتادن سیب وجهش توپ را توضیح می‌داد،حرکت دایره‌وار ماه را نیزروشن‌می‌کرد. بنابراین،نیوتن ثابت‌کردکه‌آسمانها وزمین‌بخش هایی‌ازیك‌جهان‌هستند .

۸

فاراده وحوزه های مغناطیسی

فرض کنیدیك میله‌ی آهنی درحالی که نخی به‌سرش بسته‌شده به‌طور عمودی روی زمین ایستاده است، آیامی‌توانید این میله را بیلندازید؟

مسلماً می‌توانید. برای این کار کافیست که میله را با انگشت‌خود فشار دهید ویانخ را گرفته بکشید . فشار دادن یاکشیدن یك نیرو است . در اغلب موارد نیرو هنگامی منتقل می‌شودکه دوجسم با یکدیگر تماس یابند.

وقتی‌که میله‌ی آهنی را فشار می‌دهید، انگشت شما آن را لمس می‌کند . وقتی نخ را می‌کشید انگشت های شما نخ راگرفته ونخ با میله تماس می‌یابد. هم‌چنین می‌توانید بی‌آنکه ظاهراً میله‌را لمس‌کرده‌باشید، بافوت کردن‌آن را بیندازید. دراین صورت شما مولکولهای هوا را به طرف میله فشار می‌دهید و این مولکولها میله را لمس کرده آن را می‌اندازند.

سه قانون حرکت نیوتن چگونگی کار چنین نیروهایی را توضیح می‌دهد . (به‌فصل هفتم مراجعه کنید) . این قوانین می‌توانند اصولی را توضیح دهندکه ماشین‌هایی‌که درآنها اهرم‌ها ودنده‌ها به وسیله‌ی فشار دادن و کشیدن عمل می‌کنند براساس آنها قرار دارند . در چنین ماشین‌هایی، اجسام به وسیله‌ی تماس با اجسام دیگر به آنها نیرو وارد می‌سازند .

جهان «مکا نیکی»

در دهسال‌نخست قرن هیجدهم دانشمندان معتقد بودند که تمام جهان به‌وسیله‌ی تماس اجسام‌بایکدیگر اداره می‌شود. این نظریه، نظریه‌ی مکانیکی جهان بود .

آیا ممکن است نیروهایی وجود داشته باشند که بدون تماس اجسام بایکدیگر عمل‌کنند؟ آری! یکی ازاین نیروها نیروی جاذبه است که نیوتن آن را توضیح داد .زمین ماه رابه‌طرف خود می‌کشد و آن‌را درمدارخودنگه‌می‌دارد، اما باآن تماس نمی‌یابد .چیزی میان این دو کره وجود ندارد، حتی هواهم وجود ندارد؛ اما مقدار زیادی نیروی جاذبه‌در میان آنهاست .

اگر به‌آن میله‌ی‌آهنی‌که به‌طورعمودی ایستاده است برگردیم، می‌توانیم نوع‌دیگری ازنیروی بدون‌تماس‌را مشاهده کنیم. تنها چیزی‌که دراینجا احتیاج داریم، یك آهنربای‌کوچك است . وقتی آهنربا را به‌نوك میله نزدیك کنیم میله به‌طرف آهنربا کج شده می‌افتد .لازم‌نیست‌آهنربا میله‌رالمس‌کند . همچنین مربوط به هوانیست، زیرا آهنرباهمین عمل را درخلاء نیز انجام می‌دهد .

اگر بگذاریم یك آهنربای بلند ونازك آزادانه درهرجهت‌حرکت‌کندهنگامی‌که ازحرکت بایستد، یك‌سرآن‌به طرف شمال وسردیگرش به‌طرف جنوب قرار می‌گیرد . به‌عبارت دیگر، بدین ترتیب یك قطب‌نمای ساده خواهیم داشت . درحدود سال ۱۳۵۰میلادی، دریانوردان اروپایی، باچنین قطب نماهایی به اکتشاف در اقیانوس‌ها پرداختند .

آن‌سرآهنرباکه شمال را نشان می‌دهد، قطب شمال وسردیگر آن قطب جنوب نامیده می‌شود . اگرقطب شمال یك آهنربا، به‌قطب جنوب آهنربای دیگری نزدیك شود، بین دو آهنربا یك نیروی قوی بوجود می‌آید و دوقطب‌به‌طرف هم‌کشیده می‌شوند . اگر قطبهای همانند، یعنی دوقطب‌شمال ویا دو قطب جنوب، به‌هم نزدیك شوند، نیروی دفع‌کننده‌ی

زیادی به وجود می‌آیدوآهنرباها ازیکدیگر دور می‌شوند .

این نیروی بدون تماس ، که«تأثیر ازدور» نامیده می‌شود از قدیم دانشمندان را دچارحیرت کرد. حتی تالس (به‌فصل اول مراجعه‌شود) وقتی‌برای نخستین‌بار مشاهده‌کردکه تکه‌های یك نوع سنگ سیاه ، آهن را از فاصله‌ی نزدیك جذب می‌کند، یکه خورد وفریادکرد «این‌سنگ باید روح داشته باشد.»

البته این‌سنگ روح‌نداشت وفقط یك سنگ معمولی‌با بار مغناطیسی‌بود. اما دانشمندان چگونه می‌توانستند نیروی مرموز مغناطیس را توضیح دهند، نیرویی‌که می‌تواند بی‌آنکه میله‌ی آهن رالمس‌کند آن‌را به‌طرف خود بکشاند یا به زمین بیلندازد؟کاریك قطب‌نما ازاین هم مرموزتر بود. عقربه‌ی مغناطیس قطب نما همیشه شمال و جنوب را نشان می‌داد، زیرامناطق قطبی‌مغناطیسی زمین‌که درفاصله‌ی بسیار دوری قرار داشتند،این‌عقربه‌راجذب می‌کردند. دراینجاتأثیر از فاصله‌ی بسیار دوری وجود داشت ـنیرویی وجود داشت‌که می‌توانست یك سوزن را در میان یك توده‌ی‌کاه پیداکند .

درسال ۱۸۳۱ مایکل‌فاراده ، دانشمند انگلیسی، کوشش خودرا برای حل مسأله‌ی این نیروهای مرموز شروع کرد. او دوآهنربا را روی یك میزچوبی طوری قرار دادکه قطب شمال یکی دربرابرقطب جنوب دیگری قرارگرفته بود. این دوآهنربا درفاصله‌یی ازیکدیگر قرارداشتند که یکدیگررا جذب می‌کردند، اما این فاصله آنقدرکم نبود که آهنرباها ازجای خود حرکت کنند وبه هم برسند. دراین فاصله نیروی این دوآهنربا قدرت کافی برای غلبه برمالش آهنرباها با میز راانداشت.فاراده می‌دانست‌که‌به هرحال درمیان این‌دوآهنربا نیروی مغاطیسی‌وجود دارد، زیرا هنگامی‌که اوبراده‌های آهن را درمیان آنها قرار می‌داد، براده‌ها به طرف آهنرباها حرکت کرده به آنها می‌چسبیدند.

فاراده تصمیم‌گرفت‌آزمایش‌خودراعوض‌کند. او تکه‌کاغذضخیمی روی‌آهنرباها قراردادوآنگاه‌براده‌های‌آهن راروی کاغذ ریخت. تماس براده‌ها باکاغذ آنها را درجای خود نگهداشته ازچسبیدن‌آنها به آهنرباها جلوگیری‌می‌کرد.

صف‌بندی مغناطیسی

سپس فاراده با انگشت ضربه‌های‌آرامی به‌کاغذ زد تا براده‌هاکمی جابه‌جا شوند. براده‌ها فورآمانند عقربه‌های کوچك قطب‌نما به حرکت درآمدند وهرکدام‌به طرف یکی ازآهنرباها رفتند. درواقع براده‌ها در صف‌هایی قرارگرفتندکه

ازقطب یك آهنربا تا قطب آهنربای دیگر کشیده شده بود. فاراده این جریان را به دقت بررسی کرد. صف‌هایی‌که درست میان دوقطب قرار داشتند، کاملاً مستقیم بودند. دورتراز خط فاصل میان دوقطب‌آهنربا، براده‌ها بازهم درصف‌های‌منظم قرارگرفته بودند، اما دراینجا صف‌های آنها اندکی خمیده بود. هرقدرکه براده‌ها ازخط فاصل دورتر می‌شدند، خمیدگی صف‌های آنها بیشتر می‌شد.

فاراده ازخوشحالی بشکن زد. او موضوع را فهمیده بود! دراینجا خطوط نیروی مغناطیسی وجود داشتندکه از قطب شمال یك آهنرباگذشته وبه طرف قطب جنوب آن آهنربا یا قطب جنوب آهنربای دیگرمی‌رفتند. واین خطوط‌نیرو می‌توانستند تا فاصله‌های دوری ازقطب حرکت کنند.

این بدین معنی بود که‌آهنربا به هیچ روی به‌وسیله‌ی « تأثیرازدور » عمل نمی‌کنند، بلکه هنگامی جسمی را جذب ویا دفع می‌کند که خطوط نیروی آن به جسم نزدیك شده باشند. خطوط نیروی آهنربا یا جسم را لمس می‌کردند یا به خطوط نیرویی‌که ازخود آن جسم بیرون می‌آمد نزدیك می‌شدند.

دانشمندان بعدی چنین حدس زدند که همین جریان درمورد دیگر «تأثیرات ازدور» نیز وجود دارد. مثلا می‌بایست دراطراف زمین وماه خطوط نیروی جاذبه‌یی وجود داشته باشد وزیر تأثیر این نیروهاست که اجسام می‌توانند یکدیگر را جذب کنند. همچنین اجسامی‌که دارای بار الکتریکی هستند واجسام دیگر را جذب یا دفع می‌کنند دارای خطوط نیروی الکتریکی هستند.

مولدهای تازه

فاراده بزودی‌نشان دادکه وقتی‌اجسام درعرض‌خطوط نیروی مغناطیسی حرکت می‌کنند، یك‌جریان الکتریکی درآنها ایجاد می‌شود.

تا آن زمان جریان الکتریکی فقط از باطریهاکه ظروفی پرازمواد شیمیایی درحال واکنش بودند، به دست می‌آمد. برق (الکتریسیته) باطری‌بسیارگران تمام می‌شد. با استفاده ازکشف فاراده ، برق را می‌شد به‌وسیله‌ی یك موتور بخارکه اجسام را درعرض خطوط نیروی مغناطیسی حرکت دهد، بوجود آورد . برقی‌که ازچنین مولدهای بخاری به دست

می‌آمد بسیار ارزان تمام می‌شد ومی‌شد آن را به مقدار زیاد تولیدکرد. بدین‌ترتیب این خطوط مغناطیسی نیرو هستندکه جهان را درقرن بیستم، به یك جهان الکتریکی تبدیل کرده‌اند.

فاراده نابغه‌ی خود آموخته‌یی بود، اوپس ازچندکلاس 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. اوفقط می‌توانست جهت این نیرورا با براده‌های آهن خود دنبال‌کند.

با وجود این درحدود سال ۱۸۶۰ یك‌ریاضیدان اسکاتلندی به نام جیمزکلرك ماکسول به این مسأله پرداخت. ماکسول یك رشته معادله‌ی ریاضی به وجود آوردکه نشان می‌داد چگونه شدت نیروی مغناطیسی با دورشدن از آهنربا به تدریج تغییر می‌کند.

نیرویی‌که گرداگرد آهنربا را فراگرفته حوزه‌ی مغناطیسی نامیده می‌شود. حوزه‌ی مغناطیسی هرآهنربا تمام جهان را دربرمی‌گیرد، اما به‌تدریج که فاصله ازآهنربا زیادترمی‌شود، نیروی آهنربا نیز به سرعت ضعیف می‌شود. بدین‌ترتیب فقط ازفاصله‌ی کاملاً نزدیك می‌توان نیروی آهنربا را اندازه گرفت. ماکسول نشان دادکه می‌توان یك خطاز تمام قسمتهای حوزه مغناطیسی‌که دارای نیروی معینی باشند عبور داد. درنتیجه، این خط یکی از خطوط نیرویی خواهد بود که فاراده ازآن سخن گفته است. بنابراین معادله‌های ماکسول توضیح دقیق خطوط نیروی فاراده را ممکن ساخت.

هم چنین ماکسول نشان داد که حوزه‌های مغناطیسی و حوزه‌های الکتریکی همیشه همراه هم وجود دارند. بنابراین آدمی تنها می‌تواند از حوزه‌ی‌الکترو مغناطیسی سخن گوید. درشرایط معینی، از مرکز چنین حوزه‌یی یك رشته «امواج» درتمام جهات پراکنده می‌شود. این پرتوافکنی، پرتوافکنی الکترو مغناطیسی است. مطابق‌محاسبات ماکسول چنین پرتوی باید به سرعت نورحرکت‌کند. بنابراین چنین به نظر می‌رسدکه نور نیز یك پرتوالکترومغناطیسی است.

سالها پس از مرگ ماکسول درستی نظریات او به اثبات رسید و انواع تازه‌یی ازپرتوهای‌الکترو مغناطیسی مانند امواج رادیو وپرتو یا اشعه‌یX کشف شد. ماکسول وجود چنین پرتوهایی را پیش‌بینی کرده بود، اما پیش‌از اینکه نظریاتش به وسیله‌ی آزمایش ثابت شود ازجهان رفت.

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

او نظریه‌ی مکانیکی جهان راکه با قوانین حرکت نیوتن آغازشده بود، کنارگذاشت وجهان را برحسب حوزه‌هاتوضیح‌داد.

دو حوزه‌یی‌که تا آن زمان شناخته شده بود، حوزه‌ی جاذبه وحوزه‌ی الکترومغناطیسی بود. اینشتین کوشید یك‌گروه‌واحدازمعادلات ریاضی‌پیداکندکه بتواندهردو حوزه راتوضیح دهد؛ اما دراین‌کار موفق‌نشد. اما اززمان‌اوتاکنون دوحوزه‌ی تازه کشف‌شده‌است. این‌حوزه‌هامربوط به ذرات ریزی هستندکه هسته یا مرکز اتم را به وجود می‌آورند. این حوزه‌ها را «حوزه‌های هسته‌یی» می‌نامند.

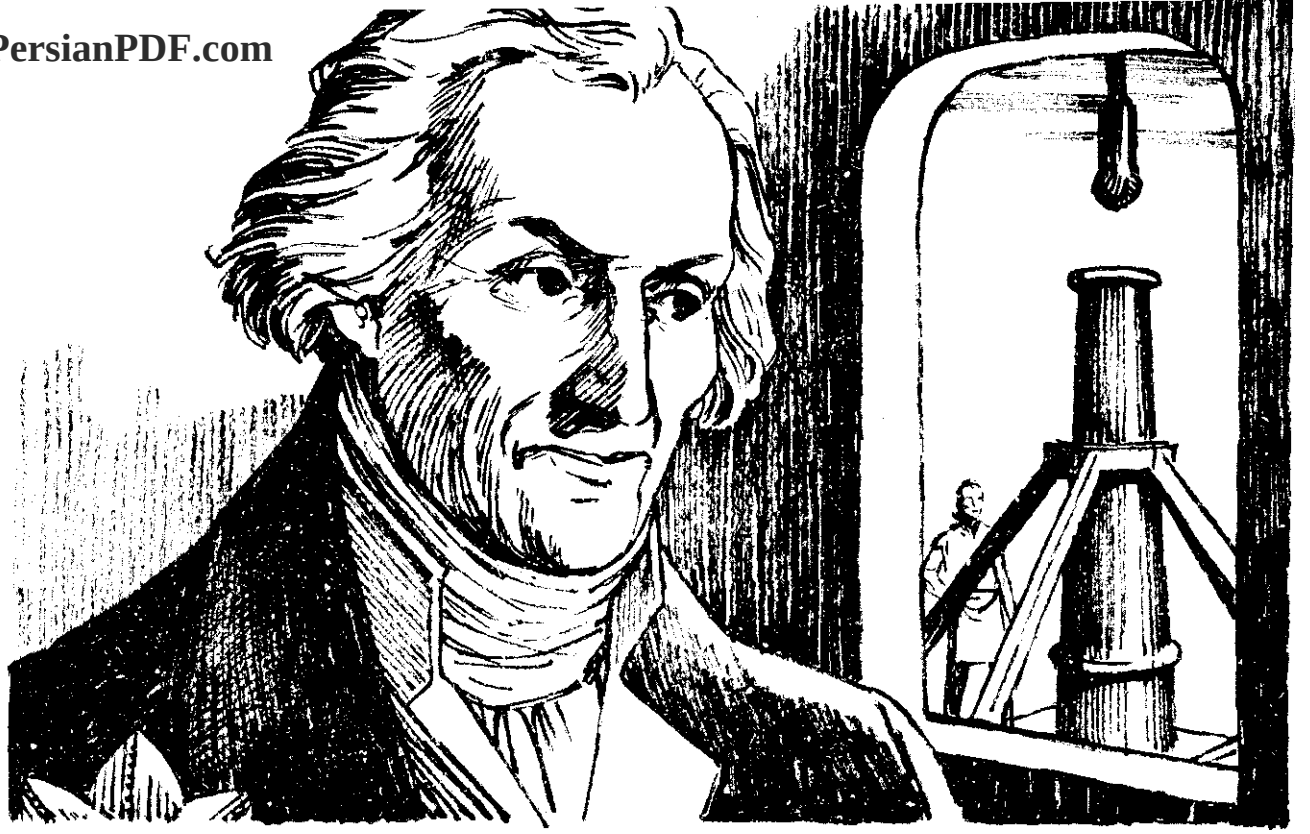
جذب و دفع الکترومغناطیسی

آنچه درگذشته نیروی جذب و دفع دانسته می‌شد، اکنون میان کنش حوزه‌ها به شمار می‌آید. پوسته‌ی اتم را الکترونها تشکیل می‌دهند. وقتی دواتم به یکدیگر نزدیك می‌شوند حوزه‌های الکترومغناطیسی که الکترونها را احاطه کرده‌اند یکدیگررا دفع می‌کنند. بدین‌ترتیب اتمها بدون اینکه بایکدیگرتماس پیدا کنند ازهم دور می‌شوند.

بنابراین وقتی ما میله‌یی را بـه جلو فشار می‌دهیم، یانخی را مـی‌کشیم، درحقیقت هیچ‌چیزجامدی را لمس نکرده‌ایم. ما فقط ازحوزه‌های کوچك الکترومغناطیسی استفاده کرده‌ایم. ماه به دور زمین وزمین به دور خورشید به این علت می‌چرخندکه گرداگرد این دوکره را حوزه‌های جاذبه فرا گرفته است. بمبهای اتمی به علت تغییراتی که در حوزه‌های هسته‌یی پیش می‌آید منفجر می‌شوند.

نظریه‌ی تازه‌ی «حوزه‌یی» جهان‌به دانشمندان‌کمك‌کردتا به پیشرفتهایی‌نائل شوندکه‌در زمان رواج نظریه‌ی مکانیکی به هیچ روی ممکن نبود. با این حال نظریه‌ی «حوزه‌یی» از زمانی به وجودآمدکه فاراده گفت خطوط نیروی مغاطیسی می‌توانند اجسام راجذب و دفع‌کنند.

PersianPDF.com



۹

رامفورد و حرارت

مشکل بتوان علاقه‌ی زیادی به بنجامین تامپسون داشت . او مرد زیرکی بودکه تنها به خودش فکرمی‌کرد. مثلا وقتی نوزده سال داشت، برای فرار ازفقری‌که ازکودکی‌گریبانگیرش بود با بیوه‌ی ثروتمندی‌که تقریباً دو برابرسن خودش را داشت ازدواج‌کرد .

تامپسون درسال۱۷۵۳ در وابرن درایالت ماساچوست متولد شد. آن روزها ماساچوست و دیگر ایالات‌اصلی آمریکا هنوز مستعمره‌ی انگلستان بودند . چند سال پس از ازدواج تامپسون انقلاب آمریکا درگرفت و تامپسون دراینکه کدام طرف پیروز می‌شود اشتباه کرد . او بـه ارتش‌انگلستان‌در بوستون پیوست و علیه میهن پرستان مستعمرات بـه جاسوسی پرداخت .

وقتی انگلیسیها بوستون را ترک‌کردند تامپسون را نیز با خود بردند . او زن وفرزند خود را ظاهراً بی‌هیچ ناراحتی ترک‌کرد و دیگر هرگز نزد آنها بازنگشت .

دراروپا اوبرای هردولتی‌که بهای او را می‌پرداخت‌کارمی‌کرد . واز آنجاکه رشوه می‌گرفت، اسنادمحرمانه را می‌فروخت وبه طورکلی مردی غیراخلاقی ونادرست بود، درتمام این‌کشورها به دردسر افتاد .

در سال ۱۷۹۰ تامپسون ، انگلستان را به قصد سایر کشورهای اروپا ترک کرد . درآنجا ، او به خدمت در باواریا مشغول شد (باواریا اکنون بخشی ازخاك‌آلمان است اما در آن زمان دولت مستقلی بود) وحکمران باواریا به اولقب کنت داد . تامپسون خود را کنت رامفورد نامید . رامفورد اسم اصلی شهر کنکورد، در نیوها مپشایر ، است و جایی است‌که‌در آن او با زن اولش ازدواج‌کرد . بنجامین تامپسون اینك در تاریخ به نام رامفورد شناخته می‌شود .

ذهن‌علمی

در اینجا باید مطلبی به سود رامفوردگفته شود . او عشق زیادی به علم داشت . او از کودکی ذهنی فعال وزیرك داشت‌که می‌توانست به هسته‌ی اصلی مسائل بپردازد .

رامفورد در طول زندگی خویش آزمایش‌های جالب زیادی کرد و به نتایج بسیار مهمی دست یـافت . اما مهمترین این آزمایش‌ها در باواریا وهنگامی انجام‌گرفت‌که رامفورد متصدی ساختن توپ بود . برای ساختن توپ ابتدا فلز را ذوب و به شکل تنه‌ی درخت قالب‌گیری مـی‌کردند . آنگاه داخل فلز جـامد را سوراخ می‌کردند . برای سوراخ‌کردن داخل لوله ازمته‌یی‌که به سرعت می‌چرخید استفاده می‌شد .

البته بدین‌ترتیب لوله‌ی توپ و مته سخت داغ می‌شدند . برای جلوگیری ازاین وضع می‌بایست پیوسته‌روی آنها آب سرد بریزند . ذهن فعال رامفورد با دیدن این گرما که پیوسته زیادتر می‌شد به‌کار افتاد . اساساً گرماچیست؟

دانشمندان آن زمان ، از جمله شیمیدان بزرگ فرانسوی لاوازیه ، گمان می‌کردندکـــه گرما چیزی است «سیال وبی وزن». آنها آن را کالریك می‌نامیدند . به‌عقیده‌ی‌آنها وقتی کالریك زیادی دریك جسم متراکـم می‌شود آن جسم پیوسته گرمتر می‌شود . سرانجام جسم از کالریك لبریز شده و کالریك در همه جهات جریان می‌یابد. بنابراین شما می‌توانید حرارت یك جسم گداخته را از فاصله‌ی زیادی احساس کنید . مثلا حرارت خورشید از فاصله ۹۳،۰۰۰،۰۰۰

میابی احساس می‌شود . اگر جسم گرمی در تماس با جسم سردی قرار بگیرد کالریك از جسم گرم جریـــان می‌یابد وداخل جسم سرد می‌شود ـ این جریان جسم گرم را سرد و جسم سرد راگرم می‌کند .

این نظریه کاملا درست به نظر می‌رسید و تنها عده‌ی کمی از دانشمندان در درستی آن شك می کردند . اما رامفورد در این باره شك کرد . او از خود می‌پرسیدکـه چرا کالریك از لوله توپ بیرون می‌ریزد .کسانی‌که به فرضیه‌ی کالریك عقده داشتند می‌گفتند علت این است‌که مته ، فلز درون لوله‌ی توپ را خرد می‌کند و بنابراین کالریك موجود درفلز ،مانندآبی‌که‌ازکوزه شکسته خارج شود،ازفلز خرد شده بیرون می‌ریزد .

آیا واقعاً چنین‌است؟ رامفورد به مته‌های مختلف نگاه‌کرد ومته‌یی را یافت‌که‌کاملاساییده شده وازکارافتاده بود . او به‌کارگران خود دستور داد تا از این مته استفاده‌کنند.کارگران اعتراض‌کردند وگفتندکه‌این مته قابل استفاده نیست اما رامفورد دستور خود را با تندی بیشتری تکرارکرد وکارگران اطاعت‌کردند .

مته‌ی ساییده‌شده قابل استفاده نبود و به هیچ روی فلز را سوراخ نمی‌کرد ، اما حتی بیش از یك مته‌ی نو حرارت تولید می‌کرد .کارگران متعجب بودندکه چراکنت این قدر خوشحال است.

بدین‌ترتیب رامفورد مشاهده کردکه کالریك از خرد شدن فلز بوجود نمی‌آید . آیا اصلا کالریك از فلز به وجود می‌آید ؟ در ابتدا فلز سرد بود، و بنابراین نمی‌توانست کالریك زیادی داشته باشد . بااین حال وقتی مته روی فلز می‌چرخیدکالریك به مقدار زیاد بیرون می‌ریخت. رامفورد مقدارکالریکی را که از لوله‌ی توپ بیرون می‌آمد بـوسیله‌ی اندازه‌گرفتن مقدار حرارت آبی‌که برای سردنگاهداشتن توپ‌ومته مورد استفاده قرار می‌گرفت،تعیین‌کرد. رامفوردحساب کردکه اگر تمام این‌کالریك به داخل لوله توپ برگردانده شود لوله‌توپ ذوب خواهد شد.

ذرات متحرك

رامفورد به این نتیجه رسیدکه حرارت به هیچ روی‌یك‌چیز سیال نیست، بلکه نوعی حرکت است. وقتی‌مته روی فلز می‌چرخد حرکت آن به حرکات سریع‌وکوچك ذرات ریزی که‌فلز ازآنها تشکیل‌می‌شود مبدل می‌گردد. این‌مهم نیست‌که مته فلزرا سوراخ می‌کند یانه. این حرکات سریع وکوچك ذرات فلزات‌است‌که حرارت تولید می‌کند. طبعاًتا زمانی که مته بچرخد تولید حرارت ادامه می‌یابد . تولید حرارت باکالریکی که ممکن بود در فلز بـاشد یانباشد،هیچ

ارتباطی نداشت.

تا پنجاه سال پس‌ازآن‌کسی به‌کار رامفورد توجه نکرد. دانشمندان به این قانع بودندکه‌با کالریك سروکار داشته باشند ودرباره‌ی چگونگی جریان یافتن آن ازجسمی به جسم دیگر نظریه‌هایی بسازند . این‌تا انـدازه‌ای بدین علت بودکه آنان درپذیرفتن اندیشه‌ی ذرات ریزی که حرکت سریع وکوچك آنها راهیچ کس‌نمی‌توانست ببیند تردید داشتند.

با این‌حال‌ده سال‌پس‌ازکاررامفورد،جان دالتون نظریه اتمی رابسط‌داد (به‌فصل پنجم مراجعه‌کنید) .دانشمندان به تدریج وجود اتم‌ها را می‌پذیرفتند. آیا ممکن نبودکه ذرات‌کوچك و متحرك رامفورد همان‌اتمهاویامولکولها(گروه‌هایی از اتم) باشند. شاید. اماچگونه می‌شد حرکت‌میلیاردها میلیارد مولکول نا دیدنی را تصورکرد؟ آیاهمه‌ی آنهاباهم حرکت می‌کنند؟ آیا مطابق طرح خاصی‌بعضی از آنهایك‌طور وبعضی دیگر طور دیگر حرکت می‌کنند؟ یا اینکه‌حرکت آنها تصادفی وبی نظم است وهریك درجهتی و باسرعت خاصی حرکت می‌کنند وتعیین جهت وسرعت حرکت‌یك‌مولکول خاص ممکن نیست .

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

در اواسط‌دهه‌ی ۱۷۰۰یعنی‌چنده‌سال‌پیش‌ازکار رامفورد یك ریاضیدان سوئیسی‌به‌نام دانیل برنولی کوشیده‌بود که مسأله‌ی حرکت تصادفی ذرات را درگازها حل‌کند. این کار مدتی پیش ازآنکه دانشمندان نظریه‌ی اتمی را بپذیرند صورت‌گرفت، ومحاسبات ریاضی برنولی‌کامل نبود. اما کار او ارزش‌زیادی داشت.

در دهه‌ی ۱۸۶۰ ماکسول ، به صحنه‌آمد (بـه‌فصل هشتم مراجعه‌کنید.) ماکسول معتقد بودکـه مولکولهای تشکیل دهنده‌گازها دارای حرکت‌اتفاقی‌هستند.اوبامحاسبات دقیق ریاضی نشان‌دادکه حرکت اتفاقی توضیح خوبی برای خاصیت گازهاست.

ماکسول نشان دادکه چگونه ذرات‌گاز که به‌طور اتفاقی ونامنظم در حرکت هستند به دیوارهای ظرفی کـه آنها رادرخودنگاهداشته است فشار واردمی‌کنند. از این‌گذشته‌این فشاربامتراکم کردن ذرات‌گازویاآزادکردن‌آنها از درون ظرف تغییر می‌کند . این‌توضیح در مورد خاصیت‌گازها، «نظریه‌ی جنبشی» گازها نامیده می‌شود.

ماکسول در افتخارارائه‌ی‌این نظریه‌با لودویك بولتزمن ، فیزیکدان اتریشی شریك‌است. هردوی‌آنها این‌نظریه

را مستقل ازیکدیگر وتقریباً دریك زمان بوجود آوردند.

راه حل ماکسول

یکی از مهمترین قوانین درموردخاصیت گازهااینست که گاز بابالارفتن درجه‌ی حرارت منبسط وباپایین آمدن آن متراکم می‌شود. مطابق نظریه‌ی کالریك توضیح این مطلب ساده بود. وقتی گاز گرم می‌شود کالریك به داخل آن می‌ریزد. کالریك زیادتر جای زیادتری می‌خواهد، بنابراین گاز منبسط می‌شود. وقتی گاز سرد می‌شود کالریك از آن خارج شده و گاز متراکم می‌شود.

در برابر این توضیح، ماکسول چه می‌توانست بگوید؟ او می‌بایست آزمایش «مغوده» را بـه خاطر داشته باشد. حرارت، شکلی از حرکت است. وقتی گاز گرم می‌شود، مولکولهای آن تندترو تندتر به حرکت درمی‌آیندو 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 رادردرجه‌های مختلف حرارت نشان می‌داد. بعضی از مولکولها آهسته وبعضی سریع حرکت می‌کردند، اما اغلب آنها سرعت متوسطی داشتند. درمیان این سرعتهای مختلف، دریك درجه‌ی حرارت معین سرعت خاصی وجود داشت که معمولا مولکولها با آن سرعت حرکت می‌کردند. به‌تدریج که حرارت بالا می‌رفت این سرعت نیز افزایش می‌یـافت.

«نظریه‌ی جنبشی حرارت»، همانطورکه درمورد گازها صادق بود، درمورد اجسام جامد نیزصدق مـی‌کرد. مثلاً دریك جسم جامد مولکولها مانند گلوله به اطراف پرتاب نمی‌شدند بلکه برگرد یك نقطه نوسان می‌کردند.

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

یك توضیح بهتر

نظریه‌ی جنبشی تمام خواص حرارت را به خوبی نظریه‌ی کالریك توضیح می‌داد. همچنین بعضی ازخواصی را که نظریه‌ی کالریك نمی‌توانست به خوبی توضیح دهد، نظریه‌ی جنبشی به سادگـی تـوضیح می‌داد. (مثل خواصی که رامفورد شرح داده بود).

مطابق نظریه‌ی کالریك، انتقال حرارت عبارت است ازجریان یافتن کالریك ازیك جسم گرم به یك جسم سرد.

مطابق نظریه‌ی جنبشی‌انتقال حرارت ازحرکت مولکولها ناشی می‌شود. وقتی جسم گرمی با جسم سردی تماس می‌گیرد ، مولکولهای جسم گرم‌که به‌سرعت‌درحرکت هستند باملکولهای جسم سرد برخورد می‌کنند. درنتیجه حرکت مولکولهای جسم گرم اندکی کندتر و حرکت مولکولهای جسم سرد تندتر می‌شود . بدین ترتیب حرارت از جسم گرم بـه جسم سرد جریان می‌یابد .

شناخت حرارت، به عنوان شکلی ازحرکت، یکی از اندیشه‌های بزرگ علمی است. ماکسول ایـن اندیشه‌ی بزرگ را گسترش داد . اونشان دادکه چگونه حرکت اتفاقی را می‌توان برای توضیح بعضی ازقوانین طبیعت مورد استفاده قرار داد، قوانینی‌که نتایج آنها کاملاً قابل پیش بینی بوده، به هیچ روی اتفاقی نیست.

عقیده‌ی ماکسول در قرن گذشته روبه تکامل رفت. اینك دانشمندان این موضوع را که حرکت اتفاقی اتمها ومولکولها می‌تواند نتایج شگفت‌آوری داشته باشد، مسلم می‌دانند. شاید حتی حیات نیز ازماده‌ی بیجان ودراثرحرکات اتفاقی اتمها ومولکولها در اقیانوسها بوجود آمده باشد .

۱۰

ژول وانرژی

از زمانهای پیش ازتاریخ انسان می‌دانست که حرکت می‌تواند کارها وخدمت‌هایی انجام دهد. سنگی راروی یك گردوقرار دهید، هیچ چیز اتفاق نمی‌افتد. اما اگر سنگ را بلند کرده به سرعت برروی گردو فرود آورید ، گردو خواهد شکست.

به‌همین ترتیب، یك تیرکه باسرعت‌زیاد حرکت‌کند می‌تواند پوست کلفت یك جانور را سوراخ کند. هم‌چنین می‌توان بایك گلوله‌ی بزرگ فولادی که پاندول‌وار حرکت کند یك دیوارآجری را خراب‌کرد.

توانایی‌انجام‌کار«انرژی» نامیده‌می‌شود. یك جسم‌درحال حرکت،دارای‌انرژی‌حرکتی‌یا «انرژی جنبشی» است. وقتی نیوتن، دردهه‌ی ۱۶۸۰، قوانین حرکت خود را بیان کرد ، عقیده داشت کـه هرجسم متحرك با همان

سرعت به حرکت خود ادامه می‌دهد مگراینکه یك نیروی خارجی برروی آن اثرکند. (به فصل هفتم مراجعه کنید). به عبارت دیگر انرژی جنبشی جسم متحرك همیشه یکسان باقی می‌ماند.

اما دردنیای واقعی، نیروهای خارجی همیشه علیه اجسام متحرك عمل می‌کنند وچنین به‌نظرمی‌رسدکه انرژی جنبشی از میان می‌رود. حرکت توپی که برروی زمین می‌غلتد به تدریج آهسته‌تر می‌شود وسرانجام توپ ازحرکت باز می‌ایستد. توپی‌که به زمین می‌خورد بالا می‌رود، وسرانجام پس ازچند بارزمین خوردن‌وبالا رفتن، روی زمین‌می‌ایستد. سنگهای‌آسمانی‌پس‌ازبرخوردباهوای‌پیرامون زمین مشتعل می‌شوند،سپس‌به زمین می خورند وازحرکت باز می‌ایستند.

انرژی جنبشی دراین مو رد چه می‌شود؟ مقداری ازآن ، ونه تمام آن، ممکن است بـه کار تبدیـل شود. در حقیقت‌توپی‌که به هوا می‌پرد یا روی زمین می‌غلتد ممکن است هیچ کاری انجام ندهد اما با این حال انرژی جنبشی آن ناپدید می‌شود.

پاسخ اینست: حرارت

سنگ آسمانی مسائلی را روشن می‌کند. این سنگ موقع عبور ازهوای پیرامون زمین (جوّ) حرارت بسیار زیادی تولید می‌کند. این حرارت آنقدر زیاد است که سنگ آسمانی گداخته شده به رنگ سفید درمی‌آید. حرارت!

یك دانشمند انگلیسی به نام جیمزپرسکات‌ژول وارد صحنه می‌شود. دوران‌کودکی ژول که‌کم‌وبیش بابیماری گذشته بود، اورا ازیك زندگی‌فعالانه محروم می‌کرد. ازاین رو او به جهان‌کتاب پناه‌بردوشیفته‌ی علم شد. خوشبختانه اوپسر یك آبجوساز ثروتمند بودکه می‌توانست بهترین آموزگاران را برای فرزندش استخدام کند. سرانجام ژول وارث کارخانه‌ی آبجوسازی شد، اما همواره بیش از اینکه به دنیای تجارت علاقمند باشد به علم عشق می‌ورزید.

علاقه‌ی ژول بیشتر به مسأله‌ی ارتباط میان انرژی وحرارت متوجه شد. طبعاً او این عقیده‌ی «معمول» را کـه حرارت شکلی ازحرکت است، می‌دانست. ازنظر «معمول» حرارت عبارت بود ازحرکت سریع ذرات ریزماده (به فصل نهم مراجعه شود).

ژول اندیشید که اگر این موضوع حقیقت داشته باشد، انرژی جنبشی به هیچ روی ازمیان نمی‌رود. توپ‌در حال حرکت به زمین مالیده می‌شود واین،مالش حرارت تولید می‌کند. 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 درمورد انواع دیگر انرژی نیز صادق باشد . این امر به نظر قابل قبول می‌آمد . الکتریسیته ومغناطیس وهمچنین واکنشهای شیمیایی می‌توانستند کار انجام دهند .

بنابراین سه نوع انرژی ـ الکتریکی ، مغناطیسی و شیمیایی ـ وجود داشت . این هرسه را می‌شد به انرژی حرارتی تبدیل کرد . مثلاً مغناطیس می‌توانست یك جریان الکتریکی ایجاد کند که یك سیم را گرم سازد . وقتی ذغال می‌سوخت، واکنشهای شیمیایی ذغال و هوامقدارزیادی حرارت بوجود می‌آورد .

ژول نتیجه گرفت که حرارت شکل دیگری از انواع انرژی است . بنابراین همیشه مقدار معینی ازانرژی باید مقدار معینی حرارت تولید کند . درسال ۱۸۴۰، هنگامی که ژول بیست ودوساله بود، برای آزمایش این موضوع دست به اندازه‌گیری‌های صحیح ودقیقی زد .

ژول آب وسپس جیوه را با چرخهای پره‌دار به گردش درآورد وانرژی چرخ متحرك ودرجه‌ی حرارت هریك ازاین دومایع را اندازه‌گرفت . هوا را متراکم کرد وآنگاه مقدار انرژی را که برای این کارصرف شده بود وهم چنین مقدار حرارتی راکه درهوای متراکم ایجاد شده بود اندازه‌گرفت . آب‌را با فشار ازلوله‌های باریك عبورداد . به‌وسیله‌ی چرخانیدن یك سیم پیچ‌بین دوقطب‌آهن‌ربا، یك جریان الکتریکی درسیم پیچ ایجاد کرد . هم‌چنین‌بدون استفاده ازآهنربا یك جریان الکتریکی را ازسیم عبورداد . درتمام این موارد، ژول انرژی به‌کاررفته وحرارت تولید شده را اندازه‌گرفت .

ژول ، حتی درماه عسل خود نتوانست ازرفتن به پای یك آبشار واندازه‌گیری درجه حرارت آب دربالا ودر پایین آن خودداری کند . او این کار را برای این انجام دادکه ببیند چه مقدار گرما به‌وسیله‌ی انرژی ریزش آب ایجاد شده است .

درسال ۱۸۴۷ ژول به این نتیجه رسید که مقدار معینی ازهرنوع انرژی همیشه مقدار معینی حرارت تولید می‌کند . (انرژی‌را می‌توان باواحدی‌به‌نام «ارگ» اندازه‌گیری کرد . گرما با واحدی به نام «کالری» اندازه‌گیری می‌شود .) ژول نشان دادکه چنانچه ۴۱،۸۰۰،۰۰۰ ارگ از یکی از انواع انرژی به‌کار رود یك کالری حرارت تولید

می‌شود . این رابطه‌ی میان انرژی وحرارت را« معادل مکانیکی حرارت» می‌نامند. بعدهابه افتخار ژول یك واحد انرژی «ژول» به‌وجودآمد (یك ژول برابر ۱۰,۰۰۰,۰۰۰ ارگ است ، پس‌می‌توانیم‌بگوییم که‌یك‌کالری مساویست با۴/۱۸ ژول.)

شنوندگان بی‌میل

ژول برای اعلام‌کشف خود دچار مشکلی بود، زیرا نه‌استاددانشگاه بود و نه‌عضو هیچیك از مجامع علمی. اوتنها یك آبجوسازبودودانشمندان آن‌زمان‌به حرفش‌گوش نمی‌دادند. او سرانجام تصمیم گرفت‌که در منچستر برای‌مردم یك سخنرانی ایرادکند وآنگاه‌یکی از روزنامه‌های منچستر را راضی کردکه متن کامل سخنرانی اورا چاپ‌کند. چندماه بعد، ژول موفق شدکه همان‌سخنرانی را دربرابر گروهی از دانشمندان ایرادکند. اماآنها باسردی به‌سخنان اوگوش‌دادند. همه‌ی‌آنها موضوع را به طورکلی‌نادیده‌گرفتند، مگرمرد جوانی به‌نام ویلیام تامسون‌که ازمیان جمع‌برخاست تانکته‌هایی در همراهی با ژول بیان کند . توضیحات تامسون آنقدر زیرکانه و هوشمندانه بود که دانشمندان نتوانستند از توجه به آن خودداری‌کنند. (بعدها تامسون یکی از دانشمندان بزرگ قرن نوزدهم شد، اورا بیشتر به‌نام لردکلوین می‌شناسند.)

بدین‌ترتیب ثابت شدکه هرنوع انرژی‌فقطمی‌تواند به مقدارمعینی‌گرما تبدیل شود. اماگرما خود نوعی‌انرژی است. آیا موضوع این نیست‌که‌انرژی‌نه‌از میان می‌رودونه بوجود می‌آید؟ آیا موضوع این نیست‌که انرژی فقطازنوعی به نوع دیگر تغییر شکل می‌یابد؟

افتخاری که نصیب دیگری شد

این اندیشه درسال ۱۸۴۲ به ذهن دانشمند آلمانی یولیوس‌روبرت‌مایر خطورکرد. درآن زمان‌کسی‌چیزی از کارهای ژول نشنیده بود ومایر خودآزمایش‌های اندکی‌کرده‌بود. هیچ‌کس‌به‌این‌فکرمایرتوجه‌نکرد. یك دانشمنددیگرآلمانی به‌نام‌هرمان لودویك‌فردیناندهلمهولتز ،ظاهرآبی‌آنکه‌ازکارهای‌پیشین‌مایرآگاهی‌داشته‌باشد همین‌نظریه رادرسال۱۸۴۷ابراز کرد. دراین‌زمان‌آثار ژول منتشرشده‌بود. سرانجام دانشمندان برای شنیدن، وازآن‌گذشته برای قبول این‌نظریه، آماده‌شده بودند. بنابراین ،کسی‌که‌معمولا افتخار قانون معروف به «قانون بقای انرژی» به او نسبت داده می‌شود هلمهولتز است.

ساده‌ترین شکل تعریف این قانون چنین است:مقدارکل‌انرژی موجود درجهان ثابت‌است.

مایر کوشید به خاطر جهانیان بیاوردکه اوهمین‌موضوع را قبلا درسال ۱۸۴۲ بیان‌کرده بود. اما مردم یاآن

را فراموش کرده و یاهرگز نشنیده بودند. مایر بیچاره را متهم کردندکه می‌کوشد افتخارات دیگران ازآن خود کند. او چنان نا امید شدکه به‌قصد خودکشی خود راازپنجره‌بیرون‌انداخت اما زنده‌ماندوسی سال دیگر درگمنامی به سربرد. تنها دراواخر عمر بودکه اهمیت کار یولیوس مایر شناخته شد

قانون بقای انرژی را اغلب «نخستین قانون ترمودینامیك» می‌نامند. از نیمه اول قرن نوزدهم دانشمندان‌به مطالعه‌ی جریان حرارت ازجسمی به‌جسم دیگر پرداختند. این مطالعه «ترمودینامیك» نـامیده می‌شود (ترمودینامیك از دوواژه‌ی یونانی به معنای «حرکت، حرارت» گرفته شده است). از زمانی‌که اصل بقای انرژی پذیرفته شد می‌بایست‌آن را در تمام مطالعات ترمودینامیکی به حساب‌آورد.

موتورکارنو

درزمانی‌که قانون‌بقای انرژی پذیرفته‌شد،پژوهندگان‌ترمودینامیك‌می‌دانستندکه نمی‌توان همواره‌همه‌ی‌انرژی را به طورکامل به‌کار تبدیل کرد. باوجود هرنوع‌کوششی، همیشه مقداری از انرژی به شکل حرارت تلف می‌شود .

نخستین‌کسی‌که این موضوع‌را باتجزیه وتحلیل دقیق علمی‌نشان‌داد، فیزیکدان جوان فرانسوی نیکلا لئونارد سادی‌کارنو بود. او درسال ۱۸۲۴ کتاب کوچکی درباره‌ی موتوربخار منتشرکرد. کارنو در این‌کتاب‌دلیل‌هایی‌آورد تانشان دهد انرژی حرارتی‌که یك موتور بخار بوجود می‌آورد نمی‌تواند بیش ازمقدار معینی‌کار تولیدکند.مقدارکاربه اختلاف میان درجه‌ی حرارت گرمترین وسردترین قسمت موتور بخاربستگی دارد. اگر درجه‌ی حرارت تمام‌قسمتهای موتوربه‌یك اندازه باشد ، موتور- هراندازه‌هم که حرارت ایجاد کند-کارتولید نمی‌کند.

زمانی‌که هلمهولتز قانون بقای انرژی را اعلام کرد، دانشمندان به دلایل کارنو ، دراین‌باره که‌ازموتوربخار تنها مقدار محدودی کار می‌توان بدست آورد توجه بیشتری‌کردند . چرا معمولاکار بسیارکمتر ازآن مقدار انرژی است که موتور تولید می‌کند؟ علت آن اختلاف درجه‌ی حرارت است. کارنو به‌طور درخشانی این موضوع را نشان داده‌بود. اما دلیل آن چیست؟

تناسب کلوزیوس

در سال ۱۸۵۰، فیزیکدان آلمانی رودلف یولیوس امانوئل‌کلوزیوس ، محاسبات‌مربوط به‌این‌پدیده را انجام داد.

او این کار را با استفاده از مفهوم حرارت مطلق یادرجه‌ی حرارت بالاتر از صفرمطق انجام داد ۰ در صفر مطلق یعنی در منهای ۴۶۰ درجه فارنهایت (زیرصفرمعمولی)یامنهای ۲۷۳درجه‌ی سانتیگراد (زیرصفرمعمولی)هیچ‌حرارتی وجود ندارد.

کلوزیوس دریافت که‌اگرمقدارکل انرژی‌حرارتی یك دستگاه رابر درجه‌ی حرارتی مطلق آن تقسیم‌کند،نسبتی بدست می‌آید که همیشه درهر جریان طبیعی افزایش می‌یابد ـ خواه این جریان سوختن ذغال در دستگاه‌یك موتور بخار باشد یا انفجار هیدروژن و هلیوم درمنظومه‌ی خورشیدی ۰ هرچه این نسبت سریعترافزایش یابد ، ازحرارت کار کمتری می‌توان‌بدست آورد. در سال ۱۸۶۵ کلوزیوس این نسبت را «آنتروپی‌نامید» ۰

آیا آنتروپی‌درهرجریان طبیعی افزایش می‌یابد؟ آری.مثلا وقتی اجسام سرد،گرم یا اجسام‌گرم،سردمی‌شوند، وقتی‌آب از بلندی به‌پایین می‌ریزد، وقتی آهن زنگ می‌زند، وقتی‌گوشت‌فاسد می‌شود، آنتروپی افزایش می‌یابد.امروزه این واقعیت راکه آنتروپی همیشه زیادمی‌شود «دومین قانون ترمودینامیك»می‌نامند.می‌توان این‌قانون را باسادگی‌بیشتر چنین توضیح داد. مقدار کل‌آنتروپی جهان همواره در حال افزایش است.

شاید نخستین ودومین‌قانون‌ترمودینامیك اساسی‌ترین قوانینی باشند که تاکنون دانشمندان کشف‌کرده‌اند ۰ تاکنون هیچکس استثنایی براین قوانین نیافته وشاید هرگزنیابد.این‌قوانین بادقتی بیش‌ازآنکه بتوان تصورکرد درهمه‌ی جهان، ازبزرگترین مجموعه‌های ستارگان تاکوچکترین ذرات شناخته‌ی شده‌ی اتم،صدق می‌کنند.

باوجود انقلابهایی‌که در قرن گذشته درزمینه‌ی افکار علمی به وقوع پیوسته قوانین ترمودینامیك همچنان استوار درجای خود مانده‌اند. این قوانین همواره شالوده‌ی محکمی برای تمام علوم‌فیزیکی خواهند بود.

۱۱
پلانك و کوانتا

در نیمه‌ی قرن نوزدهم علم دریافت که نور برعناصر شیمیایی تأثیرهایی می‌گذارد . اما چگونه می‌توان برای تشخیص یك 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 باطول‌های مختلف خواهد بود. گروه طول موجهایی که این عنصر تولید می‌کند باگروه طول موجهای هرعنصر دیگری متفاوت است .

هرطول موج معین اثر متفاوتی برروی چشم می‌گذارد و درنتیجه به رنگ متفاوتی دیده می‌شود. فرض کنید نوری که از یك عنصر معین پخش می‌شود به طول موجهای مختلف خاص آن جسم تجزیه شود. بنابراین گروه طول موجهای این عنصر باید مجموعه‌ی خاص از رنگها را بوجود آورد. اما چگونه می‌توان نور یك عنصر گداخته را به طول موجهای مختلف

آن تجزیه کرد؟

یکی از پاسخ‌ها اینست که نور را از داخل یك روزنه گذرانده سپس ازدرون یك شیشه‌ی مثلث شکل ، که منشور نامیده می‌شود، عبور دهیم. منشور، هرموج رابه نسبت طول آن به‌اندازه‌ی معینی می‌شکند. بدین‌ترتیب نوری که از روزنه به‌درون منشور می‌تابد، در منشور به‌شکل رنگهای خاصی که بستگی به طول موجهای آن عنصر دارد ،دیده می‌شود . در نتیجه طیفی از خطوط رنگین بوجود می‌آید که طرح آن باطرح خطوط رنگین هر عنصر دیگری متفاوت است.

این کار باتمام جزییات آن درسال ۱۸۵۹ به‌وسیله‌ی یك فیزیکدان آلمانی به نام گوستاو «وبرت کر شهوف انجام گرفت. او و شیمیدان آلمانی «وبرت ویلهلم‌فون‌بونسن ، دستگاه طیف‌نما را ـ که بدان اشاره کردیم ـ اختراع کردند و آن را برای مطالعه‌ی طیف های عناصر مختلف به‌کار بردند. آنها با یافتن دوطیف جدید، که با طیف‌های همه‌ی عناصرشناخته شده متفاوت بود، دوعنصر تازه کشف کردند.

پس از آن دانشمندان دیگر طیف‌های عناصرموجود درروی زمین را در طیف‌های خورشید وستارگان پیدا کردند. ازسوی دیگرعنصر هلیوم که درسال ۱۸۶۸ به‌وجود آن در خورشید پی بردند سالها بعد در روی زمین کشف شد. مطالعه‌ی طیف‌ها سرانجام نشان داد که تمام جهان ازیك نوع ماده درست شده‌است.

مهمترین کشف کرشهوف این‌بود: اگرعنصر خاصی تاآنجا حرارت داده شود که نوری باطول‌موج های‌معین منتشرکند، هنگامی که اندکی سردتر شود به‌جذب همان طول موجها میل می‌کند.

فرضیه‌ی اجسام سیاه

اگرجسمی تمام نوری را که برروی آن می‌تابد جذب کند دیگرنوری برای منعکس شدن باقی نمی‌ماند. به‌این 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 گداخته‌شود چه روی خواهد داد؟ بنابرکشف کرشهوف باید نوری باتمام طول موجهای ممکن از خود بازتاباند زیرا تمام این طول موجها را درخود جذب کرده است. مشاهده می‌شود که درطیف الکترومانیتیك (سیستمی که تمامی طول موجهای ممکن انرژی را درخود دارد) طول موجهای بخش نامرئی ماورای بنفش بیشتر ازطول موجهای بخش مرئی طیف (طول موجهائی که نورمرئی تولید میکنند) هستند.

بنابراین به نظر می‌رسد که اگرجسم‌سیاهی تمامی طول‌موجهارا ازخود بازتاباند، بیشتر نور مربوط به‌بخش بنفش وماورای بنفش طیف است.

در دهه‌ی ۱۸۹۰ یك فیزیکدان انگلیسی به نام لرد ریلی معادله‌یی برمبنای طرزعمل موج نور (آن‌گونه که در آن زمان می‌پنداشتند) به دست آورد.

ظاهراً پژوهشهای اونشان می‌دادکه هرچه طول موج کوتاهترباشد، نور بیشتری تابیده خواهد شد. کوتاهترین طول موجهای نور دربخش بنفش وماورای بنفش طیف قرار دارند. ازاین‌رو، ازیك جسم سیاه، نورباید بایك تابش‌سریع بنفش وماورای بنفش (سیلان بنفش) بیرون آید.

اما سیلان بنفش هرگزمشاهده نشده بود. چرا؟ شاید بدین‌سبب‌که هیچ جسم معمولی تمامی نوری راکه برآن می‌تابد، جذب نمی‌کند. دراین صورت هیچ شیئی را نمی‌توان جسم سیاه واقعی دانست، اگرچه فیزیکدانان ازحیث نظری چنین جسمی را به کار می‌برند. شاید اگر یك جسم واقعاً سیاه وجود داشت، می‌شد سیلان بنفش را مشاهده‌کرد.

تقریباً درهمان زمانی‌که ریلی معادله‌ی خود را تنظیم کرد، ویلهلم‌وین فیزیکدان آلمانی‌گمان‌کرد که برای ساختن یك جسم سیاه راهی یافته است. برای این‌کار ازاتاقی‌که یك روزنه‌ی کوچك داشت استفاده کرد. او می‌اندیشید که نور، هرطول موجی‌که داشته باشد، چون وارد اتاق شود به وسیله‌ی دیوارهای ناهموار درون اتاق جذب خواهد شد. اگر بخشی از نورهم بازتاب بیابد باز به قسمت دیگری از دیوار درونی خورده درآنجا جذب خواهد شد.

هنگامی‌که نور وارد اتاق شود دیگرچیزی ازآن باقی‌نمی‌ماندکه از روزنه بیرون رود. این روزنه یك جذب کننده‌ی کامل نور خواهد بود وازاین رو می‌تواند همچون یك جسم سیاه واقعی عمل کند. اگر اتاق را تا آنجا حرارت دهیم که درون آن‌گداخته‌شود، در این صورت نوری‌که از روزنه به بیرون می‌تابد تابش یك جسم سیاه خواهد بود. آیا این نور سیلان بنفش بود؟ متأسفانه خیر. وین به مطالعه‌ی این پرتوها پرداخت و پی بردکه هراندازه طول موجهاکوتاه‌تر شودشدت‌پرتوها بیشترمی‌شود (همانطورکه درمعادله‌ی ریلی پیش‌بینی شده بود). همیشه یك طول موج ویژه وجود داشت که درآن شدت پرتوها ازهمه بیشتر بود. اما پس ازآن ازشدت پرتوها کاسته می‌شد، گرچه کاهش طول موجها همچنان ادامه می‌یافت. هرچه وین اتاق را بیشترحرارت می‌داد، طول موجها کوتاهترمی‌شدند وازشدت پرتوها کاسته می‌شد، اما

هرگز سیلان بنفش دیده نشد.

وین کوشید تا معادله‌یی به دست آوردکه بتواند توضیح دهدکه طول موجهای کوتاه وبلند نورچگونه ازاین «جسم سیاه» می‌تابد، اما نتایج رضایتبخشی به دست نیاورد.

در سال ۱۸۹۹ یك فیزیکدان دیگر آلمانی به‌نام ماکس پلانك به‌حل این مسأله دست یازید. او حدس زدکه شاید نور تنها به مقادیر معین می‌تابد. اونمی‌دانست که این مقادیر چه اندازه‌اند، ازاینرو آن را کوانتا (کـه مفرد آن کوانتوم است) نامیدکه ازواژه‌ی لاتینی به معنای «چقدر؟» گرفته شده است.

تا آن زمان گمان می‌کردندکه همه‌ی شکل‌های انرژی، ازجمله نور، تاکوچکترین مقدارهائی‌که به تصور در آیند، وجود دارند. اما به نظر پلانك چنین‌نبود. او نظرداد که انرژی نیز، مانند ماده، به صورت ذراتی است‌که اندازه‌ی معین دارند. بدینسان ذراتی کوچکتر ازآنچه که وی آنها را کوانتوم می‌نامید، وجود نداشت. از این‌رو کوانتوم‌هـا «بسته‌ها»ی انرژی بودند، همان‌گونه که اتم‌ها ومولکولها «بسته‌ها»ی ماده بودند.

پلانك اندیشیدکه یك کوانتوم انرژی ازلحاظ اندازه برحسب طول موج نور متفاوت است، هرچه طول موج کوتاهتر باشد کوانتوم بزرگتر است. او این نظریه را در باره‌ی مسأله‌ی اجسام سیاه به‌کار برد ونتیجه گرفت که ایـن اجسام امواج نور را به شکل کوانتوم می‌تابانند. برای یك جسم سیاه آسان بودکه انرژی کافی برای ایجاد کوانتوم‌های کوچك گرد آورد. ازاین‌رو این جسم به آسانی طول موجهای بلند نور را کـه به کوانتوم‌هـای کـوچك نیاز داشت، می‌تاباند، امانمی‌توانست طول موج کوتاه بتاباند مگرآنکه کوانتوم‌های بزرگ گرد آورد. برای یك جسم سیاه به مراتب دشوارتربود که این کوانتوم‌های بزرگ را فراهم آورد. این بدان می‌ماندکه در فروشگاه بزرگی باشید وبه شما بگویند هرچه بخواهید می‌توانید بخرید به شرطی‌که بهای جنس را به پول خرد بپردازید. برای شما آسانست‌که یـك جنس پنج ریالی بخرید، اما بسیار دشوار است‌که یك جنس ده هزار تومانی را خریداری کنید، زیرا حمل این مقدار پول خرد شاید برای شما ناممکن باشد.

پلانك موفق شد معادله‌یی به دست آورد که بتواند تابش اجسام سیاه را برحسب کوانتوم‌ها تـوضیح دهد. معادله‌ی پلانك این مشاهده‌ی وین را تأیید می‌کردکه دریك طول موج‌خاص، تابش ازتمام طول موجهـای دیگر شدیدتر

است . درطول موجهای کوتاهتر از آن، برای جسم سیاه دشوار است که کوانتوم‌های بزرگتر لازم را تولید کند . اما اگر اتاق سیاه را به‌میزان بیشتری حرارت دهیم، انرژی زیادتری فراهم خواهد شد . ازاین 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 به‌شدت 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 به‌مقدار سکه‌های پول خردی که شما می‌توانید همراه خود داشته باشید خیلی گران است.

« نظریه‌ی کوانتوم» پلانك 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. مثلا چرا هنگامی که نور برروی بعضی فلزات می‌افتد برخی از اجزاء اتم، که الکترون نامیده می‌شوند، از اتم بیرون می‌روند؟ نور می‌تواند درسطح فلزات، الکترون‌ها را از اتم بیرون راند. اما این الکترونها فقط درصورتی بیرون می‌روند که طول موج نوری که برروی فلز می‌خورد از یك میزان معین کوتاهتر باشد. این میزان هم به‌ماهیت فلز بستگی دارد. این پدیده را، که اثر «فتوالکتریکی» می‌نامند فیزیکدانان چگونه می‌باید توضیح دهند ؟

درسال ۱۹۰۵ آلبرت اینشتین پاسخ این مسأله را دریافت. او برای توضیح دادن اثر فتوالکتریکی از نظریه‌ی کوانتوم استفاده کرد. بنابه‌نظر او هنگامی که طول موجهای بلند نور برروی 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 اثرفتوالکتریکی پیروزی‌بزرگی‌برای نظریه‌ی‌کوانتوم بود و سرانجام هم پلانك و هم انیشتین برای کارهای خود جایزه‌ی نوبل را دریافت کردند.

نظریه‌ی‌کوانتوم در پژوهشهای مربوط به‌ساختمان اتم نیز ارزش خود را ثابت‌کرد. فیزیکدانان به‌این نتیجه رسیده بودندکه اتم ازیك هسته‌ی نسبتاًسخت تشکیل‌شده‌که برگرد آن یك‌یا چند الکترون در مسیری دایره‌یی (مدار) درگردش هستند. بنا برنظریه‌های فیزیکی آن زمان ،الکترون‌هامی‌بایست هنگام گردش به دورهسته ازخود نور تابانده، انرژی خود را ازدست داده برهسته‌ی‌اتم فروافتند.اما الکترونهابه‌گردش‌خودادامه می‌دادند وبرهسته‌ی‌اتم فرونمی‌افتادند. آشکار بودکه نظریه‌های قدیمی فیزیك قادربه‌توضیح حرکت الکترونها نیستند.

درسال۱۹۱۳ فیزیکدان دانمارکی نیلس‌بور نظریه‌ی کوانتوم را در مورد ساختمان اتم به‌کاربست. بور گفت الکترون می‌تواند انرژی راتنهابه‌مقادیرمعین،یعنی‌به‌صورت کوانتوم های‌کامل بیرون دهد.درهنگام دادن انرژی،الکترون به‌مدار تازه‌یی نزدیکتر به‌هسته‌ی‌اتم،می‌رود. به‌همین ترتیب الکترون هنگامی که به‌مدار تازه‌یی دورترازهسته می‌رودتنها کوانتوم‌های کامل را جذب می‌کند. الکترون هرگز نمی‌تواندبه‌هسته‌فروافتد زیراکه‌نمی‌تواندازآخرین مداری که‌وضعیت انرژی الکترون‌اجازه می‌دهد به‌هسته نزدیکتر شود.

پاسخ ودریافت

فیزیکدانان با درنظرگرفتن مدارهای مجاز توانستند دریابندکه‌چرا هرعنصرفقط طول موجهای معینی‌ازنوررا می‌تاباند وچرا همیشه نور جذب شده به‌همان میزان نور تابانده شده‌است. به‌این ترتیب قانون کرشهوف، که همه‌ی این ماجرا ازآن آغاز شده بود، سرانجام توضیح داده شد .

مکانیك کوانتوم امروزه به حدی اهمیت یافته که‌آغاز فیزیك نو رااز سال ۱۹۰۰ می‌دانند ـ یعنی‌هنگامی‌که پلانك نظریه‌ی کوانتوم را اعلام کرد .فیزیك پیش ازسال ۱۹۰۰ را فیزیك کلاسیك می‌نامند . نظریه نسبتاًساده‌ی پلانك موفق شد که‌جهت علم ماده وحرکت رایکسره دگرگون کند.

۱۲

بقراط و پزشکی

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

ازاین گذشته چنین به نظر می‌رسد که ماده‌ی بیجان دربیشتر مواقع کاری انجام نمی‌دهد، اگر هم انجام دهد این کار را به شکلی مکانیکی ونه چندان جالب انجام می‌دهد. فرض‌کنید سنگی در وسط جاده افتاده است. اگرکسی به آن‌کاری نداشته باشد، سنگ برای همیشه همانجا خواهد ماند. اگر با پا به‌آن بزنید سنگ حرکت می‌کندوسپس درجای دیگر می‌ایستد. اگر پای خود را محکمتر به سنگ بزنید، سنگ بیشتر حرکت می‌کند. اگرآن را به هوا پرتاب کنید در یك مسیر منحنی حرکت کرده به زمین می‌افتد، واگرآن را با پتك بکوبید خرد خواهد شد.

باکمی تجربه می‌توانید درست پیش‌بینی‌کنیدکه وقتی‌کار خاصی با سنگ انجام دهید، برای سنگ چه پیش

خواهدآمد. می‌توانید برحسب رابطه‌ی علت ومعلول آنچه راکه برای سنگ اتفاق می‌افتد شرح دهید . هرکار خاصی روی سنك انجام شود (علت) واقعه‌ی خاصی برای سنگ اتفاق می‌افتد (معلول). این عقیده‌که‌یك علت معین، همیشه همان معلول خاص را به دنبال دارد به نظریه‌یی می‌رسدکه آن را «نظریه‌ی‌مکانیکی» یا «مکانیسم» می‌نامند.(به فصل‌هشتم مراجعه شود).

دنیای پیش‌بینی کردنی

حتی جسم عظیمی مانند خورشید هرروز به طور مکانیکی طلوع وهرعصر به طور مکانیکی غروب می‌کند . اگر با دقت به مشاهده‌ی خورشید بپردازید می‌توانید به طوردقیق پیش‌بینی‌کنیدکه در تمام روزهای‌سال، خورشید چه هنگام طلوع وچه هنگام غروب خواهد کرد و نیز از چه قسمتهایی ازآسمان خواهد گذشت . مردم روزگار گذشته برای پیش بینی حرکات‌خورشید وسایر اجسام آسمانی قواعدی تنظیم کردندکه هیچ وقت خلاف آن دیده نشده است.

درحدود ۶۰۰ سال قبل‌ازمیلاد،تالس‌فیلسوف بزرگ یونان وپیروانش این‌عقیده‌راابرازکردندکه‌قانون طبیعی علت ومعلول به‌تنهایی برای‌شناخت‌طبیعت‌کافی‌ست. باوجود چنین قوانینی،تصور اینکه‌ارواح‌وشیاطین برجهان حکومت می‌کنند،دیگر ضرورتی نداشت.

اما آیاقوانین طبیعی می توانند در مورد موجودات زنده نیزصادق باشند؟ آیا موجودات زنده قوانین خاص خود ندارند واغلب ازقانون علت ومعلول سرپیچی نمی‌کنند؟

واکنش نامعلوم

فرض کنیم‌که شما یکی‌از دوستانتان‌را هل دهید . ممکن است او زمین بیفتد ویا تعادل خود را حفظ کند. پس ازاینکه اوراهل دادید ممکن است بخندد ویااسم شمارا صدا کند ویااینکه درعوض اوهم شمارا هل‌بدهد. یااینکه با عصبانیت بخواهد کتکتان‌بزندویابرای مدتی انتظاربکشدتابعدهاحساب شمارابرسد. به‌عبارت‌دیگر یك‌موجود زنده ممکن است واکنش های گوناگونی دربرابر یك علت معین ازخود بروز دهد.این عقیده‌که موجودات زنده ازقوانینی که‌برجهان بیجان حاکم است، اطاعت نمی کنند ویتالیسم نامیده می شود. هم چنین توجه کنیدکه بعضی از مردم دارای تواناییهای غیرعادی‌هستند. چرا یك‌نفر می‌تواند شعرهای خوب بگوید وکس دیگری‌نمی‌تواند؟ چرا یك‌نفر رهبری هوشیار یاسخنوری

الهام‌بخش ویاجنگجویی دلیر است درحالی‌که دیگران‌نیستند؟

ازسوی‌دیگربه‌نظرمی‌رسدکه‌همه‌ی مردم دراساس مانند یکدیگرند. همه‌ی‌آنهادست‌وپا، گوش‌وچشم‌وقلب‌ومغز دارند. پس چه‌چیزی باعث تفاوت میان‌آدم‌های غیرعادی وآدم معمولی می‌شود؟ درنظر مردم روزگار باستان، آدم‌های‌غیر عادی‌را ارواح یافرشتگان‌نگهبان حمایت می‌کردند. یونانیان‌چنین ارواحی‌را دایمون می‌نامیدند، و این بعدها درانگلیسی به‌دیمون (به‌معنی دیو وشیطان) تبدیل شد. هنوزهم انگلیسی‌ها به‌کسی که زیادکار می‌کند « شیطان‌زده » می‌گویند. نظیر چنین اصطلاح هایی‌درزبانهای مختلف‌به‌فراوانی وجود دارد.

طبیعتاً انتظار می‌رفت که ارواح وشیاطین همانگونه‌که به انسان‌نیکی می‌کنند بدی نیز بکنند. اگرشخصی بیمار می‌شد، مردم قدیم می‌گفتند که شیطان درجسم او رفته است. این اعتقاد موقعی راسخ‌تر می‌شدکه شخص حرفهای ابلهانه می‌زد وکارهای دیوانه‌وار می‌کرد. هیچ‌کس ازروی اختیارکارهای ابلهانه انجام نمی‌دهد؛ بنابراین مردم شیطان را که درجسم آن شخص رفته بود،سرزنش می‌کردند. بدین‌ترتیب درجامعه‌های ابتدایی‌گاهی با کسانی‌که ازنظر روانی بیمار بودند با ترس واحترام رفتار می‌شد، زیرا چنین تصور می‌کردند کـه دست یك موجـود فـوق طبیعی او را لمس کرده است .

بیماری مقدس

هم‌چنین تصورمی‌شد بیماری صرع،که اینك ما می‌دانیم نوعی اختلال درمغز است، به وسیله ارواح به‌وجود آمده است. شخص که دچار این اختلال باشد گاهی برای چند دقیقه مهار بـدن خود را ازدست می‌دهد. دراین صورت ممکن است شخص به زمین بیفتد (به این دلیل‌این بیماری را درمغرب زمین «بیماری افتادن» می‌نامیدند)، دست وپابزند وغیره. پس ازآن شخص بیمار ازآنچه‌که برایش اتفاق‌افتاده تنها اندکی به خاطرمی‌آورد. مردم قدیم‌که شاهد این‌جریان بودند با اطمینان می‌گفتندکه به چشم خود شیطان را که وارد جسم بیمار شده واورا ازپا انداخته دیده‌اند. بدین‌ترتیب یونانیان مرض صرع را «بیماری مقدس» می‌نامیدند.

تا زمانی‌که مردم با دیده‌ی غیرعلمی به بیماری می‌نگریستند ، روش مداوای آن نیز ناگزیر به همان اندازه غیرعلمی بود. سرگرم کردن ویا ترسانیدن شیطان‌ها درست‌ترین روش‌مداوای بیماری به شمار می‌رفت. هنوزهم درقبایل

بدوی «جادوگر پزشك» برای خارج‌کردن ارواح بدکار از بدن بیمار به جادوگری وانجام مراسم باطل‌کردن افسون می‌پردازند. این‌مردم معتقدندکه به محض خارج شدن ارواح بدکار ازبدن، بیمارشفا می‌یابد. یونانیان یك خدای پزشکی به نام اسکلپیوس داشتند وکشیشهای اسکلپیوس پزشك بودند. درجزیره‌ی یونانی کاس در دریای اژه (درست درکناره‌ی شرقی ترکیه‌ی‌کنونی) یك معبد مهم اسکلپیوس قرار داشت. درحدود ۴۰۰ سال‌پیش‌ازمیلاد مسیح بزرگترین‌پزشك جزیره‌ی کاس مردی به نام بقراط بود.

عقاید بقراط برای یونانیان تازگی داشت ، زیرا او به جای اینکه از شیطان درون جسم بیمار نگران باشد ، معتقد بودکه باید بیمار را معالجه کرد. اونخستین‌کسی نبودکه چنین عقیده‌یی داشت. ازقرار معلوم تمدنهای قدیم‌بابل ومصرهم پزشکان زیادی داشتند که به این نکته معتقد بودند، ومطابق یکی از افسانه‌ها بقراط درمصر تحصیل مـی‌کرده است. اما تنها کارهای او وتنها نام اوست که درخاطره‌ها باقیمانده است.

یك مکتب معقول

بقراط یك مکتب فکری به‌وجود آورد که قرن‌ها ادامه داشت. پزشکان مکتب او درمعالجه‌ی بیماران ازعقل سلیم استفاده می‌کردند. آنها دارو، وسایل‌ونظریه‌های امروزی را نداشتند، اما دارای عقل سلیم وتوانایی مشاهده‌ی دقیق بودند. پیروان بقراط معتقد بودندکه پزشکان باید خودشان وبیمارانشان را پـاکیزه نگاهدارند. آنهـا عقیده داشتندکه بیماربابد ازهوای تازه، محیط راحت وآسوده وبرنامه‌ی متعادل وساده‌ی‌غذایی برخوردار باشد . آنها قاعده‌های معقولی برای بند آوردن خون، پاك کردن ومعالجه‌ی زخم وجا انداختن استخوان‌ها وغیره به وجود آوردنـد. آنهـا ازهرگـونه زیاده‌روی خودداری کردند وهمه‌ی مراسم جادویی را به دست فراموشی سپردند.

نوشته‌های تمامی مکتب بقراط با یکدیگر در هم شده ودقیقاً نمی‌توان گفت هربخش را چه کسی نوشته ویا درچه زمانی نوشته است . معروفترین نوشته‌ی مکتب بقـراط سوگندنامه یی است که پـزشکان این مکتب، هنگـامی که می‌خواستند پس از پایان تحصیل حرفه‌ی‌خودرا آغازکنند، ادا می‌کردند. چون این سـوگند دارای بالاتـرین آرمـانهای حرفه‌ی پزشکی‌ست ، هنوزهم از آن‌همچون‌راهنمایی‌برای‌پزشکان‌استفاده‌می‌کنند ودانشجویان دانشکده‌ی پـزشکی،هنگامی که تحصیل خود را به پایان‌می‌رسانند، این‌سوگند را ادا می‌کنند. با این همه، سوگندبقراطی را خود بقراط ننوشته‌است.

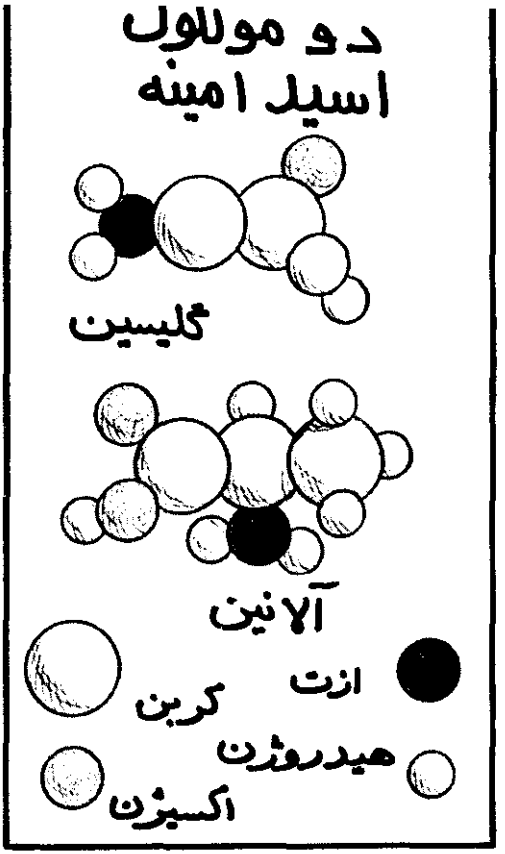
درست‌ترین گمان دراین‌باره اینست‌که استفاده ازآن درحدود سال ۲۰۰ بعد ازمیلاد، یعنی شش قرن پس از دوران‌زندگی بقراط، معمول شده است. آیا نوشته‌یی وجود داردکه بتوان آن‌را ازخود بقراط دانست؟ درمیان قدیمی‌ترین نوشته‌های این مکتب رساله‌یی است‌که احتمالا خود بقراط آن را نوشته است. عنوان این رساله «درباره‌ی بیماری مقدس» است و در آن از بیماری صرع سخن رفته است .

شیطان‌ها کنار گذاشته میشوند

دراین رساله به‌طور جدی‌گفته می‌شود که سرزنش شیاطین به خاطر بیماری کار بیهوده‌یی است. هربیماری یك علت طبیعی دارد ووظیفه‌ی پزشك این است‌که آن علت را پیداکند. هنگامی‌که علت شناخته شد آنگاه ممکن است علاج آن نیز پیدا شود. این رساله می‌گویدکه این موضوع حتی درمورد بیماری مرموز وترسناك صرع نیزصادق‌است. صرع به هیچ روی یك بیماری مقدس نیست،بلکه یك بیماری مانندهمه‌ی بیماری های دیگر است درحقیقت‌تمامی آنچه رساله می‌گوید این است که نظریه‌ی علت و معلول در موردموجودات زنـــده ، که‌انسان‌هم‌جزیی‌ازآن است ، نیزصدق می‌کند. چون موجودات زنده بسیار پیچیده هستند، ممکن است پیداکردن رابطه‌ی علت ومعلول درآنها به سادگی میسرنباشد، اما سرانجام این‌کار شدنی‌ست وباید انجام گیرد .

با اینهمه دانش پزشکی مجبور بود برضد اعتقاد عمومی به شیاطین و ارواح بدکار و استفاده از مراسم جادوئی و افسون برای مداوا، تا قرنها بعد، مبارزه‌کند اما عقاید بقراط هرگز یکسره فراموش نشد.

بقراطرا به علت عقایدی که در مورد مداوای بیماران ابراز کرده است ، اغلب پدردانش پزشکی می‌نامند . در واقع مقام او از این هم بالاتراست. او مفهوم قوانین طبیعی را درمورد موجودات زنده به‌کاربرد و بدین‌ترتیب‌اولین گام بزرگ رابرضد «ویتالیسم» برداشت. اززمانی‌که قوانین طبیعی درمورد حیات به‌کاررفت دانشمندان توانستند حیات را به شیوه‌یی منظم و روشدار مطالعه‌کنند.بنابراین،عقاید بقراط بوجود آمدن‌دانش زیست‌شناسی را ممکن‌ساخت وبدین ترتیب‌می‌توان اورا پدر زیست شناسی نیز به حساب آورد .



۱۳
وهلر و شیمی آلی

درسال۱۸۲۸بودکه شیمیدان جوان‌آلمانی فردریك وهلر رشته‌ی مورد علاقه‌ی خودراپیداکرد ــ وآن مطالعه درباره‌ی فلزات ومواد معدنی بود. این‌مواد به رشته‌ی شیمی غیرآلی،که ظاهراً هیچ ارتباطی با زندگی نداشت ، مربوط بود. رشته‌ی دیگری به نام شیمی آلی نیز بود که به مواد شیمیایی‌که دربافت‌های گیاهان و جانوران وجود داشت ، مربوط می شد .

شیمیدان سوئدی یونز برزلیوس ، که معلم وهلر بود، شیمی را به این دو دسته تقسیم‌کرده‌بود. علاوه براین برزلیوس معتقد بود که نمی‌توان در آزمایشگاه از مواد شیمیایی غیرآلی، مواد شیمیایی آلی درست‌کرد . به نظر او این مواد تنها در بافت زنده به وجود می‌آمدند زیرا به یك نیروی حیاتی احتیاج داشتند.

نظریه‌ی «ویتالیسم»

برزلیوس معتقد به نظریه‌ی ویتالیسم بود (به فصل ۱۲ مراجعه کنید) . اوگمان داشت که ماده‌ی زنده ازیك رشته قوانین طبیعی پیروی می‌کند که باقوانین مربوط به ماده‌ی بی جان تفاوت دارد. بیش از دو هزار سال پیش‌از آن بقراط گفته بودکه قوانین طبیعی،که درمورد هردوی این مواد عمل می‌کنند، یکسان است. اما پذیرش این نظر هنوز دشوار بود، زیرا بافت زنده پیچیده بود وبه سادگی نمی‌شد چگونگی کار آن را فهمید. از این رو بسیاری از شیمیدانان اطمینان داشتندکه روشهای ساده‌ی آزمایشگاهی نمی‌تواند برای توضیح دادن مواد پیچیده‌ی موجود دراعضای‌زنده‌کاری از پیش برد .

بدین ترتیب وهلر روی مواد شیمیایی غیرآلی کار می‌کرد، وهرگز خواب آن را هم نمی‌دید که به زودی در زمینه‌ی شیمی‌آلی انقلابی برپا خواهد کرد. تمام ماجرا از یك ماده‌ی شیمیایی به نام «آمونیوم سیانات» آغاز شد. این ماده، هنگامی‌که وهلر آن را حرارت‌داد، به ماده‌ی دیگری تبدیل‌شد. وهلر برای شناختن این ماده‌ی جدید خواص آنرامورد مطالعه قرارداد. ضمن اینکه این‌ماده را با عامل‌های مختلف آزمایش می‌کرد، به تعجبش افزوده می‌شد. او برای‌محکم‌کاری آزمایش خودرا چندین بارتکرارکرد، اما نتیجه همیشه یکسان بود. آمونیوم سیانات،که یك ماده‌ی غیرآلی‌است، به «اوره»که یك ترکیب‌کاملاشناخته شده‌ی‌آلی است، تبدیل شده بود. وهلرکاری‌کرده بود که برزلیوس آن راغیرممکن می‌پنداشت. او تنها با حرارت‌دادن یك ماده‌ی غیرآلی، یك ماده آلی درست‌کرده بود .

کشف‌شگفتی‌انگیز وهلر الهام بخش شیمیدانان دیگر شدوآنان کوشیدند تا از ترکیبات غیرآلی، ترکیبات‌آلی بسازند. دردهه‌ی ۱۸۵۰ یك شیمیدان فرانسوی‌به‌نام پیر اوژن مارسلن‌برتلو دهها نوع ازچنین‌ترکیباتی درست کرد. درهمین زمان یك شیمیدان انگلیسی به نام ویلیام‌پرکین مشغول ساختن ماده‌یی بود که ازلحاظ خواص‌شبیه به‌ترکیبات آلی بود ، اما در قلمروی حیات درهیچ‌جا یافت نمی‌شد . به دنبال اینها دهها هزار از این ترکیبات مصنوعی ساخته شد.

اینك شیمیدانان می‌توانستند ترکیباتی‌بسازندکه تنها طبیعت دربافت زنده درست می‌کرد. از این گذشته‌آنها می‌توانستند ترکیبات دیگری ازهمان نوع بسازند که بافت زنده قادر به تولید آنها نبود.

بااین‌همه، این حقایق‌نظریه‌ی«ویتالیسم» را از میان برنداشت. طرفداران این نظریه می‌گفتنداگرچه‌شیمیدانان

PersianPDF.com

می‌توانند همان ترکیباتی را بسازند که بافت‌زنده می‌سازد،اما دشوار بتوانند این کار را به‌شیوه‌ی که [illegible] می‌دهد؛صورت دهند. بافت زنده مواد خود رادر شرایط حرارت ملایم وتنها بارقیق‌ترین مواد درست‌می‌کند. شیمیدان‌باید ازحرارت بسیار زیاد یا فشار ویا مواد شیمیایی قوی استفاده‌کند. اما شیمیدانان می‌دانستند که چگونه می‌توان واکنشهای خاصی راکه، معمولا به حرارت زیاد نیاز دارد، در حرارت معمولی اتاق‌وجود آورد. راه آن استفاده از یك عامل واسطه یعنی کاتالیزور بود. مثلاً گرد پلاتین موجب‌می‌شودکه هیدروژن‌هنگام مخلوط شدن باهوامشتعل شود. بدون پلاتین، برای ایجاد این‌واکنش،می‌باید ازحرارت استفاده‌کرد .

کاتالیزورهای حیاتی

بنابراین روشن‌بود که بافت زنده می‌باید دارای کاتالیزور باشد ، اما اینها کاتالیزورهایی بودند که انسان آنها را نمی‌شناخت.کاتالیزور های بافت‌زنده فوق‌العاده مؤثر بودند. مقداربسیار اندکی ازآنها واکنشهای بزرگی‌ایجاد می‌کرد. اما این‌کاتالیزورها برروی موادخاصی‌اثرمی‌گذاشتند.وجودآنها باعث‌می‌شدکه تنها موادخاصی‌تغییر کنند،درحالی که‌موادهمانندآنهاتأثیری‌نمی‌پذیرفتند همچنین‌کاتالیزورهای حیاتی به‌آسانی از جریان‌کار خارج می‌شدند . حرارت، مواد شیمیایی قوی ویا مقدار بسیارکمی ازفلزات یا مواد دیگر ،معمولاً کار آنها را برای همیشه متوقف می‌کردند.

این‌کاتالیزورهای حیاتی «مخمر»نامیده می‌شوند.معروفترین‌نمونه‌ی‌آن، مخمرهای موجود درسلولهای ریز خمیرمایه‌ی نان است. ازآغاز تاریخ، انسان برای ساختن شراب‌از آب میوه ، وبرای درست کردن‌نانهای‌نرم وپفکی، از این مخمرهااستفاده کرده‌است.

درسال۱۷۵۲ یك دانشمند فرانسوی به نام [illegible] مقداری شیره‌ی معده یك باز را به‌دست آورد و نشان دادکه‌این‌شیره‌می‌تواندگوشت را حل‌کند.اماچگونه؟این شیره‌یك ماده زنده‌نبود.

شیمیدانان با بی‌اعتنایی شانه‌های خود را بالا انداختند . جواب،خیلی ساده به‌نظر می‌رسید . دونوع مخمر وجود داشت. یك‌نوع ازآن ، برای هضم‌غذا ، درکنار سلولهای‌زنده فعالیت می‌کرد. این‌رامخمر غیرآلی می‌خواندند. نوع دیگر مخمر آلی بودکه تنها در داخل سلولهای زنده فعالیت می‌کرد. مخمرهای موجوددرخمیرمایه،که قندیانشاسته راتجزیه‌کرده‌شراب می‌ساختند یا نان راورآمده می‌کردند،از انواع مخمرهای‌آلی بودند.

درنیمه‌ی دهه‌ی ۱۸۰۰ دراثرکارهای وهلر و دیگران نظریه‌ی قدیمی «ویتالیسم» بی‌اعتبارشد، اما شکل‌تازه‌یی از نظریه‌ی مزبور جانشین آن گردید.

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

در سال ۱۸۷۶ یك شیمیدان آلمانی به‌نام ویلهلم‌کیونه اصرار ورزید که شیره‌های معدی را نباید مخمر غیرآلی‌نامید . واژه‌ی «مخمر»آنقدر باحیات بستگی داشت‌که ممکن بود این تصور راپیش‌آورد که‌یك‌جریان زنده‌درخارج‌از سلول به‌وقوع می‌پیوندد. درعوض کیونه پیشنهاد کرد گفته شود که شیره‌ی معدی دارای آنزیم است. واژه‌ی «آنزیم» که ازیك اصطلاح یونانی به معنای «درون خمیرمایه» گرفته‌شده، ازاین‌رومناسب به‌نظر می‌رسیدکه شیره‌ی معدی‌تااندازه‌یی مانند مخمرهای درون خمیرمایه عمل‌می‌کرد.

دست کشیدن ازنظریه‌ی ویتالیسم

نظریه‌ی جدید ویتالیسم را می‌باید مورد آزمایش قرارداد . اگر مخمرها فقط درداخل سلولهای زنده‌فعالیت می‌کردند در این صورت هرچیزکه سلول را می‌کشت می‌بایست مخمر را نیز نابود کند . مسلماً هنگامی که سلولهای خمیرمایه می‌مردند ازتخمیرکردن بازمی‌ایستادند. اما شاید آنها به‌طورقطع نمی‌مردند. معمولاً آنها به وسیله‌ی حرارت یا مواد شیمیایی قوی، کشته می‌شدند. آیا چیزدیگری می‌توانست جانشین این دو شود ؟

این فکر به خاطر یك شیمیدان آلمانی به نام ادوارد بوخنر خطورکرد که سلولهای خمیرمایه ممکن است دراثر ساییدن آنها باشن کشته شوند؛ بدین‌ترتیب‌که قطعات ریزوسخت شن سلولهای‌کوچك را پاره‌کرده آنها را نابود کنند. بدین‌ترتیب مخمرهای درون سلول درمعرض حرارت ویا مواد شیمیائی قرار نمی‌گرفتند . آیا اصولاً مخمرها از میان خواهند رفت؟

در سال ۱۸۹۶ بوخنر خمیرمایه راسائیده و آن را ازصافی گذراند. اوشیره‌ی به دست آمده را با میکرسکوپ بررسی‌کرد ومطمئن شدکه حتی یك سلول مخمرزنده‌درآن وجود ندارد. این فقط یك شیره‌ی «مرده» بود. سپس او مقداری

محلول شکر به‌آن اضافه‌کرد. حبابهای‌کربن دی‌اکسید فوراً ازآن بیرون آمد وشکر به تدریج تبدیل به الکل‌شد.

اینك شیمیدانان می‌دانستندکه شیره‌ی «مرده» می‌تواندکاری را انجام‌دهدکه قبلا بدون‌وجود سلولهای زنده، غیر ممکن به نظر می‌رسید.

این بار حقیقتاً نظریه‌ی ویتالیسم درهم شکست. همه‌ی مخمرها،چه درداخل وچه درخارج‌سلول،مثل‌هم‌بودند. ازآن پس «آنزیم» ـ واژه‌یی‌که کیونه تنها برای مخمرهای‌خارج سلول به‌کاربرده‌بود ـ درمورد همه‌ی مخمرها به‌کاررفت.

بنابر این تاقرن بیستم اغلب شیمیدانان معتقد شده بودندکه هیچ نیروی مرموزی در داخل‌سلول زنده وجود ندارد. هرجریانی‌که درداخل سلول‌زنده‌به‌وقوع‌می‌پیوندد به‌وسیله‌ی مواد شیمیایی‌معمولی صورت‌می‌گیردواگرازروشهای دقیق وظریف آزمایشگاهی استفاده شود می‌توان همین فعل‌وانفعال‌های شیمیایی موجود زنده را درون لوله‌ی آزمایش نیزبه وجود آورد .

جداکردن یك آنزیم

بااین همه دانشمندان می‌باید معلوم کنندکه آنزیم ها ازچه‌موادی درست شده‌اند . اما آنزیم ها به صورت چنان‌ذرات کوچکی بودندکه جداکردن وشناخت آنها تقریباً ناممکن بود.

در سال ۱۹۲۶ جیمزسامنر ، دانشمند آمریکایی، راه را نشان داد . او مشغول بررسی آنزیم موجود در شیره‌ی لوبیای‌خیس شده بود. وقتی بلورهایی درشیره پیدا شد سامنر آنها راجداکرد.وقتی بلورها رابه‌صورت محلول درآورد آنها یك‌واکنش آنزیمی بسیار فعال بوجود آورند.هرچیزکه ساختمان مولکولی بلورها را خراب می‌کرد،فعالیت آنزیم را نیزازمیان می‌برد. سامنر نمی توانست‌کارآنزیم را ازبلورها جدا سازد .

سامنر چنین نتیجه گرفت‌که بلورها آنزیم هستند . این برای نخستین‌بار بود که یك آنزیم به صورتی دیدنی وبسیار روشن به دست آمد. آزمایش‌های بعدی ثابت‌کردکه بلورها از «پروتئین» تشکیل شده‌اند. ازآن به بعد آنزیم‌های بسیاری را به‌صورت بلور درآوردند، وثابت شدکه بدون استثناء همه‌ی آنها پروتئین هستند.

یك رشته از اسیدها

پروتئین یك ساختمان مولکولی داردکه اینك به خوبی شناخته شده است. درقرن نوزدهم معلوم شد که

پروتئین ازبیست نوع مختلف اجزاء کوچکتربه نام «اسیدهای آمینه» تشکیل‌شده است. درسال ۱۹۰۷ یك شیمیدان آلمانی به نام امیل فیشر نشان دادکه چگونه اسیدهای آمینه، دریك مولکول پروتئین به دنبال هم قرار گرفته‌اند.

دردهه‌های ۱۹۵۰ و ۱۹۶۰ عده‌یی ازشیمیدانان، به ویژه یك شیمیدان انگلیسی بـه نام فردریك سانجر موفـق شدند مولکولهای پروتئین را ازهم جدا کنند. ازاین راه آنان توانستند به طور دقیق معلوم کنندکه هریك از اسیدهای آمینه درکجای مولکول قرار دارند. علاوه براین بعضی مولکولهای ساده‌ی پروتئین را بـه طور مصنوعی در آزمایشگاه ساختند .

بدین ترتیب نظربقراط، که باویتالیسم مخالف بود، پس‌ازیك قرن‌ونیم کاردشوار علمی تأیید شد. این پی‌جویی دقیق برای کشف حقیقت، جریان حیات یك سلول را روشن کرد ونشان دادکه اجزای یك سلول تنها از مواد شیمیایی تشکیل شده‌اند نه از «مخمرها» یا نیروهای «حیاتی» دیگر . بدینسان از زمان وهلر تا زمان سانجر دانشمندان ثابت کردند که قوانین طبیعی جهان هم برماده‌ی زنده وهم برماده‌ی بیجان، حکومت می‌کنند.

۱۴

لینائوس وطبقه‌بندی

شاید بانفوذترین فکرعلمی‌درتاریخ جهان ازآن فیلسوف یونانی، ارسطو (۳۸۴ق.م ۳۲۲ق.م) باشد. ارسطو، احتمالاً معروفترین شاگرد آکادمی افلاطون درآتن بود. چند سال بعداز مرگ افلاطون، که درسال ۳۴۷ق.م.اتفاق افتاد، ارسطوبه سرزمین مقدونیه، درشمال یونان، جایی‌که پدرش پزشك دربار بود، رفت. درآنجا سال‌های زیادی‌را درراه تعلیم اسکندر ، شاهزاده‌ی جوان مقدونی، که بعدها اسکندرکبیرنام گرفت، صرف کرد.

هنگامی‌که اسکندر به جهانگشایی پرداخت، ارسطوبه آتن برگشت وخودمدرسه‌یی‌رابنیاد نهاد. آموزش‌های او درمجموعه‌یی گرد آمد که می‌توان آن را یك دایرةالمعارف تقریباً یك نفره ازاندیشه ودانش قدیم دانست. بسیاری‌از این‌کتاب‌ها ازدستبرد حوادث مصون ماندند ونزدیك به دوهزارسال، آخرین کلام دراندیشه‌ی علمی به‌شمار می‌آمدند.

مؤثر ولی نادرست

عقاید ارسطو، به ویژه نظراتش در بارهٔ طبیعت جهان، حرکت اجسام ، و مانند این‌ها تأثیر زیادی برافکار دانشمندان بعدی داشت (بـه فصل ۴ و ۷ مراجعه کنید)، و با ایـن حال نظرهـای او در زمینهٔ علوم فیزیکی، معمولاً نادرست بود.

عقاید ارسطو در مورد زیست‌شناسی تأثیرکمتری به جا گذاشت، اما او عملاً در این رشته ورزیدگی بیشتری داشت . علوم طبیعی موضوع مورد علاقهٔ ارسطو بود و او چند سال ازعمر خود را صرف مطالعه در بارهٔ جانوران دریابی کرد.

ارسطو تنها به مشاهدهٔ جانوران وتوصیف آن‌ها قانع نبود . او بـا ذهن روشن خود، وعشقی‌کـه به نظم می‌ورزید، پا فراترگذاشت وجانوران را به گروه‌های مختلف طبقه‌بندی‌کرد.

همهٔ ما به طبقه‌بندی چیزها علاقه داریم. می‌توانیم ببینیم‌که شیرها وببرها شباهت زیادی به‌یکدیگر دارند، گوسفندها شبیه بزها و مگس‌های خانگی شبیه خرمگس‌ها هستند . اما ارسطو به این مشاهدات اتفاقی قناعت نمی‌کرد . اوپس از صورت‌برداری از بیش از پانصد نوع حیوان، آن‌ها را به دقت در رده‌های‌مختلف دسته‌بندی کرد. مهمترآن‌که او این رده‌ها را ازساده‌ترین آن‌ها،تاپیچیده‌ترین‌شان به ترتیب منظم ساخت.

ارسطو متوجه شدکه بعضی ازجانوران،که ظاهراًشبیه به جانوران یك رده‌اند، به آن رده تعلق ندارند. مثلاً تقریباً همه مسلم می‌دانستند که دلفین یك نوع ماهی است . دلفین درآب زندگی می‌کند وشبیه ماهی است. امـا ارسطو مشاهده‌کردکه دلفین هوا تنفس می‌کند وبچه می‌زاید. ازاین جهت دلفین به‌جانوران چهارپای روی زمین‌شباهت داشت، بنابراین ارسطو دلفین رابیشتر پستاندار به‌حساب آورد تا ماهی .

نظر ارسطوکاملا درست بود ، اماطبیعیدانان مدت دو هزارسال به نتیجه‌یی‌که اوبه دست آورده بود توجهی نکردند ، گویی تقدیر ارسطو چنین بودکه چون نادرست می‌گفت،مردم سخنش رابپذیرند وچون درست می‌گفت،نپذیرند.

طبیعی‌دانانی که‌بعداز ارسطو پیداشدندکوشش‌های‌اورادرطبقه‌بندی جانوران ،دنبال نکردند . درزمان باستان ودرقرون‌میانه‌کتاب‌هایی که‌در بارهٔ جانوران نوشته می‌شدند آن هارابه‌اشکال‌گوناگون طبقه بندی می‌کردند وبه‌امکان

طبقه بندی آن‌ها براساس همانندی جسمی توجهی نداشتند.

بااین همه دردهه‌ی نخستین قرن شانزدهم طبیعی‌دانان برای نخستین بار پس‌از ارسطو به‌کوشش هایی برای طبقه بندی جانوران دست زدند. امااین‌کوشش‌ها چندان فراگیرنبود. مثلاً یکی ازطبیعی‌دانان تمام‌گیاهانی‌راکه‌برگ‌های نازك داشتند در یك‌گروه جمع‌آوری می‌کرد و دیگری همین‌کار را باگیاهانی‌که‌دارای‌گل های زرد بودند،انجام می‌داد.

نخستین طبیعی‌دانی‌که این‌کار رابه‌دقت ارسطو انجام‌داد، یك‌انگلیسی به‌نام جان‌رای بود. او در اروپا به مسافرت پرداخت وگیاهان وجانوران رامطالعه‌کرد. ازسال ۱۶۶۷ تا ۳۵ سال بعد ازآن، اوکتاب هایی منتشرکردکه در آن هاگیاهان وجانورانی‌که‌درباره شان‌مطالعه‌کرده‌بودتوصیف وطبقه بندی شده‌بود.

رای طبقه‌بندی پستانداران را باتقسیم آن‌ها به دوگروه عمده، پنجه‌داران وسم‌داران، آغازکرد. سپس‌دراین طبقه‌بندی به تقسیمات کوچکتر پرداخت ـ برحسب تعداد سم‌ها یا انگشتان و برحسب اینکه انگشتان چنگال مانندند یا ناخن دارند، واین‌که‌آیا یك جانور سم‌دار دارای‌شاخ‌های دائمی ویا شاخهایی است‌که خواهند افتاد. بنابراین وی مفهوم نظم را،که ارسطو به قلمرو حیات آورده بود،دوباره برقرارکرد.

هنگامی‌که رای راه را نشان داد، طبیعی‌دانان به زودی ازارسطو پیشی‌گرفتند. درسال ۱۷۳۵ یك طبیعی‌دان جوان سوئدی به نام کارل‌فن‌لینه کتاب‌کوچکی منتشرکردکه درآن‌مطابق روش‌خاص خود جانوران گوناگون را صورت‌برداری کرده‌بوداین‌دانشمند بیشتربه‌شکل‌لاتینی‌اسم‌خود، کارولوس لینائوس مشهوراست. او کارخود را براساس سفرهای دورودراز در اروپا قرارداد،(ازجمله مناطق شمالی‌که تا آن زمان به درستی‌کاوش نشده بود.)

لینائوس به‌گونه‌یی مختصر وروشن هر «گونه» گیاه یا جانور راشرح داده است .اوهر مجموعه ازگونه های همانندرابه صورت یك «جنس» طبقه بندی‌کرد . سپس برای هرنوع‌گیاه یاجانور دونام لاتینی برگزید : یکی برای‌جنس ودیگری برای‌گونه‌ی‌آن .

مثلاً گربه وشیردوگونه‌ی مختلف هستندکه شباهت زیادی به یکدیگردارند، اگرچه یکی ازآن‌ها بزرگتر و ودرنده‌تر ازدیگری است . ازاین‌رو هردوی آن‌ها ازیك جنس،یعنی ازجنس «گربه سانان» (به لاتین Felis) هستند . اسم

لاتینی دوم برای تشخیص گربه‌ی معمولی از شیر و از دیگر انواع جانوران جنس گربه، به‌کار می‌رود. بنابراین گربه Felis domesticus است وشیر: Felis leo . به‌همین ترتیب، سگ وگرگ هردو از جنس Canis (سگ) هستند. سگ Canis familiaris وگرگ Canis lupus نامیده می‌شوند.

لینائوس حتی به انسان‌ها نیزنام لاتینی داد. اوانسان را به‌طورکلی درجنس Homo (انسان) قرارداد وگونه‌ی انسان کنونی را Homo sapiens (انسان اندیشه‌ورز) نامید.

روش لینائوس را «نامگذاری دواسمی» می‌نامند. ما درعمل برای شناسایی خودمان ازروشی مشابه استفاده می‌کنیم. همه‌ی افراد یك خانواده دارای یك نام خانوادگی هستند، اما نام‌های کوچك آن‌ها بایکدیگرفرق می‌کند.

کار لینائوس بسیارسودمند بود. برای نخستین‌بار، طبیعی‌دانان سراسرجهان، برای شناسائی‌موجودات مختلف روش مشترکی‌دراختیارداشتند. هرزمان‌که یك‌طبیعی‌دان ازCanis lupus سخن‌می‌گفت، طبیعی‌دانان دیگرفوراً می‌دانستند که منظوراوگرگ است. فرق نمی‌کردکه‌آنها به چه زبانی صحبت‌کنند یا درزبان‌خودآن‌هاگرگ چه نامیده شود. مهمتر ازاین، آن‌ها می‌دانستند که منظور طبیعی‌دان، نوع خاصی ازگرگ، یعنی گرگ خاکستری اروپایی است . مثلا گرگ آمریکایی که باگرگ اروپایی تفاوت دارد به‌اسم دیگری (Canis occidentalis) نامیده می‌شد. این روش‌مشترك شناسایی، گام مهمی به جلوبود. انسان هرچه بیشتردرزمین کاوش می‌کرد وقاره‌های تازه‌یی می‌یافت باگونه‌های بیشتری ازجانوران برخورد می‌کرد. ارسطو تنها پانصد گونه را صورت برداری کرده بود، حال آن‌که درزمان لینائوس دهها هزارگونه شناخته شده بود.

نخستین چاپ کتاب لینائوس درمورد طبقه‌بندی جانوران تنها هفت صفحه داشت، اما شماره صفحه‌های آن درچاپ‌های بعدی افزایش یافت ودرچاپ دهم به دوهزاروپانصد صفحه رسید. اگرطبیعی‌دانان درطبقه‌بندی روش یکسانی درپیش نمی‌گرفتند، یك طبیعی‌دان نمی‌توانست بفهمدکه طبیعی‌دانان دیگر درباره‌ی کدام گیاه یا جانور بحث می‌کنند ، وبدین‌ترتیب مطالعه‌ی تاریخ طبیعی دچار هرج ومرج وبی‌نظمی می‌شد.

لینائوس پس‌از طبقه‌بندی جنس وگونه، جنس‌های مشابه را در «دسته ها و راسته‌های مشابه را در رده ها دسته‌بندی‌کرد. اوشش رده‌ی مختلف ازجانوران را تشخیص داد: پستانداران، پرندگان ، خزندگان ، ماهی‌ها، حشرات و

کرم‌ها .

یك زیست‌شناس فرانسوی به نام ژرژ کوویه‌کار لینائوس را دنبال‌کرد. کوویه مشاهده‌کردکه چهار رده‌ی اول ـ پستانداران، پرندگان، خزندگان، و ماهی‌ها ـ همه ازمهره‌داران هستند؛ یعنی همه‌شان اسکلت‌های استخوانی دارند. اواین جانوران‌رادرگروه بازهم بزرگتری به«شاخه» طبقه‌بندی‌کرد. کوویه وطبیعی‌دان‌فرانسوی، ژان‌باپتیست‌دو لامارك، بی‌مهرگان یاجانوران‌بی‌اسکلت را به‌چند «شاخه» تقسیم‌کردند.

همچنین کوویه طبقه‌بندی را درجهت دیگری دنبال کرد. پس ازسال ۱۸۰۰ طبیعی‌دانان به مطالعه‌ی صخره‌هایی پرداختند که اثرات یا بقایای سنگ شده‌ای،که به نظرمی‌رسید متعلق به موجودات زنده باشد، درآن‌ها وجود داشت. طبیعی‌دانان این اثرات یا بقایا را سنگواره (فسیل) نام گذاشتند. کوویه دریافت‌که اگر چه سنگواره‌ها شباهت نزدیکی به هیچ یك ازانواع موجودات امروزی ندارند، اما درجایی ازطرح طبقه‌بندی قرار می‌گیرند.

مثلا هنگامی‌که کوویه سنگواره‌یی را که دارای تمام نشانه‌های اسکلت خزندگان بود، مورد مطالعه قرارداد ، به این نتیجه رسیدکه این حیوانات یکی از اعضای رده‌ی خزندگان است . او همچنین توانست ازروی استخوان بندی‌آن بفهمدکه این خزنده‌زمانی بال داشته است.بدین ترتیب کوویه توانست‌اولین‌گروه ازمیان رفته‌ی خزندگان پرنده راتشخیص دهد. چون هریك از بال های این سنگواره را یك استخوان بلندانگشت نگه می‌داشت، اونام این موجود را Ptero-dactyl (انگشت ـ بال) گذاشت.

راهی به سوی نظریه‌ی تکامل

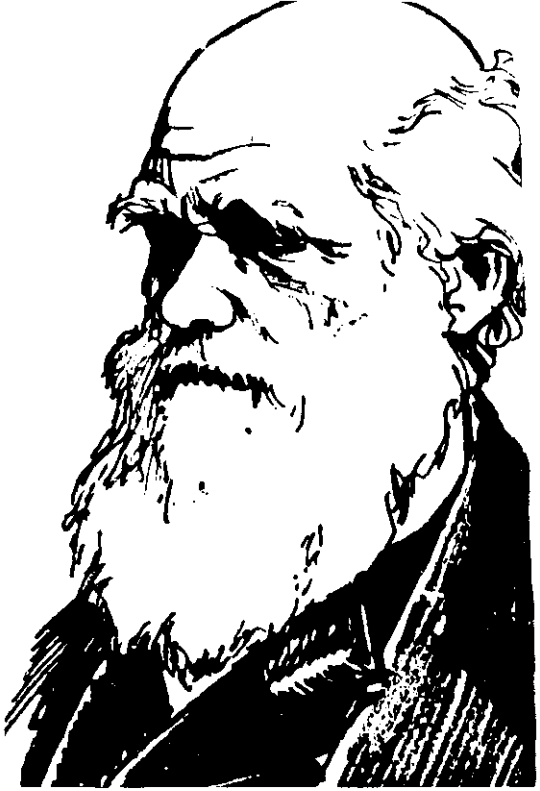
پیروان کوویه به‌کوشش برای بهترکردن روش طبقه بندی ادامه دادند . لینائوس جانوران را بیشتر براساس شکل ظاهری‌آنهاگروه‌بندی کرده بود، اما پیروان کوویه برای این کار از ساختمان داخلی جانوران، که درگروه‌بندی اهمیت بیشتری داشت، استفاده‌کردند.

در نیمه‌ی دهه ۱۸۰۰ روشی برای طبقه‌بندی تمام موجودات زنده به وجودآمد. کاری که ارسطودرگذشته‌ی دور آغاز کرده بود ، سرانجام تکمیل شد . هریك از انواع موجودات زنده، یا موجوداتی‌راکه نسل‌آنها منقرض شده بود، می‌شد دریك مقوله‌ی خاص جای داد. درمورد بعضی چیزهای جزئی ممکن‌بود اختلاف ظرهایی پیش‌آید، اماطرح

کلی را همه قبول داشتند .

تکامل طبقه بندی، طبیعی‌دانان را به اندیشه واداشت. این واقعیت‌که حیات را می‌توان به این خوبی‌طبقه‌بندی کرد، این‌اندیشه راپیش آوردکه می‌باید اصول زیست‌شناسی خاصی وجود داشته باشد که درمورد تمام‌موجودات، هرچقدر هم‌که با هم متفاوت باشند، صدق کند.

بنابراین، طبقه‌بندی حیات، این عقیده را پیش‌آوردکه تمام موجودات زنده‌پدیده‌ی واحدی هستند . این عقیده به نوبه‌ی خود به یکی ازبرجسته‌ترین اندیشه‌های بزرگ علمی؛ یعنی تکامل منجرشد. (به‌فصل پنجم مراجعه‌کنید).



۱۵
داروین و تکامل

شیر ، گربه یا بوته‌ی گل سرخ، هریك چیزی خاص خود دارندکه جانوران وگیاهان دیگـــر آن را ندارند. هریك از این‌ها گونه‌یی منحصر به فرد از جانور یا گیاه هستند . تنها شیرها می‌توانند شیر بزایند و گربه‌ها می‌تـــوانند بچه‌گربه بیاورند. تنها تخم‌گل سرخ، بوته‌ی‌گل سرخ به بارمی‌آورد نه تخم‌گیاهی دیگر.

با وجود این، ممکن است دونوع مختلف ازگیاه و یا جانور همانندی‌هایی داشته باشند. مثـــلاً 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 مراجعه‌کنید). هنگامی که دانشمندان برای نخستین بار از این مـــوضوع آگاه شدند، بسیاری ازآنان احساس کردندکه این همانندی‌ها یك اتفاق نیست. آیا دوگونه جانور از این روبه‌هم شبیه هستندکه بعضی ازاعضای یك‌گونه 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 به‌نظر می‌رسید وکسی بدان‌گوش نداد. نامحتمل‌به‌نظر می‌رسید که بعضی از شیرها زمانی به ببر ویا برعکس‌بعضی از ببرها بـه شیر تبدیل شده باشند، ویا این‌که هردوازنسل جانورگربه مانند دیگری‌باشند . هرگز کسی ندیده بودکه‌چنین چیزی اتفاق بیفتد. بنابراین اگر چنین چیزی اتفاق افتاده بود، می‌بایست بسیار به‌کندی صورت‌گرفته باشد.

در اوائل عصر جدید بیشتر مردم معتقدبودند که زمین تنها شش‌هزار سال عمردارد. از این‌رو وقت‌کافی برای عوض‌شدن طبیعت گونه‌های جانوران وجود نداشته است . بنابراین آنها عقیده به‌تکامل را به‌عنوان‌حرفی بی معنی، کنار گذاردند . اماآیا زمین تنها شش هزارسال عمردارد؟

دانشمندان دهه‌ی ۱۷۰۰ که ساختمان قشرهای سنگی پوسته‌ی زمین را مطالعه می‌کردند به این فکرافتادندکه این قشرهاتنها می‌توانندد‌رخلال دوران‌های طولانی به‌وجودآمده باشند. درحدودسال ۱۷۶۰ یك طبیعی‌دان فرانسوی به نام ژژدوبوفون این‌جسارت را یافت‌که بگوید زمین‌احتمالاً حدود هفتاد وپنج هزار سال عمر دارد.

سپس درسال ۱۷۸۵ یك فیزیکدان اسکاتلندی به نام جیمزهاتن از این‌هم فراتر رفت.

هاتن‌که مطالعه‌ی تفننی‌سنگ‌ها را به تدریج به‌یك شغل تمام وقت تبدیل‌کرده بود ، کتابی به‌نام فرضیه‌ی‌زمین منتشرکرد. دراین‌کتاب هاتن برای نشان‌دادن این‌که زمین‌ممکن‌است واقعاً میلیون‌هاسال عمرداشته‌باشد، شواهد زیادی‌آورده واستدلال‌های خوبی کرده بود. اوباقاطعیت‌گفت‌که اصولاً هیچ نشاندیی ازآغاز پیدایش زمین ندیده است.

درباز می‌شود

برای نخستین‌بار به‌نظر می‌رسیدکه گفتگو از تکامل ممکن است. اگر زمین میلیون‌ها سال عمر داشته باشد ، وقت‌کافی برای تبدیل بسیار آهسته‌ی جانوران وگیاهان به گونه‌های تازه وجود داشته است، واین تغییر در حقیقت آنقدر کند بوده‌که انسان درچند هزارسال اخیر، یعنی درطول زندگی متمدن خود، متوجه‌آن نشده است. اما اساساً چرا باید یك «گونه» تغییرکند، وچرابابد این‌تغییردر یك جهت‌خاص باشد، نه درجهت دیگر؟ نخستین‌کسی‌که‌کوشید به‌این پرسش‌پاسخ گوید، طبیعی‌دان فرانسوی ژان‌باپتیست‌دولامارك بود.

درسال ۱۸۰۹ اونظریه‌ی تکامل خود را درکتابی‌به‌نام فلسفه‌ی‌جانورشناسی بیان‌کرد. مطابق این نظریه تغییر موجودات به این علت بودکه خود برای این تغییر کوشش می‌کردند، بی‌آنکه بدان‌آگاهی داشته باشند.

لامارك می‌گفت : مثلاً یك بزکوهی علاقمند به‌خوردن برگ درختان بود. این جانور باتمام قدرت‌گردن خودرا به‌بالا می‌کشید تا به برگ درختان برسد، وزبان وپاهای خودرا نیزدرازمی‌کرد. این‌کشش‌ها درطول زندگی‌جانور موجب‌شد که پاها، گردن وزبانش اندکی درازتر شود. این بزکوهی صاحب بچه‌یی شدکه اعضای کشیده‌ی اورا به ارث برده بود. بچه‌های این‌جانورنیز به‌نوبه‌ی خود به‌علت این‌کشش‌ها، اندام‌های بلندتری پیداکردند. کم‌کم،درطول هزاران هزارسال، درازای اندام‌ها به جایی رسیدکه آن رسته ازبزکوهی به‌گونه‌ی تازه‌یی تبدیل شد واین‌گونه‌ی تازه، زرافه بود.

نظریه‌ی لامارك براساس اندیشه‌ی توارث صفات‌اکتسابی استوار بود.بدین معنی که اگر اندام موجودی درطول زندگیش تغییرکند این تغییربه بچه‌ی او منتقل می‌شود. اما دلیلی برای قبول این اندیشه وجود نداشت. در واقع‌هنگامی که امکان این امر مورد بررسی قرار گرفت به‌تدریج‌به‌نظر رسیدکه چنین‌چیزی‌نمی‌تواند درست باشد. بدین ترتیب عقیده‌ی لامارك مردود دانسته شد.

درسال ۱۸۳۱ یك طبیعی‌دان‌جوان انگلیسی به‌نام چارلز داروین به‌سرنشینان‌یك‌کشتی‌که‌برای‌اکتشاف‌می‌رفتند، پیوست. داروین ، درست پیش‌از حرکت، کتابی درباره‌ی زمین شناسی به قلم‌یك انگلیسی به نام چارلز لیل، خوانده بود. این کتاب نظر هاتن را درباره‌ی عمرزمین شرح می‌داد. داروین زیر تأثیر این‌کتاب قرارگرفت.

هنگامی‌که‌کشتی‌به‌کرانه‌های دوردست رفت‌وجزایری راکه‌کمترشناخته شده بودند موردکاوش‌قرارداد داروین موقعیتی یافت تاگونه‌هایی ازجانوران را،که‌برای اروپاییان‌ناشناس بود،مطالعه‌کند. اوبه ویژه به زندگی جانوران جزایر گالپاکوس واقع دراقیانوس آرام، درفاصله‌ی ۶۵۰ میلی‌کرانه‌ی اکوادور، علاقمندشد.

داروین درآن جزایرگمنام چهل‌گونه‌ی مختلف سهره پیداکرد . این سهره‌ها بایکدیگر وباسهره‌های‌کرانه‌ی آمریکای جنوبی تفاوت داشتند. نوك بعضی ازآن‌ها برای خوردن دانه‌های ریز ونوك بعضی دیگر برای خوردن دانه‌های درشت متناسب بود. همچنین‌به‌نظر می‌رسیدکه نوك‌گروهی از آن‌ها برای خوردن‌حشرات ساخته شده باشد.

داروین حدس زدکه تمام سهره های مختلف ازیك نیای مشترك به‌وجود آمده اند. اما چه چیزی باعث تغییر

آن هاشده است؟اندیشه‌یی ازذهن داروین گذشت. شاید بعضی ازآن ها باتفاوت‌های مختصری درنوك هایشان‌به‌دنیا آمده‌اند واین خصیصه را به‌بچه‌هایشان منتقل‌کرده‌اند. اما داروین دراین باره مطمئن نبود.آیا این تغییرات اتفاقی‌می‌تواند دلیل کافی برای تکامل انواع مختلف موجودات باشد؟

درسال ۱۸۳۸ داروین پاسخ این پرسش را در رساله‌یی در باره‌ی اصول جمعیت یافت. این کتاب را یك کشیش انگلیسی به نام تامس‌مالتوس در۱۷۹۸ منتشرکرده بود. مالتوس معتقد بودکه جمعیت انسانی‌همیشه‌سریع‌تر از تولید مواد غذایی افزایش می‌یابد. بنابراین، چنانچه تعداد انسان‌ها دراثر بیماری وجنگ‌کم نشود، سرانجام به علت قحطی‌کاهش خواهد یافت.

روش طبیعت

استدلال مالتوس داروین را زیر تأثیرقرارداد، زیرا در اواین اندیشه را به وجود آوردکه طبیعت می‌تواند، نه تنها برجمعیت انسانی بلکه برسایر انواع موجودات نیزنیروی شگرفی اعمال کند.

بسیاری ازموجودات به مقدار زیاد زاد ولد می‌کنند، اماتنهاعده‌ی‌کمی ازآن‌ها زنده می‌مانند. داروین چنین اندیشید که به طورکلی موجوداتی کـه به‌طریقی برای زندگی متناسب‌ترهستند، باقی می‌مانند. مثلاً سهره هایی‌که بانوك های اندکی قوی‌تر به دنیا می‌آیند زنده می‌مانند، زیرا بهتر می‌توانند دانه‌های سخت را بخورند. آنهایی‌که می‌توانند گهگاه حشراتی راهم هضم‌کنند، بخت بیشتری برای زندگی دارند. نسل بعد ازنسل، سهره‌هایی که اندکی بیش از دیگر سهره‌ها استعداد زیستن دارند، جای‌آن هایی‌را که ازاستعداد کمتری برخوردارند؛ می‌گیرند. سهره‌ها ممکن است از طرق مختلف استعداد زیستن داشته باشند، بنابراین درآخرکار انواع بسیارمتفاوتی ازسهره‌ها،که هریك درکارخاصی مهارت دارند، بوجود می‌آید.

داروین چنین اندیشیدکه این جریان انتخاب طبیعی نه تنها در مورد سهره‌ها، بلکه درمورد تمام موجودات، صادق‌است. انتخاب طبیعی تعیین می‌کردکه کدام موجودات به وسیله‌ی ازمیدان بدرکردن آنهایی‌که ضعیف‌ترهستند، زنده خواهند ماند .

داروین سال‌ها روی نظریه‌ی انتخاب طبیعی خودکارکرد. سرانجام درسال۱۸۵۹ اونظریات خود را درکتابی

به نام «درباره‌ی بنیاد انواع به وسیله‌ی انتخاب طبیعی ، یا بقای نژادهای مناسب‌تر درمبارزه برای‌زندگی» منتشرکرد.

درآغازنظرات داروین توفانی ازبحث وجدل برانگیخت. اماشواهدی‌که به تدریج درطول سالهابه‌دست‌آمد نکته‌ی اصلی نظریه‌ی او یعنی تغییرات‌آهسته‌ی انواع ازطریق انتخاب طبیعی‌را تأییدکرد.

نظریه‌ی تکامل، که برای نخستین بارفیلسوفان یونان آن را طرح کردند، و سرانجام چارلز داروین آن را استوار گردانید ، تمام اندیشه‌ها را در زمینه‌ی زیست شناسی دستخوش انقلاب کرد . بی‌شك نظریه‌ی تکامل مهمترین نظریه درتاریخ زیست شناسی امروز است .

۱۶
راسل و تکامل ستارگان

ارسطو می‌اندیشید 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. ازسوی دیگر معتقد بود که آسمان‌ها هرگز تغییر نمی‌کنند. خورشید، ماه و سیاره‌ها آنچنان دقیق آسمان را دور می‌زنند که موقعیت آن‌ها را درهرلحظه‌ی خاصی، ازمدتی پیش، می‌توان پیش‌بینی کرد. ستارگان هم همیشه به همان صورت در جای خود باقی می‌مانند.

درواقع در آسمان اجسامی وجود دارند که ستارگانی درحال سقوط به نظرمی‌آیند. اما به نظر ارسطو این اجسام ازآسمان سقوط نمی‌کردند. آن‌ها فقط پدیده‌هایی بودند که درهوا وجود داشتند و هوا هم متعلق به زمین بود. (ما می‌دانیم ستارگانی که سقوط می‌کنند، سنگ‌هایی هستند که ازفضای خارج به جوّ زمین وارد می‌شوند و برخوردی که

این‌سنگ‌ها با جو پیدا می‌کنند، آن‌ها را سوزان ونورانی می‌کند. بنابراین نظر ارسطو درمورد این‌ستارگان، هم‌نادرست وهم درست بود. از این جهت نادرست بودکه این سنگ‌ها از آسمان‌ها می‌آمدند، وبه این دلیل درست بودکه آن‌ها به اجسام واقع درهـوای کـره‌ی زمین تبدیـل می‌شدنـد . ستارگـانی که سقوط می‌کنند، «متئورها» نیزنامیده می‌شوند. این واژه ازیك واژه‌ی یونانی به‌معنای «اجسام درهوا»گرفته شده است).

درسال ۱۳۴ پیش‌ازمیلاد، یعنی دوقرن پس‌از مرگ ارسطو، هیپارکوس ستاره شناس یونانی، متوجه‌ستاره‌ی تازه‌یی درصورت فلکی عقرب شد. او دراین باره به اندیشه پرداخت . آیا ستارگان می‌توانند متولد شونـد ؟ آیا اساساً آسمان‌ها تغییر می‌کنند ؟ هیپارکوس فکر کرد که شاید مشاهده‌ی او اشتباه است ، شاید این ستاره همیشه در همان جـا وجود داشته است.

برای اینکه ستاره شناسان‌آینده اشتباه نکنند هیپارکوس ازبیش ازهزارستاره‌ی درخشان‌نقشه‌ای تهیه‌کرد. این نخستین نقشه‌ی ستارگان وبهترین‌آن‌ها درتمام طول هزار و ششصد سال بعد بود. با وجوداین قرن‌هاچیزی از تولدستاره‌ی تازه‌ای شنیده نشد .

درسال ۱۰۵۴ بعـد از میـلاد، ستاره‌ی تـازه‌ی دیگری درصورت فلکی ثور پیدا شد. اما تنهـا ستاره‌شناسان چینی وژاپنی متوجه آن شدند. در اروپا دانش درسطح پایینی بود، آنقدرپائین‌که هیچ ستاره شناسی وجود این ستاره را اطلاع نداد، اگرچه این ستاره هفته‌ها درخشانتر ازهرچیزی، به جز خورشید وماه، درآسمان می‌درخشید.

درسال ۱۵۷۲ باردیگر ستاره‌ی نورانی تازه‌یی درآسمان ظاهرشد. این بـار این ستاره درصورت فلکی ذات‌الکرسی قـرار داشت . در این زمـان دانش دوبـاره در اروپا آغـاز بـه پیشرفت کرده بود و ستاره شناسان به دقت مشغول تماشای‌آسمان‌ها بودند. ازجمله‌ی این ستاره شناسان یك جوان دانمارکی به نام تیکو براهه بود. او این ستاره را مشاهده‌کردودرباره‌ی‌آن‌کتابی با عنوان دونوا استلا (درباره‌ی ستاره‌ی‌تازه) نوشت . از آن زمان به بعد هر ستاره‌ی تازه راکه درآسمان پیدا می‌شد «نوا» (تازه) می‌نامیدند. دیگرجای 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 به‌تدریج سردترشدند وسرانجام به شکل مواد نیم‌سوخته درآمدند. چنین به نظر می‌رسیدکه خورشید ما درنیمه راه این دوران باشد.

اما این فرضیه بسیار ساده بود. درآغازقرن بیستم ستاره شناسان نمی‌دانستندکه علت درخشش ونورافشانی ستارگان چیست. در دهه‌ی ۱۸۸۰ چنین حدس زده شدکه انرژی لازم برای درخشش ستارگان از تراکم آهسته‌ی آن‌ها به‌وجودمی‌آیدو انرژی جاذبه‌ی آن‌ها به نورتبدیل می‌شود. (این عقیده به خوبی بانظرات راسل تطبیق می‌کرد). لکن انرژی جاذبه برای درخشش ستارگان کافی به نظر نمی‌رسید وبه همین دلیل دانشمندان این نظریه را کنارگذاشتند.

دردهه‌ی ۱۸۹۰، دانشمندان‌کشف کردندکه ذخیره‌ی انرژی موجود در مرکزاتم، یعنی «هسته»ی آن، ازآنچه که قبلاً تصورمی‌شد بسیاربیشتراست. دردهه‌ی‌سوم‌قرن‌ما یك فیزیکدان‌آلمانی ـ آمریکایی به نام هانس‌بته ازواکنش‌های هسته‌ای که ممکن است در داخل خورشید انجام‌گیرد وانرژی لازم برای نورافشانی آن را فراهم کند، طرحی تهیه‌کرد.

مطابق فرضیه‌ی بته دراین واکنش‌ها، اتم‌های هیدروژن (ساده‌ترین‌اتم‌ها) به اتم‌های هلیوم،که اندکی‌پیچیده هستند، تبدیل می‌شوند. منابع عظیم هیدروژن خورشید این امکان را فراهم‌کرده است‌که خورشید پنج یا شش میلیارد سال بدرخشد و هیدروژن کافی برای درخشش تا میلیاردها سال دیگر را هم داشته باشد. بنابراین خورشید نه تنهادرحال نابودی نیست بلکه هنوزهم ستاره‌ی جوانی به شمار می‌آید.

ستاره‌شناسان به مطالعه‌ی طبیعت واکنش‌های هسته‌یی در داخل ستارگان ادامه می‌دهند. آن‌ها معتقدندکه وقتی هیدروژن به‌هلیوم تبدیل شد، هلیوم درمرکزی،که آن را «هسته‌ی هلیوم» می‌نامند، جمع می‌شود. به‌تدریج که‌برعمر ستاره افزوده می‌شود هلیوم نیزگرمترمی‌شود، تاجایی‌که اتم‌های‌آن آغاز به واکنش می‌کنند واتم‌های پیچیده‌تری را به وجود می‌آورند. دانشمندان عقیده دارندکه علاوه براین تغییرات دیگری نیز درستاره صورت می‌گیرد.

انفجار مهیب

سرانجام، ذخیره‌ی اصلی هیدرژن ستاره به‌پایین‌تر ازحد معینی می‌رسد. درجه‌ی حرارت و درخشندگی‌ستاره آنقدرکم می‌شود که ستاره ازقلمرو «رشته‌ی اصلی» خارج می‌شود. بدین‌ترتیب که ستاره به مقدار زیاد منبسط می‌شود، وگاه همراه با ناپایدار شدن ساخت آن آغاز به تپش می‌کند. آنگاه ممکن است ستاره منفجرشود. در این صورت تمام

سوخت باقیمانده‌ی ستاره به‌یکباره شعله‌ور می‌شود وستاره برای مدت کوتاهی بسیاردرخشان می‌گردد. ستارگان «تازه» که هیپارکوس و براهه مشاهده‌کردند درحال چنین انفجارهایی بودند .

مختصرآنکه ستاره شناسان‌نظریه‌ی دگرگونی‌های‌آسمانی را، که برای نخستین باردوهزارسال پیش هیپارکوس را به شگفتی انداخته بود، به مرحله‌ی بحث درباره‌ی چگونگی تولد، رشد، پیری ومرگ ستارگان پیشرفت دادند .

ستاره شناسان می‌توانند ازاین نیزفراتر روند. بعضی‌ازآنان معتقدند که جهان دراثریك انفجار عظیم به‌وجود آمده وتکه های آن‌هنوزهم درحال پراکنده شدن به‌اطراف است. هرتکه‌ی آن‌کهکشان عظیمی است‌که از میلیاردهاستاره تشکیل شده. شاید زمانی فرا رسدکه تمام کهکشان‌ها از نظرناپدید شوند، زمانی‌که تمام ستارگان منفجر گردند و جهان نابود شود.

یا شاید، چنانکه بعضی ازستاره شناسان می‌اندیشند، جهان به‌گونه‌یی همیشگی درحال از نو زاده شدن است. شاید درحالی‌که ستارگان پیر ازمیان می‌روند، به‌گونه‌یی دایمی وآهسته، ماده‌ی تازه‌یی تشکیل می‌شود وازآن ستارگان وکهکشان های تازه‌یی به‌وجود می‌آیند.

درواقع، نظریه‌ی دگرگونی آسمان‌ها نه‌تنهابه‌نظریه‌هایی درباره‌ی تکامل‌ستارگان، بلکه همچنین به‌نظریه‌یی درباره‌ی «تکامل‌جهان» می‌انجامد؛ یعنی به یکی‌ازآن نظریه‌های بزرگ علم، که‌گستردگی‌چشم اندازآن درتصورنمی‌گنجد.

بها :
با جلد شمیز ۵۰ ریال
با جلد اعلا ۷۰ ریال
چاپ کتیبه ـ تهران

سازمان انتشارات
کانون پرورش فکری کودکان و نوجوانان