# اشباح مرموز در آزمایشگاه

## داستان‌های هیجان‌انگیز از اکتشافات علمی

موسی توماج ایری

**تقدیم به برادرم آراز به خاطر درک، همدلی و حمایتش**

این کتاب رایگان بوده و بازنشر آن بدون تغییر در ظاهر و محتوا بلامانع است.

# فهرست


مقدمه ۵

روانشناسی کشف و ابداع علمی ٦

چگونه بازی با یک بشقاب منجر به دریافت جایزه نوبل شد؟ ١٤

شیمیدان چای و شیرینی با زندگی تلخ ٢٤

اَشباح مرموز در آزمایشگاه زیرزمینی ٣١

فیزیکدانی با اندیشه‌های فیلسوفانه ٤١

اکتشافات نجات‌بخش: از پاستوریزاسیون تا واکسیناسیون ٥١

دانشمندی که نیروها و فیزیکدانان را وحدت بخشید ٦١

کشیشی که مرکز جهان را جابجا کرد ٧٠

شکارچی شگفت‌انگیز دنباله‌دارها: شارل مسیه؛ کاشف بیست دنباله‌دار و تهیه‌کنندهٔ اولین فهرست اجرام غیرستاره‌ای ٧٩

خیام؛ پیشگام کشفیات ریاضی دکارت، پاسکال و نیوتن ٨٦

پل دیراک؛ پیشگوی پادماده و پیشگام الکترودینامیک کوانتومی ٩٤

هانری بکرل؛ کاشف پرتوزایی ١٠٣

دانشمندی که جهان را از یک فروپاشی فرضی نجات داد! ١١٢

دانشمندی که بنای باشکوهی از امواج ساخت ١٢٢

کپرنیک جهان هندسه: نیکلای لباچفسکی؛ کاشف هندسه غیراقلیدسی ١٣٢

مخترعی که می‌خواست از نفرت انسان‌ها برق تولید کند! ١٤٠

روح زدایی از طبیعت به روش نابغهٔ خوش‌خواب ١٤٩

دانشمند ایرانی که الهام‌بخش کوپرنیک شد ١٥٩

این سه معلم: ارسطو، فارابی، میرداماد ١٦٩

در قامت یک دانشمند اصیل: منش و شخصیت علمی اسطورهٔ جهانی ریاضی مریم میرزاخانی ١٧٧

حکایت دوستی من با اینشتین ١٨٦

نظریهٔ صلح اینشتین! ١٩١

# مقدمه

ماجرای کشف‌ها و ابداعات علمی علاوه بر اینکه بخشی جذاب از تاریخ علم و فناوری است، وجه خلاق و آفرینش‌گر وجود انسان دانشمند را نیز نمایش می‌دهد که در بستر شرایط خاص تاریخی تحقق می‌یابد. انگیزهٔ ابتدایی بیشتر کشفیات علمی نه آن طور که فرانسیس بیکن در نظر داشت، شناخت طبیعت به‌منظور سلطه و بهره‌گیری از آن، بلکه کنجکاوی و اشتیاق برای درک و فهم پدیدارهای طبیعی بوده است. آن نوع کنجکاوی که هر کودک انسانی آن را داراست و همان طور که انیشتین گفته دانشمندان کسانی هستند که این کنجکاوی را در بزرگ‌سالی نیز حفظ کرده‌اند. در این نوشته‌ها قصد داریم به سراغ این دانشمندان بزرگ برویم تا ضمن ارائه روایتی کلی و مختصر از بخشی از تاریخ علم، با خصایص و منش آنها به مثابه یک نابغه و دانشمند نیز بیشتر آشنا شویم. غیر از مقالهٔ «روانشناسی کشف و ابداع علمی»، که برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد من در رشته فلسفه علم است، الباقی مقالاتی است که از من در ماهنامه دانشمند از شهریور ۱۳۹۵ تا مرداد ۱۳۹۷ منتشر شده است. من نویسندهٔ بخشی با عنوان «ماجرای یک کشف» در مجله دانشمند بودم و این مقالات در آن بخش منتشر شده‌اند به استثنای مقالهٔ «نظریهٔ صلح اینشتین» که به مناسبت «روز جهانی علم برای صلح و توسعه» منتشر شده است. مقالهٔ «حکایت دوستی من با اینشتین» مروری است بر خاطرات شخصی کودکی برای کند و کاو ریشهٔ علایق علمی و فلسفی ام که قبل از مقالهٔ «نظریهٔ صلح اینشتین» در این کتاب آمده است.

## روانشناسی کشف و ابداع علمی

خلاقیت علمی هم کشف را شامل می‌شود و هم ابداع. اما وجه تمایز آنها چیست؟ «کشف، مؤید یک پدیده، قانون، یا هستی است که از قبل وجود داشته ولی ناشناخته بوده است. کریستف کلمب آمریکا را کشف کرد: آمریکا قبل از او وجود داشته است، به عکس، فرانکلین برقگیر را اختراع کرد: برقگیر پیش از او وجود نداشته است». اما بررسی دقیق‌تر بویژه در عرصهٔ علم نشان می‌دهد که این تمایز وضوح چندانی ندارد. مثلا توریچلی در آزمایش معروفش، مشاهده کرد که اگر لوله‌ای را که یک طرف آن مسدود است به طور وارونه در یک ظرف جیوه فرو کند، جیوه تا ارتفاع معینی بالا می‌آید: این یک کشف است، اما او با این کار فشارسنج را اختراع کرد. یا در قلمرو فیزیک جدید مساله پیچیده‌تر می‌شود. آیا اینشتین فوتون (بسته های نور یا انرژی) را کشف کرد یا ابداع؟ آیا چنین بسته‌هایی از قبل موجود بوده‌اند؟ یا این مفهوم صرفاً اختراعی برای توضیح رویدادی چون اثر فوتوالکتریک است. «مثال‌های فراوانی از نتایج علمی وجود دارند که به یک اندازه اختراع و اکتشاف محسوب می‌شوند». اما از وجهی که مدنظر ماست این تمایز تعیین‌کننده نیست، زیرا فرآیند روانشناختی در هر دو مورد کشف و ابداع، کاملاً مشابه است. و این فرآیند نا تنها در مورد علم، هنر یا تکنولوژی؛ بلکه به کلیت فرآیند زندگی قابل بسط است. و به طور کلی هوش، ابداعی مداوم و پایدار بوده و از این رو، زندگی ابداعی مداوم تلقی شده است. اما مسالهٔ ما این است که: کشف علمی چگونه رُخ می‌دهد و نقش تخیل در آن مورد چیست؟

کارل پوپر کشف علمی را امری غیرعقلانی و خلاقانه تشخیص داد که فاقد منطقی خاص است و چون کار فلسفه علم را فقط تحلیل منطقی معرفت علمی در مرحلهٔ توجیه می‌دانست؛ آن را بحثی مربوط به روانشناسی تجربی دانسته، کنار گذاشت. برخی دانشمندان، هنرمندان و روانشناسان به این فرآیند کشف و ابداع علاقه‌مند بودند و بنابراین در این مورد به بحث و بررسی پرداختند.

از میان روانشناسان «به نظر می رسد سوریو (۱۸۸۱) نخستین کسی بود که اعتقاد داشت ابداع

صرفاً تصادفی روی می‌دهد، در حالیکه پلان (۱۹۰۱) به نظریهٔ کلاسیک‌تر منطق و استدلال منظم وفادار مانده است.» اما بررسی‌های انجام شده در مرکز سنتز پاریس (۱۹۳۷)، نقطهٔ عطفی در این زمینه بود. کشف‌های علمی به شیوه‌های گوناگونی روی داده‌اند. از کشف قانون ارشمیدس در داخل آب در حال حمام گرفتن تا داستان افسانه‌وار مشاهدهٔ سقوط سیب از درخت توسط نیوتن که منجر به کشف نیروی جاذبه زمین شد. یا کشف ترکیب شش کربنهٔ حلقوی برای بنزن توسط ککوله شیمیدان که در سال ۱۸٦۵ در جستجوی فرمولی برای بنزن، خواب دید که ماری دُم خود را گاز می‌گیرد و پس از بیدار شدن ایدهٔ ترکیبات حلقوی ناگهان به ذهنش رسید. یا کشف پنی سیلین توسط فلمینگ در سال ۱۹۲۹ از مواردی بود که شانس و تصادف، ذهنی خلاق و آماده را به کشفی ارزشمند رهنمون شد. این مثال‌ها نشان می‌دهد که عوامل متعدد و پیش‌بینی‌ناپذیری ممکن است منشأ الهام و جرقه‌ای برای کشف علمی باشد. اما آیا این بدان معنی است که این فرآیند فاقد هر منطق و مکانیسم و مراحل مشخص است؟ علی‌رغم اختلاف نظرها، روانشناسی الگوهای مشخصی را در مسیر فرآیند کشف پیدا کرده است.

یک الگوی مشترک این است که معمولاً ایدهٔ کشف یا راه‌حل‌ها پس از یک مرحلهٔ تلاش آگاهانه و پختگی ، به شکل ناگهانی و خودبخودی بروز می‌کنند. چیزی که می‌توان آن را «تنویر فکر» نامید. از این رو، برخی آن را تصادفی می‌خوانند. اما در مقابل عده‌ای آن را به ناخودآگاه نسبت می‌دهند. اما این، به مفهوم طرد کامل تصادف نیست. ابداع یا کشف در هر عرصه ناشی از ترکیب افکار است. یعنی ابداع نوعی تشخیص و انتخاب است. در این انتخاب حس زیباشناسی علمی نقش دارد. برخی معتقدند که هر دوی این موارد، یعنی انتخاب و اعمال حس زیبایی‌شناسی در ناخودآگاه رخ می‌دهد. تنویر فکر بعد از مرحلهٔ پختگی و آمادگی، عمدتاً در حالتی که خودآگاهانه به مساله نمی‌اندیشیم روی می‌دهد. مثلاً در ضمن استراحت، تفریح، خواب، قدم زدن و ... اما نقش تخیل در این میان چیست؟

برخی نظریات به نقش کلمات در اندیشهٔ منتج به ابداع تأکید دارند. و در برخی دیگر، تخیلات و

تصاویر ذهنی نقشی مهم در فرآیند تفکر دارند. در عین حال، بداعت این تصاویر ذهنی با فعالیت اندیشه نسبتی معکوس دارد. به همین دلیل «در مواقع خیالبافی و خواب، ناب‌ترین تصویرهای ذهنی پدیدار می‌شود». در حالت بیداری این تصاویر ذهنی خود محصول قوهٔ تخیل‌اند. «تخیل هم با تمرکز بر موضوع مورد بررسی، در برانگیختن برخی افکار در ما سودمند است» و از طرف دیگر «تخیل در حل مسأله‌ای که به استنتاج‌های گوناگون نیازمند است و نتایج آن پس از مرتب‌شدن نیاز به هماهنگی دارد، نقش بسیار مهمی ایفا می‌کند». از آنجا که «ذهن خلاق رها از فرمان قراردادها، مجذوب ناشناخته‌ها و مجهولات می‌شود»، نیازمند تخیلی قوی است. تخیل قوی کودکان منشأ بازی‌های خلاقانهٔ آنهاست. «در روانکاوی فروید، بیشتر رفتار خلاق، بویژه در هنرها، جانشینی برای بازی کودکی و ادامهٔ آن است». کارل گوستاو یونگ نیز در این مورد می‌نوسید:

می‌دانیم که انگارهٔ خوب و هر عمل خلاق ناشی از تخیل است و ریشه در چیزی دارد که از روی عادت خیالپردازی کودکانه نامیده می‌شود. تنها هنرمند نیست که همهٔ چیزهای زندگی‌اش را مدیون آن است: همه انسان‌هایی که خلق می‌کنند در این مرحله قرار دارند. اصل تحرک آفرین، فعالیت شاد است و نیز بازی خاص کودک، که ظاهراً در تضاد  با اصل کار جدیست. اما بدون این بازی خیالپرداز، اثر بارور تولد نمی‌یابد. ما بی‌نهایت به بازی تخیل مدیونیم.

بدین‌ترتیب، همهٔ خلاقیت‌ها و ابداع‌ها، ریشه در تخیل خلاق دارند. هرچند، همانطور که یونگ اشاره کرده؛ خیالپردازی به دلیل جنبه‌های اتفاقی و غافلگیرکننده و یا غیرقابل قبول بودنش، مورد تحقیر قرار می‌گیرد، اما «هر اثر [اصیل] انسانی سرچشمه‌اش را در تخیل خلاق داراست.» و در قلمرو خلاقیت علمی نیز، این منشأ، نقشی اساسی ایفا می‌کند. بعد از بررسی وجوه روانشناختی کشف و ابداع علمی و نقش تخیل در آن، جا دارد که به مطالعهٔ موردی دو تن از نامدارترین دانشمند_فیلسوفان قرن بیستم در این زمینه بپردازیم.

کشف علمی ازدیدگاه دانشمندان:

مطالعه موردی۱: هانری پوانکاره

پوانکاره (۱۸۵٤ - ۱۹۱۲) که یکی از بزرگترین ریاضی‌دانان و فیزیک‌دانان و فیلسوفان علم زمانش بود، در مورد فرآیند ابداع و کشف علمی خود نیز بحث کرده است. پوانکاره در مقالهٔ ابداع ریاضی (۱۹۰۸) تاکید می‌کند که «منطق اکتشاف» به مفهوم دقیق منطق، وجود ندارد. و ابداع را به وجود یک حسی زیباشناختی ویژه در فرد مُبدع، نسبت می‌دهد. و در مقالات دیگر نوعی شهود را راهبر به ابداع می‌داند. از این رو معتقد است که: «کار منطق، اثبات و کار شهود، ابداع است». پوانکاره در سخنرانی خود در انجمن روانشناسی پاریس (۱۹۰۸)، تجربهٔ خود در کشف توابع فوکسی در سال ۱۸۸۱ را تشریح کرد. وی با اشاره به اینکه، پس از مدتی طولانی کار فکریِ سخت، موقعی که آن را رها کرده و حتی به فراموشی سپرده بود، بطور کاملاً غیرمنتظره الهام و شهودی قطعی را تجربه کرده می‌نویسد:

آنچه در وهلهٔ اول شگفت‌آور است، این تنویر فکر ناگهانی است، که مظهر آشکار کاری طولانی و پیشین در ناخودآگاه است. به نظر من، نقش این کار ناخودآگاه در ابداع ریاضی غیرقابل انکار است. پوانکاره حتی تجاربی را نقل می‌کند، که در حالتی انفعالی، با هجوم افکار به شکلی درهم به ذهنش و ترکیب و جفت و جورشدن خودبخود آنها، گویا شاهد فعالیت ناخودآگاه خود بوده است!

بنابراین فرآیند ابداع ناشی از ترکیب افکار مختلف است، اما همچنین شامل نساختن یا حذف ترکیبات بی‌فایده نیز، می‌باشد. یعنی ابداع، نوعی تشخیص، تمیز و انتخاب است که در این مرحله در ناخودآگاه رخ می‌دهد. اما این انتخاب با چه ملاکی انجام می‌شود؟ پوانکاره پاسخ می‌دهد:

قوانینی که ملاک انتخاب را راهبر می‌شوند فوق العاده ظریف و مبهم‌اند، و بیان دقیق آنها عملاً غیرممکن است؛ آنها بیش از آنکه قابل فرمول‌بندی باشند، احساس می‌شوند. تحت این شرایط چطور می‌توانیم غربالی را تصور کنیم که بطور مکانیکی قادر به انجام این کار باشد؟

این انتخاب رازآمیز با یک نوع «حس زیباشناختی خاص» انجام می‌شود. از میان انبوه ترکیبات، آنهایی که «هماهنگ» و «زیبا» هستند، به خودآگاه ما راه می‌یابند. بنابراین، ناخودآگاه دو کار اساسی را به انجام می‌رساند. «یعنی نه تنها وظیفهٔ پیچیدهٔ ساختن انبوه ترکیب‌های گوناگون به ناخودآگاه تعلق دارد، بلکه حساس‌ترین و ضروری‌ترین کار، یعنی انتخاب ترکیب‌هایی که احساس زیبشناختی ما را ارضاء می‌کند و در نتیجه محتملاً سودمند است نیز در این قلمرو انجام می‌گیرد». اما لازمهٔ این عمل ناخودآگاه، طی کردن فرآیند خودآگاه اولیه است. بطور کلی نظریهٔ ابداع پوانکاره شامل چهار مرحله است که سه مرحله آن خودآگاه و یک مرحله ناخودآگاه است:

الف_ آمادگی:

این مرحله تلاش و کوشش آگاهانه در مورد مساله را شامل می‌شود. این مرحله شامل پژوهش و تفکری منظم، جدی و عمیق و آشنایی با ایده‌های دیگران در مورد مسأله است. بدون طی این مرحله هیچ الهامی رخ نخواهد داد. ممکن است این تلاش آگاهانه بی‌فایده، انحرافی یا عقیم به نظر برسد. پوانکاره با اشاره به این تلاش‌های آگاهانه می‌نویسد:

عمل بررسی یک مسأله شامل تحرک فکر است، البته، نه هر فکری، بلکه آنهایی که انتظار می‌رود به راه حل مطلوب منجر شوند. این امکان وجود دارد که این کار هیچ نتیجهٔ فوری نداشته باشد... لذا، این کوشش‌ها آنچنان که شخص می‌اندیشد عقیم نبوده‌اند. آنها ماشین ناخودآگاه را به کار انداخته‌اند، این ماشین بدون آن تلاش‌ها نه حرکت داشت و نه چیزی تولید می‌کرد.

ضرورت این تلاش آگاهانه، فرضیهٔ تصادف محض را در مورد کشف، نفی می‌کند. با اینکه تصادف در کشف دخیل است، اما کاملاً تصادفی نیست. هر تلاشی منجر به کشف نمی‌شود، اما تلاش آگاهانه و کم و بیش فشرده و جدی، شرط لازم و ضروری کشف و ابداع است.

ب_ کمون :

مرحله آمادگی و تلاش اولیه ماشین ناخوآگاه را به راه می‌اندازد. همانطور که گفتیم، ناخودآگاه در این مرحله عملیات ترکیب افکار و گزینش زیباشناختی را به شکلی مخفی و نهفته، انجام می‌دهد. نتیجهٔ این عملیات ناخودآگاه، ایدهٔ برگزیده‌ای است که در مرحله بعد به خودآگاه راه می‌یابد.

ج_ تنویر فکر:

این مرحله، همان اشراق و تنویر فکر ناگهانی است که معمولاً در حالتی که ذهن آرام است و هیچ فکر آگاهانه‌ای در مورد موضوع ندارد؛ روی می‌دهد. پوانکاره تجربهٔ کشف خود را با خصوصیات «ایجاز، ناگهانی بودن، و قطعیت آنی» توصیف می‌کند. مرحلهٔ الهام، پاسخ ناخودآگاه به خودآگاه برای مسأله‌ای است که ضمیرخودآگاه در مرحلهٔ آمادگی طرح کرده بود.

د_ اثبات:

با اینکه الهام با احساس یقین مطلق همراه است، معلوم نیست که همهٔ پاسخ‌های ناشی از کشف و شهود، درست باشند. از این روی انجام محک و آزمون آگاهانه ضرورت پیدا می‌کند. در علم، این مرحله شامل بررسی وجوه نظری در مطابقت با آزمون تجربی است. همان که از آن با عنوان مقام توجیه نام بردیم.

تخیل خلاق در این نظریه، در مرحلهٔ کمون و الهام نقش بارزی دارد. و شاید تخیل، نقش واسطه‌ای میان ناخودآگاه و خودآگاه را داراست. همانطور که از یونگ نقل کردیم، تخیل خلاق

در حالت‌هایی چون بازی کودکانه بروز می‌کند. در خلاقیت علمی نیز دیدیم که کشف و الهام، همواره در حالتی تفریح‌مانند چون قدم زدن و استراحت روی می‌دهد.

مطالعه موردی۲: آلبرت اینشتین

«شاعر: شما چگونه کار می‌کنید؟ ممکن است کمی دربارهٔ نحوهٔ کارکردنتان صحبت کنید؟

عالم: چه عرض کنم، نمی‌دانم ... صبح‌ها از خانه بیرون می‌روم و مدتی قدم می‌زنم.

شاعر: عجب، جالب است. حتماً دفترچهٔ یادداشتی هم با خود می‌برید که هر وقت فکری به ذهنتان خطور کرد در آن بنویسید.

عالم: نه این کار را نمي‌کنم.

شاعر: واقعا این کار را نمی‌کنید؟

عالم: آخر می‌دانید، فکر چیز خیلی نادری است.

این حرف‌های پیش پا افتاده در حقیقت از گفتگوی دو تن از برجسته‌ترین افراد این قرن دربارهٔ فرآیند خلاقیت برگزیده شده است. شاعر ما، شاعر فرانسوی پل والری و عالم ما فیزیکدان قرن، آلبرت اینشتین است». اما «تفکر، دقیقاً چیست؟»، اینشتین، «یادداشت‌های زندگی‌نامه‌ای» خود را در سال ۱۹٤٦ با این سؤال آغاز می‌کند. وي تفکر را عبارت از «عملیات با مفاهیم، و ایجاد و کاربرد روابط عملکردي مشخص بین آنها، و هماهنگ ساختن تجربیات حسي با این مفاهیم»، مي‌داند. اما اینشتین، بیشتر متکی بر شهود و حس درونی است نه تفکر منطقی و استدلالی. و«اصل و اساس تفکر حقیقی را مکاشفه» می‌داند. اینشتین حتی برای نظریهٔ نسبیتش منشأیی احساسی و شهودي قائل است:

مفهومی که من برای نسبیت قائلم بیشتر از احساساتم سرچشمه می‌گیرد تا تعقل و تفکر.

البته منظور او از احساس، عواطف و هیجانات نیست، بلکه احساس از نظر او همان اشراق است. این احساس به «حس ویژهٔ زیباشناختی» که پوانکاره از آن صحبت می‌کرد، بسیار نزدیک است. اینشتین به «سادگی و زیبایی» نظریات تاکید داشت، اما در عین حال، متوجه بود که به کار بردن این صفات در مورد قوانین طبیعت مسألهٔ راحتی نیست. از این رو در بحثی با هایزنبرگ در این زمینه، با اعلام علاقهٔ خود به «سادگی» نظریات، می‌گوید:

با این حال، هیچ‌گاه نمی‌توانم مدعی شوم که منظور از سادگی قوانین طبیعت را می‌فهمم.

اینشتین در مورد فرایند ابداعش گفته که: «هستی‌های روانی که به نظر می‌رسد به مثابه عناصر در اندیشه عمل می‌کنند، نشانه‌های معین و تصاویر ذهنیِ کم و بیش روشنی هستند که می‌توان آنها را "به طور ارادی" بازسازی کرد». اینشتین مسائل را به صورت یک «آزمایش فکری» طرح می‌کرد. روشی که نیازمند شهود و تخیلی قوی بود. نظریه‌های نسبیت عام و خاص، هر دو، در بررسی جوانب و نتایج آزمایش‌های فکری کشف شد که اینشتین سال ها قبل طرح کرده و در مورد آنها به تأمل پرداخته بود.

# چگونه بازی با یک بشقاب منجر به دریافت جایزه نوبل شد؟

در ۱۹۱۸، دو سال پس از ارائه نظریه نسبیت عام توسط انیشتین، مهاجری روسی به نام ملویل آرتور فاینمن در شهرک فار راک اِوی (Far Rockaway) در حومهٔ نزدیک به دریای نیویورک، چشم‌به‌راه تولد اولین فرزند خود بود. او که خود به دلیل فقدان امکانات نتوانسته بود آموزش رسمی ببیند، اهل مطالعه و یک شیفتهٔ مادام‌العمر علوم طبیعی بود و دربارهٔ نوزادی که در راه بود به همسرش گفت: «اگر پسر باشد دانشمند می‌شود». پسر به دنیا آمد و ریچارد نام گرفت.

کودکی که رادیو تعمیر می‌کرد

برخلاف انیشتین که در کودکی هیچ اثری از نبوغ نداشت، ریچارد از همان آغاز هوش سرشار

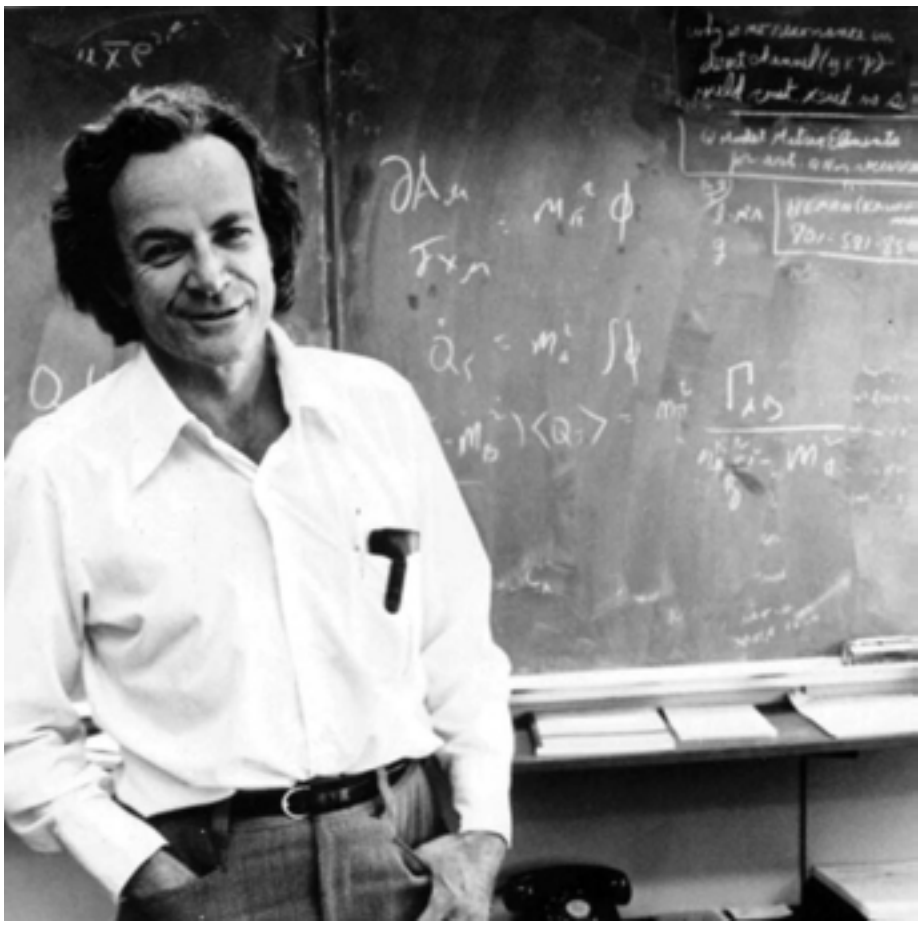
خود را نمایان ساخت. با داشتن پدری که دائما برای او کتاب‌های عامه‌فهم علمی را می‌خواند و به زبان ساده‌ای توضیح می‌داد و در پیاده‌روی‌های طولانی برای او از طبیعت، اقیانوس‌ها و ستارگان و چرایی و چگونگی پرواز پرندگان و جزر و مد دریا سخن می‌گفت، شیفتگی عمیقی برای فهم رازهای طبیعت و حل مسائل بغرنج در وجود او ایجاد شد. آزمایشگاه کوچکی برای خود درست کرده بود و دائما با وسایل مختلف خانه مثل رادیو و ساعت ورمی‌رفت و آنها را دست‌کاری می‌کرد. دوازده ساله بود که می‌توانست رادیو تعمیر کند و از این راه درآمدی هم داشت. او کاری کرد که ساعت رومیزی خانه در جهت معکوس کار کند و خواندن وقت صحیح از روی آن را نیز یاد گرفت. در دبیرستان بااینکه در همهٔ دروس خوب بود اما علوم و ریاضیات را بسیار جدی‌تر می‌گرفت. او در این دو موضوع از دانش‌آموزان دیگر بسیار جلوتر بود و درس جبر را با خودآموزی در دبستان یاد گرفته بود. او به‌زودی سرآمد تیزهوشان دبیرستان شد و دانش‌آموزان سال‌های بالاتر برای حل مسائل ریاضی خود دائما به سراغش می‌آمدند.

## دانشجوی فیزیکدان

با اتمام دبیرستان، فاینمن به‌قصد تحصیل در ریاضیات وارد موسسه فنّاوری ماساچوست (MIT) شد اما در انتخاب رشتهٔ دانشگاهی مردد بود تا اینکه با بررسی برخی رشته‌های دیگر از جمله مهندسی برق، در نهایت فیزیک را انتخاب کرد. هنوز دانشجوی سال دوم بود که یکی از دروس فیزیک نظری مخصوص دانشجویان کارشناسی ارشد را انتخاب کرد. سال ۱۹۳۷ بود و هنوز در MIT درس مکانیک کوانتومی، که در آن زمان نظریه‌ای نوظهور بود، تدریس نمی‌شد اما او و دو نفر از دوستانش یکی از اساتید را برای تدریس آن درس برای خودشان راضی کردند. استعداد فوق‌العادهٔ او با انتشار دو مقالهٔ علمی در مجلهٔ معتبر فیزیکال ریویو (Physical Review)، در زمانی که هنوز دانشجوی دوره کارشناسی بود، به اثبات رسید.

## در حضور غول‌ها

برای دوره دکترا به دانشگاه پرینستون رفت. حوزهٔ علاقهٔ فاینمن الکترودینامیک و مسائل بنیادی اندرکنش ذرات باردار درون اتمی بود. در اوایل این دوره بود که استادش او را به ارائه یک سخنرانی در زمینهٔ تحقیقاتش دعوت کرد. سمیناری که در حضور برخی از بزرگ‌ترین غول‌های فیزیک دوران از جمله انیشتین، ولفگانگ پاولی، جان فون‌نیومان برگزار می‌شد. باوجود ترس اولیه از این هیولاهای متفکر، خصلت عجیبی که داشت باعث شد سخنرانی خود را به نحو عالی انجام دهد و آن این بود که وقتی دربارهٔ فیزیک فکر می‌کرد و مجبور بود حواسش را روی آن جمع کند، هیچ‌چیزی نمی‌توانست ذهنش را آشفته کند و از استرس کاملاً رها می‌شد. فاینمن در سال ۱۹۴۲ دکترای خود را دریافت کرد و بلافاصله به مأموریتی مهم فراخوانده شد.



نبوغ در خدمت بمب

در سال ۱۹۳۹ جنگ جهانی دوم در اروپا شروع شد و نگرانی‌های پیش‌آمده دربارهٔ اقدام آلمان

به ساخت بمب اتمی و نامه انیشتین به روزولت، رئیس‌جمهور وقت، دولت آمریکا را بر آن داشت تا پروژه ساخت چنین بمبی را جدی بگیرد. مضمون نامه انیشتین هشدار درباره امکان و خطرات پیش‌دستی آلمانی‌ها در دستیابی به سلاح هسته‌ای بود. در سال ۱۹۴۳ آزمایشگاه بمب در لوس‌آلاموس در نیومکزیکو تحت مدیریت رابرت اوپنهایمر آغاز به‌کار کرد. فاینمن پس از تردید اولیه دربارهٔ کار مربوط به جنگ، به این طرح که پروژه مانهاتان نام گرفته بود، پیوست. در آن زمان ۲۵ سال داشت و جوان‌ترین فرد پروژه بود. استعداد او را در آنجا به‌سرعت شناختند و به سمت سرپرستی یک گروه برگزیده شد. از عملکرد فاینمن در این پروژه تمجید و تکریم فراوان به عمل آمد. محدودیت‌های امنیتی لوس‌آلاموس برای فاینمن بسیار آزاردهنده بود و از دست دادن همسرش در همان زمان بر غم او می‌افزود. بنابراین با پایان پروژه در ۱۹۴۵، او نخستین فرد از گروه مدیران بود که آنجا را ترک کرد.

سرخوردگی و تصمیم سرنوشت‌ساز

با اتمام پروژهٔ ساخت بمب اتمی و رقابت دانشگاه‌ها برای جذب او، در حالیکه فقط ۲۷ سال داشت، استادی فیزیک در دانشگاه کورنل را انتخاب کرد. عاشق تدریس بود اما احساس می‌کرد از دورانی که با عشق به فیزیک می‌پرداخت دور شده است. سال‌ها بعد به یکی از دوستانش گفته بود: «در آن دوران از فیزیک بیزار شده بودم ولی قبلا از آن لذت می‌بردم چون با آن بازی می‌کردم. آنچه را دوست داشتم انجام می‌دادم و اهمیتی هم نمی‌دادم که کاری که انجام می‌دهم برای پیشرفت فیزیک هسته‌ای مهم است یا نه؟ تنها بازی با آن برای من جالب بود». احساسی از یاس و ناامیدی داشت که به او می‌گفت دیگر نمی‌تواند کار مهمی را در فیزیک نظری انجام دهد و می‌بایست تغییر و تحولی را در زندگی حرفه‌ای خود به وجود آورد. بنابراین تصمیم گرفت به تدریس، که همچنان دوست داشت، بپردازد و با فیزیک هم همانند دوران جوانی‌اش به‌عنوان فعالیتی سرگرم‌کننده و نه به‌عنوان یک شغل و فقط هرگاه که دلش خواست، بدون آنکه نگران اولویت مقام و غیره باشد، به بازی بپردازد.

بازی با بشقاب چرخان

یک هفته پس از آن تصمیم سرنوشت‌ساز، در کافه‌تریای دانشگاه نشسته بود که ناگهان یکی از دانشجویان برای شوخی جلوی دوستانش ظرف نهارخوری خود را به هوا پرتاب کرد. بشقاب در هوا می‌چرخید و درعین‌حال می‌لرزید. فاینمن دید که لوگوی قرمز دانشگاه کورنل روی بشقاب، می‌چرخد. کار خاصی نداشت، پس محاسبات حرکت بشقاب چرخان را شروع کرد. بلافاصله معادله‌های حرکت بشقاب را نوشت و معادله‌ای به‌دست آورد که به دو نوع حرکت مربوط می‌شد. آنچه به دست آورد اهمیتی نداشت؛ دینامیک چرخش و لرزش سال‌ها پیش شناخته شده بود. برای فاینمن تبدیل حرکت پیچیدهٔ بشقاب در حال پرواز به معادلات دیفرانسیل یک سرگرمی محض بود.

او آن روز یکی از همکارانش را دید و به او در مورد نحوهٔ حرکت بشقاب و محاسباتش توضیح داد. دوستش پرسید: «خُب تا حدی جالب است ولی چه اهمیتی دارد؟ برای چه چنین محاسباتی انجام دادی؟» فاینمن پاسخ داد: «ها! هیچ اهمیتی ندارد، من فقط به خاطر تفریح و سرگرمی این کار را انجام می‌دهم».

فاینمن مثل یک نویسنده یا هنرمند که از انسداد خلاقیت رهایی می‌یابد، بار دیگر شور و هیجان بازی با فیزیک را بازیافته بود. او به بازی با معادلات لرزش ادامه داد و سپس با تطبیق آن با فیزیک کوانتوم به این نتیجه رسید که چطور می‌توان این موضوع را با فضای چرخشی الکترون و بر اساس فرضیاتی که نظریه نسبیت بیان می‌نمود، تطبیق داد. در ادامه پس از مطالعاتی بیشتر به معادلهٔ دیراک در الکترودینامیک کوانتومی رسید و نتیجه این تحقیقات به بازآفرینی نظریه الکترودینامیک کوانتومی (QED) و حل مسائل بغرنج آن منجر شد.

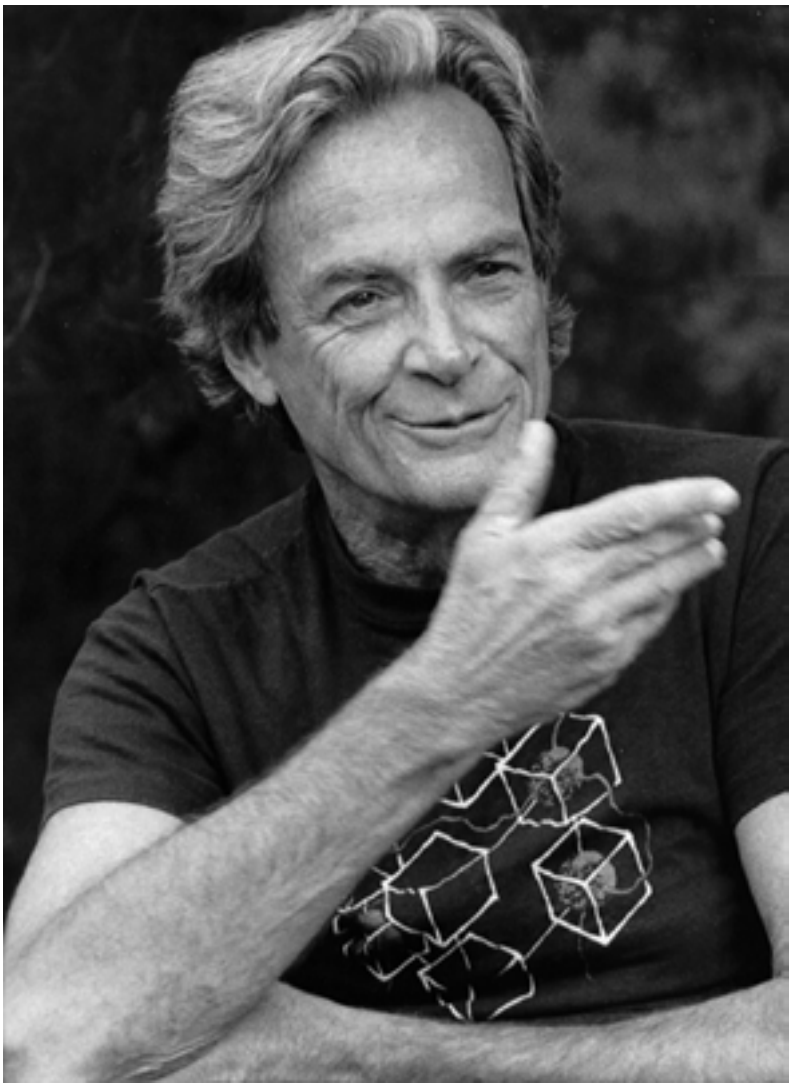
فاینمن می‌نویسد: «بازی با این چیزها راحت و بی‌زحمت و به سادگی بازی کردن کنجکاوانهٔ یک کودک با وسایل دور و برش بود. مثل باز کردن درِ یک بطری بود: همه چیز به راحتی پیش می‌رفت و همه چیز به سادگی سر جای خود قرار می‌گرفت. نمودارها و معادلات و در مجموع کل این نتایج و تحقیقات که منجر به دریافت جایزه نوبل برای من شد ناشی از سرگرمی و بازی با همان بشقاب چرخنده و لرزندهٔ بی‌اهیت بود».

QED یا نظریهٔ شگفت‌انگیز

نظریه الکترودینامیک کوانتومی(Quantum Electrodynamics یا همان QED) در سال ۱۹۲۸ توسط دیراک پیشنهاد شده بود.  نظریه‌ای که قرار بود مسئله مربوط به برهمکنش الکترون با الکترون و ذرات بنیادی دیگر را توضیح دهد. تلاش دیراک در این راه به شکست منجر شد. فاینمن و دو فیزیکدان دیگر جولین شونگر و شین ایچیرو تومواگو به فرمول‌بندی مجدد آن

پرداختند تا بتوانند مشکلات آن را رفع کنند. این سه دانشمند با آغاز از دیدگاه‌هایی متفاوت به گونه‌ای تقریباً همزمان به راه‌حل‌هایی یکسان برای مسائل الکترودینامیک کوانتومی رسیدند. و ازاین‌رو جایزه نوبل فیزیک سال ۱۹۶۵ به این سه نفر تعلق گرفت.

نظریه الکترودینامیک کوانتومی یک نظریهٔ مکانیک کوانتومی الکترون و الکترومغناطیس یا به‌عبارت‌دیگر ترکیبی از نظریه‌های نسبیت خاص انیشتین و مکانیک کوانتومی است. QED به دو نوع از ذرات بنیادی، الکترون‌ها و فوتون‌ها، و راه‌های متعدد برهمکنش آنها می‌پردازد. هرچند برحسب معیارهای امروزی در عرصهٔ کوچکی سهم داشت و تنها برهمکنش‌های فوتون و الکترون را مورد بررسی قرار می‌داد (نیروهای هسته‌ای قوی و ضعیف و گرانش را شامل نمی‌شد) اما این



اکتشاف که پس از سال‌ها ناامیدی به ثمر رسید، اولین پیشرفت اساسی در زمینهٔ وحدت‌بخشی نسبیت خاص و مکانیک کوانتومی بود.

فاینمن نظریه الکترودینامیک کوانتومی را «نظریهٔ شگفت‌انگیز» می‌نامید و همچنین معتقد بود

آن «گل سرسبد فیزیک و افتخارآمیزترین دارایی» ماست. از لحاظی واقعا چنین بود. این نظریه در مورد انبوهی از پدیدارهای فیزیکی با موفقیت کامل به‌کار گرفته شد. بعضی از این پدیده‌ها اندازه‌گیری‌های صحیح و با دقت شگفت‌انگیزی را ممکن می‌سازند که با رهیافت فاینمن به QED سازگارند.

فاینمن همچنین روشی ترسیمی را ابداع کرد که به دیاگرام‌های فاینمن معروف شدند که برای هر دو گروه فیزیکدانان هسته‌ای نظریه‌پرداز و تجربی، کمکی عمده بوده‌اند. فیزیکدانان می‌توانند با استفاده از نمودارهای فاینمن نتایج حاصل از تقریباً هرگونه برخورد بین‌ذره‌ای پیچیده را محاسبه و همزمان با آن تصویری از آن برخورد، که خلاصهٔ مناسبی از یک محاسبهٔ ریاضی چندین صفحه‌ای باشد، به‌دست دهند.

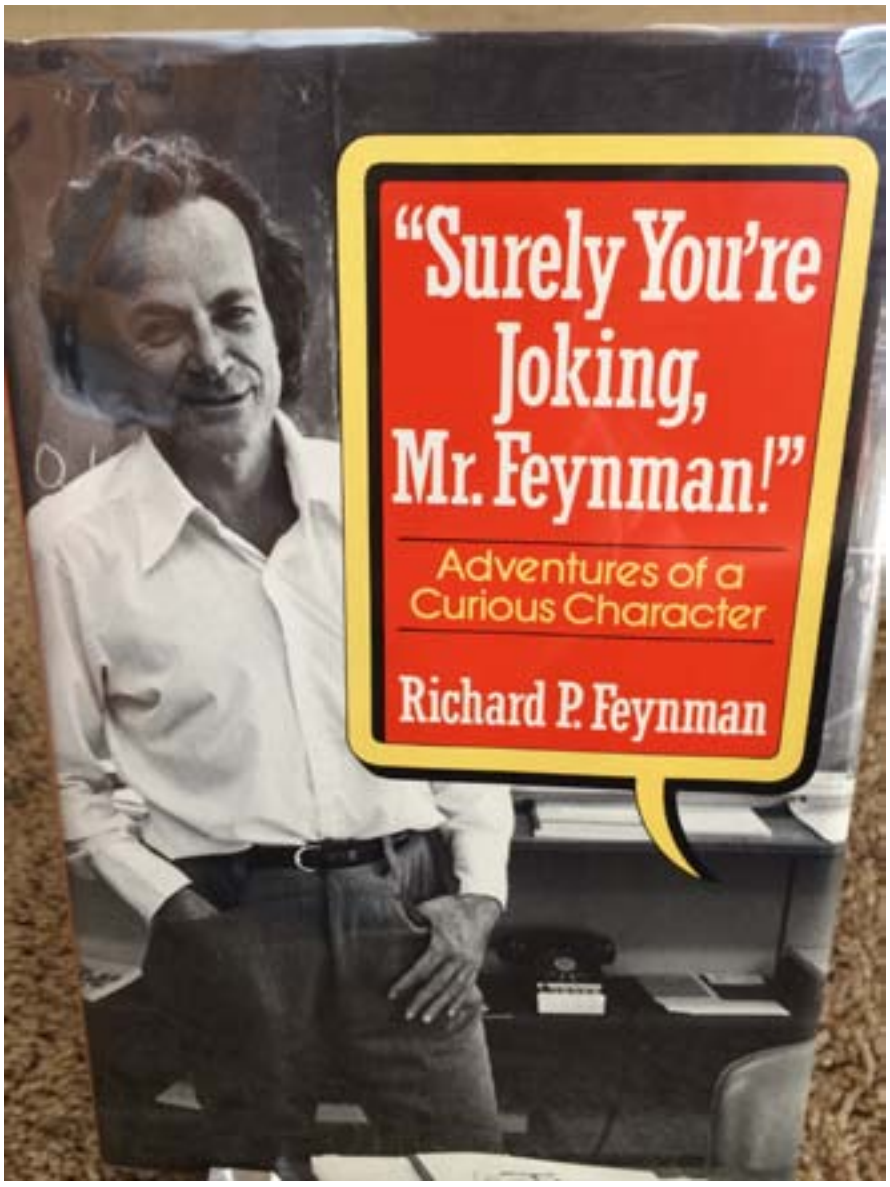
ماجراجوی شگفت‌انگیز

فاینمن چه به‌عنوان فیزیکدان و چه در موارد دیگر زندگی، همواره یک ماجراجو بود. ماجراجویی‌های او از طریق دو کتابش با عناوین «حتماً شوخی می‌کنید آقای فاینمن؟» و «چه اهمیتی می‌دهید که مردم دیگر چه فکر می‌کنند؟» بسیار معروف شد. فاینمن فیزیکدانی شوخ‌طبع بود و از شیرین‌کاری‌های او باز کردن در گاوصندوق‌ها بود که در این کار مهارت خارق‌العاده‌ای داشت!

دربارهٔ همه‌چیز کنجکاو بود. از گفتن اینکه «من باید چیزی باشم که نیستم» لذت می‌برد. او معلمی بزرگ بود و در انتقال مفاهیم پیچیدهٔ فیزیک به زبان ساده، استادی تمام بود. او طبل‌نواز ماهری شد. زیست‌شناسی یاد گرفت و به‌عنوان دستیار آموزشی در گروه زیست‌شناسی کالتک کار کرد. او چند تابستان به‌عنوان کارمند عادی یک شرکت تازه تأسیس‌شدهٔ کامپیوتر مشغول کار بود. او نخستین کسی بود که به امکانات فناوری‌های ریزابعاد که امروزه نانوفنّاوری نامیده می‌شود پی‌برد. او همچنین یکی از افراد گروهی بود که به بررسی واقعه انفجار فضاپیمای چلنجر در سال ۱۹۸٦ پرداخت.

به شگفتی‌ها می‌اندیشم

او نمی‌توانست به یک مسئله پژوهشی روی آورد مگر آنکه کل آن را به شیوهٔ خودش بازسازی کند یا به گفته خودش به آن جهتی تازه دهد. روی تخته‌سیاهش در کالتک این پیام نوشته شده بود: «آنچه را نمی‌توانم خلق کنم، نمی‌توانم بفهمم». هیچ ترسی از ابهام، تردید و عدم قطعیت




نداشت. می‌گفت که «من از چیزهایی که نمی‌دانم احساس ترس نمی‌کنم و از پرداختن به و گم

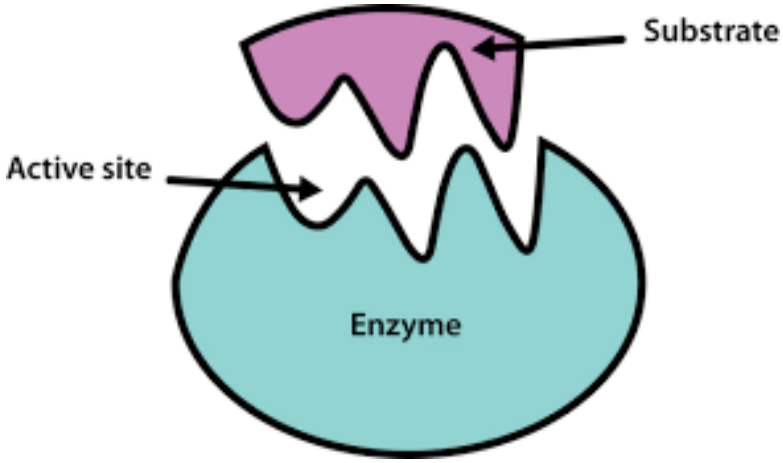
شدن در عالم اسرارآمیز ناشناخته‌ها، وحشتی ندارم». تردید، انگیزهٔ او بود و به اکتشاف می‌انجامید. او از اینکه حل یک معما معمولاً به معمای دیگری می‌انجامید ناراحت نمی‌شد. شناخت بیشتر به معمای ژرف‌تر و شگفت‌انگیزتری می‌انجامید و باعث درک عمیق‌تری می‌گردید. برای فاینمن تأمل دربارهٔ عالم فراتر از انسان، و تفکر دربارهٔ عالم بدون انسان (پیش از انسان و بعد از او)، به مثابه «تجربه‌ای مذهبی» بود. از نظر او وقتی انسان اسرار و عظمت جهان خارج را درک کند، نظر عینی خود را مجدداً بر انسان برمی‌گرداند، تا زندگی را به‌عنوان بخشی از ژرف‌ترین معمای عالم مورد تامل قرار دهد و به تجربه‌ای غیرقابل وصف دست یابد. او متوجه شد که شاعران در این مورد چیزی نمی‌نویسند، بنابراین او خود شعری را سرود که چنین پایان می‌یابد:

در کنار دریا ایستاده‌ام
به شگفتی‌ها می‌اندیشم
عالمی از اتم‌ها
اتمی در عالم

ریچارد فیلیپس فاینمن (Richard Phillips Feynman) در سال ۱۹۸۸ در ۶۹ سالگی در لس‌آنجلس درگذشت.

# شیمیدان چای و شیرینی با زندگی تلخ

پدرش تاجر موفقی بود و پس از اتمام تحصیلات متوسطه مجبورش کرد که در حرفه خانوادگی مشغول به کار شود اما او عاشق علوم طبیعی بود. ١٦٤ سال پیش در نهم اکتبر ١٨٥٢ (١٧ مهر ١٢٣١) هرمان امیل لوئیس فیشر (Hermann Emil Louis Fischer ) در شهر کوچک اُیسکرچن (Euskirchen) در نزدیکی شهر کلن در آلمان به دنیا آمد. پدرش بعد از پی‌بردن به بی‌استعدادی او در تجارت از سر ناچاری موافقت کرد که دنبال علم برود. فقط دوازده سال بعد از این ماجرا بود که امیل فیشر، که حالا به یک متخصص و شیمیدان درجه یک بدل شده بود، پیشنهاد حقوق ١٠٠٠٠ مارکی (تقریباً معادل ٦٠٠٠٠٠ دلار فعلی) یک کارخانه بزرگ و معتبر محصولات شیمیایی را نپذیرفت و گفت که «آزادی کامل برای پژوهش علمی» از هر چیزی




برای او جذاب‌تر و مهم‌تر است.

پروفسور جوان

در سال ١٨٧١ رشته شیمی را در دانشگاه بُن شروع کرد درحالی‌که تمایلی هم به تحصیل در فیزیک داشت. یک سال بعد به دانشگاه استراسبورگ رفت و آنجا بود که حضور در کلاس‌های شیمیدان بزرگ آدولف بایر(Adolf Baeyer)، برنده نوبل شیمی ١٩٠٥، اشتیاق او را برای آموختن شیمی آلی برانگیخت. در ١٨٧٤ درحالی‌که فقط ٢٢ سال داشت دکترای خود را برای کار

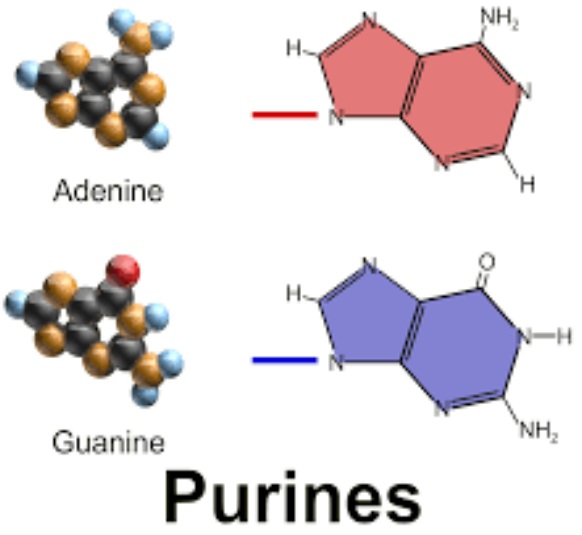
در مورد ساختار فتالین تحت راهنمایی بایر دریافت کرد. استاد و دانشجو در سال ۱۸۷۵ هر دو به دانشگاه مونیخ رفتند و فیشر به‌عنوان دستیار بایر در دانشگاه مونیخ شروع به‌کار کرد و در سال ۱۸۷۹ دانشیار شیمی تجزیه آن دانشگاه شد. در ۱۸۸۱ وقتی که فقط ۲۹ سال داشت به بالاترین درجه دانشگاهی یعنی استاد تمامی دست‌یافت. در دانشگاه‌های ارلانگن و وورتسبورگ تدریس و تحقیق کرد تا اینکه در سال ۱۸۹۲ کرسی شیمی دانشگاه برلین را به‌دست آورد و تا پایان زندگی آن را در اختیار داشت.

خوش‌شانسی یک ذهن آماده

در ۱۸۷۵ که تازه دکترای خود را در استراسبورگ دریافت کرده و دستیار بایر در آزمایشگاه شیمی آلی بود، آزمایش ناقصی که دانشجویان انجام داده بودند باعث شد که ترکیب شیمیایی فنیل‌هیدرازین را کشف کند. این اولین کشف بزرگ او بود که شانس و تصادف در آن نقش داشت اما اگر تسلط، تیزبینی و شم علمی فوق‌العاده فیشر نبود امکان نداشت چنین کشفی صورت بگیرد. همان‌طور که لویی پاستور گفته «شانس فقط به سراغ ذهن‌های آماده می‌آید». این کشف در تحقیقات بعدی او بسیار موثر واقع شد. با رفتن به دانشگاه مونیخ در نیمه ۱۸۷۵ تحقیق روی هیدرازین‌ها را ادامه داد و با پسرعمویش اتو فیشر به بررسی رنگ‌های روزانیلینی پرداخت که منجر به توضیح ساختمان شیمیایی آنها شد.

کشف قهوه‌خانه‌ای

همه ما با چای، قهوه و شکلات آشنا هستیم اما چه تعداد از ما می‌دانیم که آنها از موادی به نام پورین‌ها ساخته‌شده‌اند. امیل فیشر کسی بود که پورین‌ها را کشف کرد. اسید اوریک، مهمترین ترکیب گروه پورین، در ۱۸۹۵ توسط فیشر به روش سنتز (تهیه یک ماده توسط واکنش شیمیایی از مواد اولیه) ساخته شد. او اسم purine را از ترکیب pure urine به معنی اورین خالص ساخت. پورین‌ها فراوانترین ترکیبات هتروسیکلیک (ترکیب‌های حلقوی که علاوه بر کربن دارای




عناصر دیگری مثل نیتروژن، اکسیژن و گوگرد هستند) نیتروژنی در طبیعت هستند. پورین‌ها به همراه پیریمیدین‌ها سازنده بازهای آلی هستند که در ساختار DNA به شکل نوکلئوتید شرکت دارند. پورین‌ها به شکل خالص در طبیعت یافت نمی‌شوند. فیشر برای اولین بار در ۱۸۹۸ توانست پورین را از طریق سنتز در آزمایشگاه تهیه و ساختار آن را مشخص کند. او علاوه بر طبقه‌بندی پورین‌ها روش سنتزی ابداع کرد که منجر به کشف یک سلسله واکنش‌ها شد که از طریق آنها تبدیل ترکیب‌های پورینی به یکدیگر امکان‌پذیر گردید.

ابداع شیرین

امیل فیشر تا ده سال پس از کشف فنیل‌هیدرازین به اهمیت اساسی آن برای شناسایی و طبقه‌بندی ترکیبات کربونیل (دسته‌ای بزرگ از ترکیبات آلی که در آن یک اتم کربن به یک اتم اکسیژن با یک پیوند دوگانه متصل است) پی نبرد. تااینکه آن را در ۱۸۸٤ در مورد مواد قندی (کربوهیدرات‌ها) بکارگرفت و با استفاده از یک مجموعه آزمایش‌های سیستماتیک و استدلال درخشان با چاشنی اندکی شانس در طول هفت سال ساختار قندها را مطالعه و موفقیت‌های چشمگیری کسب کرد. در ۱۸۸۷ موفق شد قند میوه (فروکتوز) و قند انگور (گلوکز) را از عناصرشان تهیه کند. این کار مبتکرانهٔ تجزیه و ترکیب مواد قندی و روشی که برای مشخص کردن ساختار قندها ابداع کرد

نقطه اوج دستاوردهای او بود. چنین بود که جایزه نوبل شیمی را در سال ۱۹۰۲ برای خدماتش در سنتز قندها و پورین‌ها دریافت کرد. ماحصل تحقیقات او کاربردهای صنعتی فراوانی یافت و پژوهش‌هایش در مورد پورین‌ها به‌صورت شالودهٔ صنعت داروسازی آلمان درآمد.

شیمی زندگی

فیشر بعد از پروژه پورین‌ها و کربوهیدرات‌ها تحقیقاتش را روی ترکیبات آلی مهم حیاتی از جمله پروتئین‌ها، آنزیم‌ها و چربی‌ها متمرکز کرد. بدین‌ترتیب پژوهش‌های او تمام مواد سازندهٔ جهان زنده را دربر گرفت. در ۱۸۹۹ کار روی پروتئین‌ها را آغاز کرد و موفق به تعیین انواع آنها شد. پپتیدها یا پلی‌پپتیدها که از هیدرولیز پروتئین‌ها حاصل می‌شوند نام خود را به دلیل شباهت با پپتون‌ها از فیشر گرفته‌اند.سنتز پپتیدها توسط فیشر در ۱۹۰۱ این امکان را به وجود آورد که گروه تحقیقاتی او بتواند نخستین نمونه ساده‌ترین پروتئین‌ها را از طریق سنتز شیمیایی تهیه کند. موفقیت این تحقیقات پروتئین‌ها را به بخش مهمی از شیمی آلی تبدیل کرد و راه را برای پژوهش‌های بعدی در شیمی آلی و بیوشیمی همواره نمود.

پدر شیمی کربوهیدرات‌ها

وقتی که امروز به شیمی آلی و تاریخ توسعه آن در طول ۲۰۰ سال اخیر نگاه می‌کنیم هیچ شیمیدان آلی را نمی‌یابیم که به‌اندازه امیل فیشر موثر و الهام‌بخش بوده باشد. او نه تنها پیشتاز و آغازگر شیمی آلی و بیوشیمی مدرن بوده بلکه نسل موفقی از دانشمندان این رشته‌ها را تربیت کرد. شم او در انتخاب حوزه‌های پژوهش موجب توسعه انواع صنایع شیمیایی، غذایی، داروسازی، پزشکی و رشته‌های مرتبط با آنها شد. او رشته شیمی آلی را به ریشه‌های آن که وظیفهٔ مطالعهٔ ارگانیسم‌های زنده را برعهده داشت، بازگرداند و از این طریق در پیشرفت نسل‌های بعدی شیمیدانان آلی و بیوشیمیدان‌ها بسیار موثر بود. بسیاری از مورخان علم امیل فیشر را به‌حق شایستهٔ عنوان پدر شیمی کربوهیدرات‌ها می‌دانند.

آزمایشگر ژرف‌اندیش

ویژگی چشمگیر زندگی او تنهایی و تمرکز خلل‌ناپذیر بر هدفش به‌عنوان یک محقق بود. حساسیت فوق‌العادهٔ ذهنی و ادراک برق‌آسا مشخصهٔ بارز امیل فیشر بود و با کوچکترین اشاره‌ای عمق مطلب را درمی‌یافت. به‌عنوان یک شیمیدان تجربی همیشه مقید به آزمون تجربی، مشاهدهٔ دقیق و استدلال منطقی بود. تکثر عناوین و عمق آثار او مایه شگفتی است. در طول ٤٥ سال ٦٠٠ مقالهٔ تجربی شامل یافته‌های جدید ارائه کرد که پس از مرگش در هشت جلد منتشر گردید. امروزه عصارهٔ این دستاوردهای شگرف وارد کتاب‌های درسی شیمی آلی و بیوشیمی شده است.

## زندگی تلخ

امیل فیشر در زندگی شخصی متحمل درد و رنج فراوانی شد. همسرش فقط هفت سال پس از ازدواجشان در اثر مننژیت درگذشت. از سه پسرش فقط پسر بزرگتر زنده ماند که بعدها استاد بیوشیمی دانشگاه کالیفرنیا شد. دو پسر دیگر هر دو در خدمت نظام‌وظیفه جان باختند. یکی در اثر حصبه مرد و دیگری در اثر فشار ناشی از خدمت نظام‌وظیفه اجباری خودکشی کرد. فیشر به دلیل قرارگرفتن دائمی در معرض فنیل‌هیدرازین و مسمومیت با جیوه همواره بیمار بود. دچار ذات‌الریه شد و از سرطان روده عذاب می‌کشید. باوجود تمام رنج‌های روحی و دردهای جسمی، همواره با جدیت، عزمی راسخ و ایثاری قهرمانانه به تداوم فعالیت علمی‌اش متعهد و وفادار بود چون به علم عشق می‌ورزید و به‌خاطر آن می‌زیست.

## پیروزی بر طوفان سرنوشت

وقتی که ضعف و درد ناشی از سرطان و ذات‌الریه به اوج خود رسید و دیگر توانی برای کار و امیدی به بهبودی نبود، فلسفه شخصی‌اش او را قادر ساخت در شب ١٤ ژوئیه ١٩١٩ در ٦٦ سالگی دست به آخرین اقدام زندگی‌اش بزند و به آن پایان بخشد. انتخابی تعمدی و آگاهانه که بیانگر شخصیت و نگرش او در تمام زندگی‌اش بود. قبل از مرگ تمام دارایی‌اش را برای تأسیس بنیادی برای حمایت مالی از شیمیدانان جوان اهدا کرد. یکی از همکارانش فلسفه شخصی او را چنین خلاصه کرد: به وضوح مشکلات پیش رویش را دید، به آنها یورش برد و آنها را حل کرد. هرگز اجازه نداد که کشتی زندگی‌اش بازیچهٔ طوفان‌های سرنوشت شود. او خودش، به تنهایی، کشتی‌اش را هدایت کرد و به هدفش هم رسید.

# اَشباح مرموز در آزمایشگاه زیرزمینی

تصور کنید اگر در اتاقی پشت به یک منبع نور می‌ایستادید و روی دیوار روبرو به‌جای سایه بدنتان فقط اسکلت خود را می‌دیدید چه احساسی به شما دست می‌داد؟ واکنش رونتگن حیرت و شگفتی همراه با وحشت بود. حالا ۱۲۱ سال از آن روز گذشته و هر روز هزاران نفر در بیمارستان‌ها و مطب دندان‌پزشکان چیزی تقریباً مشابه را تجربه می‌کنند البته بدون ترس و حیرت. تصور پزشکی مدرن بدون انواع عکس‌برداری تشخیصی با اشعه ایکس بسیار دشوار است. به دلیل این اهمیت، ۱۸ آبان، مصادف با ۸ نوامبر، سالروز کشف اشعه ایکس، روز جهانی رادیولوژی (پرتوشناسی) نام‌گذاری شده است.

از اخراج از دبیرستان تا استادی دانشگاه

ویلهلم کنراد رونتگن (Wilhelm Conrad Röntgen) در طول عمر ٤٠ ساله‌اش چنین پدیده عجیبی را مشاهده نکرده بود. او در سال ١٨٤٥ در شهر لنپ (Lennep) در آلمان به دنیا آمد. در کودکی هیچ علاقه و استعداد خاصی جز عشق به طبیعت و اشتیاق به ساختن ابزار مکانیکی از خود بروز نداد. به اتهام به همراه داشتن کاریکاتور یکی از معلمان از دبیرستان اخراج شد. در ۲۰ سالگی برای ورود به رشته فیزیک دانشگاه اوترخت (Utrecht) فاقد صلاحیت علمی شناخته شد. در نهایت با گذراندن درس‌های پیش‌نیاز به‌عنوان دانشجوی مهندسی مکانیک در دانشگاه پلی‌تکنیک زوریخ پذیرفته شد. تحت تأثیر استادش آدولف کلازیوس به مطالعه گازها علاقمند شد و در سال ١٨٦٩ دکترایش در فیزیک را با ارائه رساله‌اش در مورد «حالت گازها» با راهنمایی آگوست کونت از دانشگاه زوریخ دریافت کرد. ۱۹ سال بعد را در دانشگاه‌های مختلف مشغول به‌کار بود و به‌تدریج به‌عنوان دانشمندی برجسته اعتبار کسب کرد اما در خارج از دنیای علم آدمی ناشناخته بود. در سال ١٨٨٨ استاد و رئیس انستیتو فیزیک دانشگاه وورتسبورگ شد. هفت سال بعد همچنان که در همین موسسه اشتغال داشت آن روز هیجان‌انگیز فرارسید.

شَبَح کلید اسرارآمیز

در اواخر قرن نوزدهم بسیاری از فیزیکدانان به مطالعهٔ پرتوهایی علاقمند شده بودند که در سال ۱۸۶۹ توسط یوهان هیتورف کشف و هفت سال بعد توسط یوگن گلدشتین «پرتوهای کاتدی» نام‌گذاری شد. این پرتو زمانی تولید می‌شد که برق ولتاژ قوی بین دو الکترود که داخل لوله

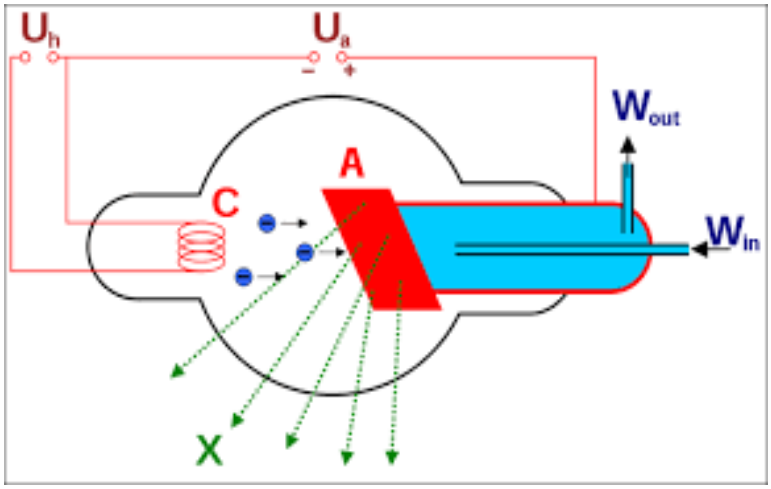
شیشه‌ای تقریباً خالی از هوا (لوله کروکس یا لامپ تخلیه) قرار داشت، برقرار می‌شد. لوله کروکس که در آن زمان بسیار مورد استفاده فیزیکدانان بود، شامل یک حباب شیشه‌ای بود که تقریباً هوای آن تخلیه کامل شده و دو الکترود به فاصله چند سانتیمتر از یکدیگر در آن قرار داشت. با برقراری اختلاف‌پتانسیل زیاد در حدود چندین هزار ولت بین الکترودها، اشعه کاتودیک از کاتد (قطب منفی) به‌طرف آنُد (قطب مثبت) جریان می‌یافت تا به جداره لوله اصابت نماید. خیلی زود معلوم شد که پرتو کاتدی در واقع جریانی از الکترون‌های با سرعت‌بالا و با بار منفی است.

در نوامبر سال ۱۸۹۵ رونتگن تحقیقاتی را در این زمینه در آزمایشگاهی که در زیرزمین خانه‌اش ساخته بود، آغاز کرد. در روز ۸ نوامبر (۱۸ آبان) او به طور اتفاقی متوجه شد که صفحه عکاسی

که در پوشش کاغذی سیاهی پیچیده شده و در کیف چرمی در انتهای کشوی میزش قرار داشت به طور اسرارآمیزی در معرض نور قرارگرفته و تصویر شبح‌گونه یک کلید بر روی آن نقش بسته است. معمای عجیبی بود. بلافاصله به جستجوی کشو پرداخت. تنها کلیدی که در کشو بود، کلید بزرگ سُربی درِ باغ بود که سال قبل به انتهای کشو انداخته بود. دقیقاً تصویر این کلید بود که روی صفحه عکاسی نقش بسته بود. او متوجه شد که کلید در خط مستقیم بین لوله کروکس که روی دیوار بود و صفحه عکاسی قرار داشت. اما کدام پرتو بود که از لوله کروکس خارج‌شده و توانسته بود از میز و کاغذ سیاه و چرم عبور کند و بر صفحه عکاسی اثر بگذارد؟ هرچه بود از کلید سُربی رد نشده بود و سایه سفید آن روی صفحه عکاسی نقش بسته بود.

اشعه مرموز در آزمایشگاه رونتگن

فرضیه رونتگن این بود که یک تابش نامرئی و ناشناخته از داخل لامپ تخلیه (لوله کروکس) باعث تأثیر بر صفحه عکاسی شده است. او می‌دانست که اشعه کاتدی نمی‌توانست علت باشد چون پرتوهای کاتدی قابلیت انتشار و رسوخ ندارند و چند سانتیمتر از هوا به سهولت آن را متوقف می‌کند. رونتگن برای آزمودن فرضیهٔ خود لوله کروکس را  با کاغذ سیاه ضخیمی کاملاً پوشاند تا




امکان خروج هیچ نوری از آن وجود نداشته باشد. آنگاه برای آنکه مؤثر بودن پوشش را بیازماید،

اتاق را تاریک و سیم‌پیچ پُر ولتاژ را روشن کرد تا لامپ به‌کار افتد. وقتی مطمئن شد پوشش سیاهی که ساخته است کاملا لامپ را می‌پوشاند و به هیچ نوری اجازه عبور نمی‌دهد، رفت که سیم‌پیچ را خاموش و چراغ‌های اتاق را روشن کند. اما در همان لحظه متوجه نور ضعیفی شد که از فاصله حدود یک متری زیر لامپ تخلیه می‌درخشید. نخست اندیشید شاید خطای دید باشد. وقتی بار دیگر مقداری الکتریسیته را به لامپ کاتدی تخلیه کرد، دید باز هم نوری که همچون ابرهای سبز محوی همگام با افت‌وخیز تخلیه‌های الکتریکی لامپ کاتدی حرکت می‌کرد، در همان نقطه ظاهر شد.  رونتگن با شتاب کبریتی روشن کرد و با شگفتی مشاهده کرد که منشأ آن نور مرموز صفحه فلوئورسان کوچکی بود که در یک متری لامپ بر روی میز قرار داشت. پرتو کاتدی نمی‌توانست چنین فاصله‌ای را طی کند پس رونتگن بلافاصله پی برد که پدیدهٔ کاملاً جدیدی را مشاهده کرده است.

کشف اشعه شَبَح‌ساز

رونتگن که هیجانی زائدالوصف داشت با تعطیل کردن تمام‌کارهای دیگرش همه‌وقتش را صرف شناخت این پرتو اسرارآمیز کرد. او با الهام از تصویر کلید سُربی می‌دانست که این پرتو قادر به عبور از سُرب نیست. یک روز وقتی مشغول قرار دادن یک قطعه سرب در مقابل لوله بود، حرکت شبح‌واری را روی صفحه فلوئورسان مشاهده کرد. وقتی متوجه شد که این شبح، جزئیات استخوان‌های دست و بازویش است که روی صفحه فلوئورسان دیده می‌شود، غرق حیرت و شگفتی شد. وقتی انگشتش را تکان داد طرح استخوان انگشت او هم که با نور سبز مشخص بود حرکت کرد. او اشعه جدیدی را کشف کرده بود. رونتگن شش هفته پس از آن را به بررسی این پرتو ناشناخته پرداخت و یافته‌های خود را در ۲۸ دسامبر ۱۸۹۵ در مقاله‌ای با عنوان «رساله‌ای مقدماتی دربارهٔ نوعی پرتو جدید» منتشر کرد. بااینکه رونتگن ویژگی‌های اساسی این پرتو جدید را در مقاله‌اش به‌دقت شرح داد اما به دلیل ناشناخته بودن ماهیت آن و همچنین به‌خاطر فروتنی ذاتی‌اش، آن را «اشعه ایکس» (پرتو مجهول) نامید که امروزه به «اشعه رونتگن» هم معروف

است.

کشفی که جهان را تکان داد

انتشار مقاله رونتگن بلافاصله هیجان فراوانی به وجود آورد و توجه محافل علمی را به خود جلب کرد. خبر کشف اشعه جدید عنوان اصلی تمام روزنامه‌های جهان را به خود اختصاص داد و رونتگن یک‌شبه به شهرت عالم‌گیر رسید. در تاریخ علم کمتر واقعه‌ای به‌اندازهٔ کشف رونتگن چنین تأثیر شگرفی داشته است. هنوز یک سال از انتشار مقالهٔ اولیه‌اش نگذشته بود که ٤٩ کتاب و رساله و بیش از هزار مقاله دربارهٔ پرتوهای ایکس منتشر شد. کشف رونتگن الهام‌بخش دانشمندان دیگر مانند هانری بکرل، ماری کوری، رادرفورد و ماکس پلانک شد تا با ادامه تحقیقات در مورد پرتوها و با کشف مواد رادیواکتیو و شناخت دقیق‌تر ساختار ماده زمینه را برای تولد فیزیک مدرن

فراهم کنند.

ایجاد اشعه ایکس آن‌قدر آسان بود که به‌زودی کاربرد عملی پیدا کرد. فقط چهار روز پس از رسیدن خبر کشف رونتگن به آمریکا، با استفاده از اشعه ایکس توانستند محل یک گلوله را در پای

مجروحی پیدا کنند. اشعه ایکس علاوه بر عکس‌برداری از اعضای داخلی بدن در زیست‌شناسی، ستاره‌شناسی، بلورشناسی و در عکس‌برداری از درون اشیای جامد و در محصولات صنعتی از قبیل لوله‌ها نیز کاربرد دارد. این اشعه به‌ویژه در مورد ساختار اتمی و مولکولی اطلاعات زیادی را برای دانشمندان فراهم کرده است.

اولین عکس اشعه ایکس

رونتگن نخستین عکس اشعه ایکس را از دست همسرش گرفت. آنا رونتگن با دیدن استخوان‌های شبح‌مانند دستش به خود لرزید و فکر کرد که اشعه ایکس به شیطان، اشباح و ارواح مربوط است

و دیگر اجازه نداد چنین عکسی از او گرفته شود.

روش تولید اشعه ایکس

اشعه ایکس نوعی از تابش الکترومغناطیسی با طول‌موج حدود ۰٫۱ تا ۱۰ نانومتر و انرژی بین ۱۰۰ تا ۱۰۰۰۰۰ الکترون‌ولت است که در لوله اشعه ایکس و به روش زیر تولید می‌شود:

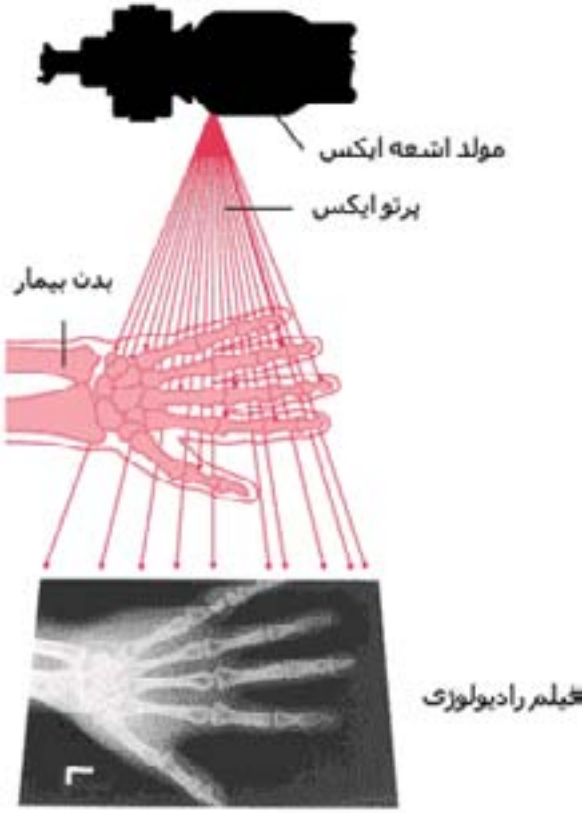
۱) هوای درون لوله باید به مقداری زیادی تخلیه شود.

۲) دو قطب الکتریکی در دو سر لوله تعبیه می‌کنند.

۳) یکی از قطب‌ها به جریان مثبت و آن دیگری به جریان منفی وصل می‌شود.

٤) الکترون‌ها میان دو قطب حرکت می‌کنند.

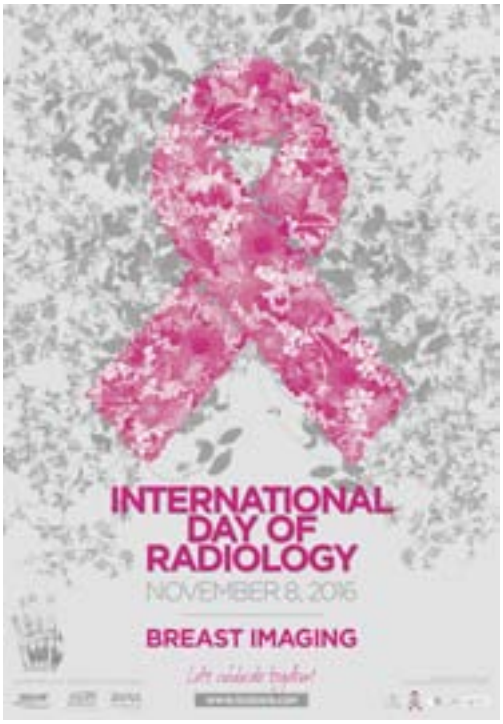
۵) بیشترین مقدار انرژی الکترون‌ها به گرما تبدیل می‌شود ولی بخشی هم به اشعه ایکس تبدیل




می‌شود.

روز جهانی رادیولوژی

استفاده از اشعه ایکس نخستین روش غیرمخربی بود که به پزشکان اجازه داد درون بدن انسان را ببینند. اشعه ایکس برای تشخیص‌های پزشکی و دندانپزشکی کاربرد دارد. همچنین از آن برای رادیوتراپی برای نابود کردن تومورهای خطرناک و یا متوقف کردن رشد آنها استفاده می‌شود. به دلیل کاربردهای وسیع اشعه ایکس در رادیوگرافی (پرتونگاری) و رادیولوژی (پرتوشناسی)، ۱۸




آبان روز کشف این اشعه را روز جهانی رادیولوژی نام‌گذاری شده است.

برای عکس‌برداری با اشعه ایکس قسمتی از بیمار را که قصد بررسی آن را دارند بر روی فیلم قرار می‌دهند و سپس به آن قسمت اشعه ایکس تابیده می‌شود. اشعه ایکس از پوست و عضلات عبور کرده و به صفحه حساس برخورد می‌کند. رنگ این قسمت‌ها بعد از ظاهر شدن سیاه دیده می‌شود.

عنصر رونتگنیم

اتحادیه بین‌المللی شیمی محض و کاربردی (IUPAC) در سال ۲۰۰۴عنصر ۱۱۱ جدول تناوبی را به‌افتخار رونتگن، رونتگنیم نام‌گذاری کرد.

دانشمند فروتن

رونتگن به‌حق یکی از مشهورترین دانشمندان عصر خود شد و اولین جایزه نوبل فیزیک به‌خاطر کشف اشعه ایکس در سال ۱۹۰۱ به او تعلق گرفت. آدمی کم‌حرف و فروتن بود و ترجیح می‌داد به تنهایی در زیرزمین خانه‌اش کار کند. وسایل و ابزارهای مورد نیاز را به‌دست خود می‌ساخت. عاشق طبیعت و کوهنوردی بود و سرانجام در سال ۱۹۲۳ در سن ۷۸ سالگی در اثر سرطان روده در مونیخ درگذشت.

# فیزیکدانی با اندیشه‌های فیلسوفانه

قرن بیستم میلادی شاهد دو انقلاب بزرگ در فیزیک بود: نظریه نسبیت و مکانیک کوانتومی. انقلاب اول را آلبرت اینشتین به تنهایی رقم زد اما دومی را جمعی از فیزیکدانان بزرگ به انجام رساندند. نطفه انقلاب کوانتومی توسط ماکس پلانک در آغاز قرن بیستم بسته شد. آن سال همچنین نطفه نوزاد دیگری شکل گرفت که بعدها به یکی از خالقان اصلی مکانیک کوانتومی بدل شد. امروزه همه او را با اصل عدم قطعیت می‌شناسند.

در اولین سال قرن بیستم (۱۹۰۱)، ورنر کارل هایزنبرگ در پنجم دسامبر (۱۵ آذر) در وورتسبورگ آلمان به دنیا آمد. پدرش آگوست، که در آن زمان معلم زبان یونانی در دبیرستان بود، با معرفی اندیشه‌های فیلسوف-دانشمندان یونانی، نقش مهمی در شکل‌گیری علایق علمی-فلسفی پسرش داشت و بعدها افکار هایزنبرگ بیشتر بازتاب تأملات یک فیلسوفِ طبیعت بود تا یک فیزیکدان صِرف. به همین علت بود که مارتین هایدگر، فیلسوف آلمانی، گفته بود که «هایزنبرگ به‌شیوه‌ای کاملا فیلسوفانه می‌اندیشد، و تنها به این سبب است که می‌تواند راه‌های تازه‌ای در طرح پرسش بگشاید.» پرسش‌هایی که تحولی اساسی در ادراک ما از طبیعت به وجود آورد.

شطرنج‌بازی و پیانونوازی با طعم ریاضی

او از کودکی مهارت زیادی در بازی شطرنج پیدا کرد و اغلب در کلاس درس، زیر میز، شطرنج بازی می‌کرد. از دوره دانش‌آموزی نوازندگی پیانو را آغاز کرد و در سیزده سالگی می‌توانست آثار بزرگان موسیقی را بنوازد و تا پایان عمر پیانیستی عالی باقی ماند. در دبیرستان استعداد فوق‌العادهٔ او در ریاضیات آشکار شد. حساب دیفرانسیل و انتگرال را با خودآموزی یاد گرفت و در هجده سالگی سعی کرد مقاله‌ای دربارهٔ نظریه اعداد منتشر کند. اما بلندپروازی او در ریاضیات چندان دوام نداشت.

سگ ترسناک ریاضیدان

بعد از اتمام دبیرستان و در یک دوره نقاهت طولانی پس از یک بیماریِ شدید، هایزنبرگ به کتابی برخورد کرد که سعی داشت نظریهٔ نسبیت را به زبان ریاضی بیان کند. مطالب کتاب، او را بسیار هیجان‌زده و در تصمیمش برای ادامهٔ تحصیل در ریاضیات مصمم‌تر کرد. پدرش، که حالا استاد زبان یونانی دانشگاه مونیخ بود، ترتیب ملاقات او را با یکی از اساتید ریاضی داد. به‌محض ورود هایزنبرگ به اتاق ریاضیدان پیر، سگ خپل و ترسناک او چنان واق واقی به راه انداخت که هایزنبرگ دستپاچه شد و نتوانست شیفتگی‌اش به ریاضیات را به خوبی بیان کند و وقتی از کتابی که اخیراً خوانده بود؛ صحبت کرد استاد مذکور گفتگو را با این عبارت پایان داد: «در این صورت شما اصلاً به درد ریاضیات نمی‌خورید.» آن استاد بر این باور بود که یک ریاضیدان جدی اصلاً نباید به علوم دیگر از جمله فیزیک علاقمند باشد!

نهضت جوانان و ورود به جهان اتم‌ها

هایزنبرگ در اتوبیوگرافی زیبا و جذابش ( با عنوان «جزء و کل» به فارسی ترجمه شده است)، به اولین گفتگویش در مورد اتم‌ها اشاره‌کرده و نوشته که در دوران نوجوانی‌اش، که مصادف با جنگ جهانی اول بود، آشوب‌های آن دوران پیله‌ای را که در روزگار آرامش، نوجوانان را در مدرسه و خانه در خود حبس می‌کرد از هم دریده و باعث شده بود که آنها به نوعی احساس آزادی دست یابند و در قالب نهضت جوانان موسوم به «پیشاهنگان جدید آلمان» در پرسه‌زنی‌های جمعی به آینده بیندیشند و از اظهارنظر و مباحثه دربارهٔ پیچیده‌ترین مسائل علمی و فلسفی باکی نداشته باشند. در یکی از این روزها بود که او برای نخستین بار با دوستانش وارد گفتگویی دربارهٔ جهان اتم‌ها شد که از آن پس در سراسر زندگی‌اش موضوع تحقیقات علمی او بود.

جاه‌طلبی علمی

آخرین جملهٔ آن پیرمرد ریاضیدان باعث شد هایزنبرگ به این نتیجه برسد که مرد میدان ریاضیات

نیست. پدرش به او توصیه کرد که این بار فیزیک را بیازماید و او را به یکی از دوستان دیرین خود در دانشگاه مونیخ، آرنولد زومرفلد، معرفی کرد. هایزنبرگ از مطالعاتش درباره نسبیت و علاقه‌اش به فیزیک اتمی، که در آن زمان نظریاتی نوظهور و دشوار به حساب می‌آمدند، صحبت کرد. زومرفلد که فیزیکدانی برجسته بود، از جاه‌طلبی علمی و بلندپروازی این جوان تعجب کرد و به او گفت: «شما بیش از اندازه سختگیر و بلندپروازید. نمی‌توان از مشکلترین قسمت فیزیک شروع کرد و انتظار داشت که بقیهٔ آن خودبه‌خود مثل میوهٔ رسیده توی دامن آدم بیفتد.» زومرفلد به او اجازه داد در درس فیزیک پیشرفته حضور یابد اما گذراندن دوره‌هایی در فیزیک مقدماتی را نیز به او توصیه کرد.

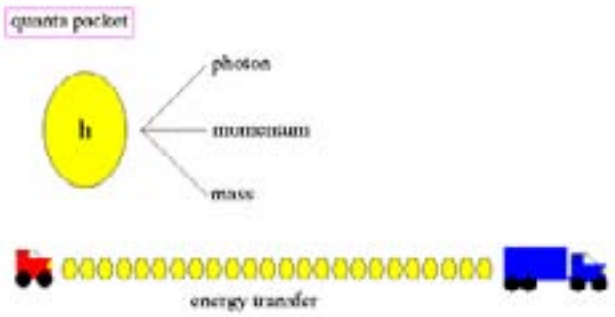
پیاده‌روی سرنوشت‌ساز

در نیمسال چهارم بود که زومرفلد، هایزنبرگ را برای یک سلسله سخنرانی‌های نیلس بور دربارهٔ نظریه اتمی به گوتینگن برد. در پایان سومین سخنرانی، هایزنبرگ نظری انتقادی مطرح کرد که توجه بور را جلب کرد به‌طوری‌که به او پیشنهاد کرد بعدازظهر در دامنه کوه باهم قدم بزنند و در مورد مسئله مذکور عمیق‌تر بیندیشند. بعدها هایزنبرگ دربارهٔ آن پیاده‌روی نوشت: «این گردش تاثیر عمیقی در زندگی علمی من داشت، یا شاید بهتر باشد بگویم دوران واقعی زندگی علمی من از آن بعدازظهر آغاز شد.» حدود یک سال بعد، او به موسسه بور در کپنهاگ رفت و دستیار ماکس بورن در دانشگاه گوتینگن شد. در همین دوران و در یک دوره نقاهت ناشی از تب یونجه در سال ۱۹۲۵، هایزنبرگ نخستین گام را برای حل مسائل اساسی نظریهٔ کوانتومی برداشت.

کُوانتوم

کوانتوم(quantum) در فیزیک، به معنای کمترین مقدار ممکن از یک کمیت شرکت‌کننده در یک اندرکنش است. به‌عبارت‌دیگر، به کمترین مقدار ممکن از یک کمیت، مقدار پایه و یا یک کوانتوم آن کمیت می‌گویند. یک کمیت کوانتیده تنها می‌تواند مقدارهایی گسسته، یعنی مضرب

صحیحی از کوانتوم آن کمیت را اختیار کند. برای نمونه، مقدار بار الکتریکی یک جسم که در اثر مالش باردار شده، همواره مضرب صحیحی از بار الکتریکی یک الکترون می‌باشد. هیچ‌گاه مقدار بار الکتریکی یک جسم ۳,۵ برابر بار الکتریکی یک الکترون نخواهد بود. در اینجا به مقدار بار الکتریکی یک الکترون، بار پایه و یا یک کوانتم بار می‌گویند و بار الکتریکی جسم نیز کمیتی




کوانتیده است.

تولد مکانیک جدید

وقتی هایزنبرگ نتیجه کارش را با دوستش، ولفگانگ پاولی، که منتقدی جدی و صریح بود، مطرح کرد با تشویق گرم او روبرو شد. در گوتینگن ماکس بورن و پاسکوال یوردان محاسبات او را ارزیابی کردند و در کمبریج پُل دیراک روش خاصی برای حل مشکلات ریاضی آن ابداع کرد. با همکاری متمرکز این افراد طی چند ماه یک چارچوب منسجم ریاضی به‌دست آمد که به نظر می‌رسید می‌تواند همهٔ جنبه‌های گوناگون فیزیک اتمی را در خود جای دهد. بدین‌ترتیب مکانیک ماتریسی برای توضیح پدیدارهای کوانتومی به ظهور رسید.

مکانیک کوانتومی

شاخه‌ای بنیادی از فیزیک نظری است که با پدیده‌های فیزیکی در مقیاس میکروسکوپی سر و کار دارد. بنیادی‌ترین تفاوت مکانیک کوانتومی با مکانیک کلاسیک در قلمرو کوانتومی است که

به ذرات در اندازه‌های اتمی و زیر اتمی می‌پردازد. مکانیک کوانتومی بنیادی‌تر از مکانیک نیوتنی و الکترومغناطیس کلاسیک است، زیرا در مقیاس‌های اتمی و زیراتمی که این نظریه‌ها با شکست مواجه می‌شوند، می‌تواند با دقت زیادی بسیاری از پدیده‌ها را توصیف کند. مکانیک کوانتومی به همراه نسبیت پایه‌های فیزیک جدید را تشکیل می‌دهند. پایه‌های مکانیک کوانتومی در نیمه اول قرن بیستم به‌وسیله ورنر هایزنبرگ، ماکس پلانک، آلبرت اینشتین، لویی دوبروی، نیلس بور، اروین شرودینگر، ماکس بورن، جان فون نویمان، پل دیراک، ولفگانگ پاولی و دیگران ساخته شد. بعضی از جنبه‌های بنیادی این نظریه هنوز هم در حال پیشرفت است.

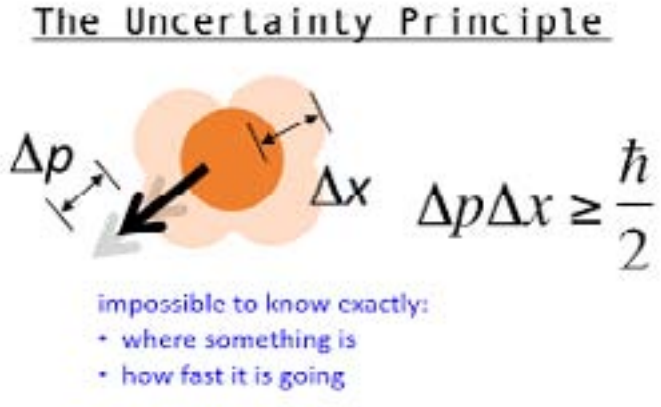
گام بزرگ هایزنبرگ

در سال ۱۹۰۰ پلانک کوانتوم‌های انرژی را معرفی کرد و نشان داد که انرژی ماهیتی ناپیوسته دارد و فقط ضرایب صحیحی از یک مقدار حداقل را می‌تواند بپذیرد. اینشتین در ۱۹۰۵ ایدهٔ کوانتوم‌های تابش یا فوتون‌ها را مطرح کرد و نیلس بور در ۱۹۱۳تصویری از ساختمان اتم ارائه کرد که در حالت‌های مانای کوانتیده وجود دارند.  پائولی این حالات مانا را با اعداد کوانتومی و اصل طرد خود معرفی کرد. بااین‌حال نیاز شدیدی به یک نظریه کلی وجود داشت که تمام این یافته‌ها را شامل شود. مکانیک ماتریسی هایزنبرگ اولین گام اطمینان‌بخش در این مسیر بود.

مدل اتمی بور نشان داد که طیف نشر خطی که از اتم عناصر گسیل می‌شود، بر اثر انتقال الکترون‌ها از سطوح انرژی بالا به سطوح انرژی پایین است، که در این انتقال انرژی الکترون کاهش می‌یابد و به‌صورت نور و گرما آزاد می‌شود.

کشف عدم قطعیت

در اواسط دهه بیست در رابطه با توصیف مسیر الکترون با استفاده از مکانیک ماتریسی مشکل وجود داشت و تعبیر فیزیکی مکانیک کوانتومی یکی از مباحث داغ فیزیکدانان بود. مسئله این بود که در جهان کوانتومی چه چیزی قابل مشاهده است و به‌عنوان مثال آیا آنچه در اتاقک ابر (نوعی محفظه برای آشکارسازی ذرات) مشاهده می‌شد واقعاً مسیر دقیق عبور الکترون را نشان می‌داد؟ هایزنبرگ در سال ۱۹۲۶ با الهام از این جملهٔ اینشتین که «نظریه حکم می‌کند که چه چیزی را می‌توان مشاهده کرد» به اصلی پی برد که براساس‌آن هرچه بر دقت تعیین مکان ذره افزوده شود از دقت اندازه‌گیری سرعت آن کاسته می‌شود و برعکس. براساس این اصل به جای یافتن یک ذره در مکانی مشخص فقط به مجموعه‌ای از احتمالات در مورد رفتار ذره در حال و آینده می‌توان




امید داشت. این یافته، که به اصل عدم قطعیت معروف است، مباحث فلسفی بسیاری را دربارهٔ ماهیت مشاهده، اندازه‌گیری و علیت سبب شد. هایزنبرگ در سال ۱۹۲۷، در ۲۵ سالگی، به‌عنوان جوان‌ترین استاد تمام در آلمان، به استادی فیزیک نظری در دانشگاه لایپزیک منصوب شد و

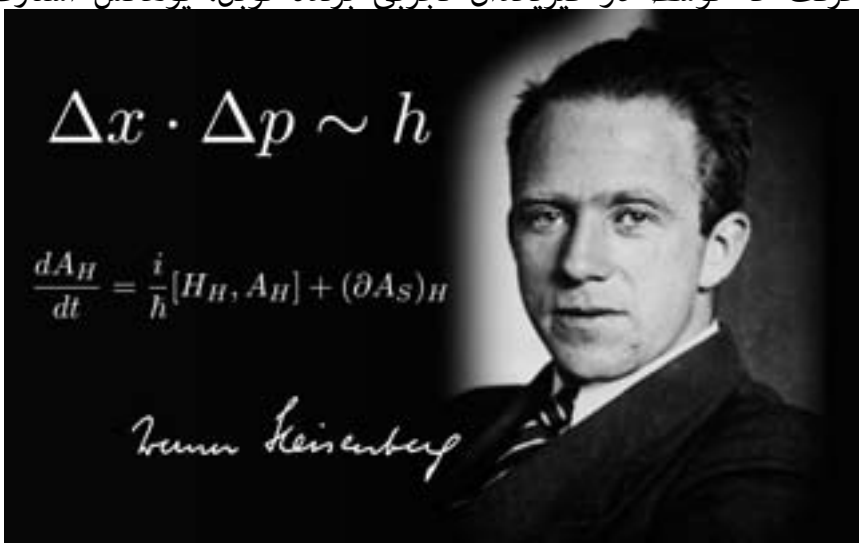
جایزه نوبل فیزیک سال ۱۹۳۲ به پاس مشارکت در ابداع مکانیک کوانتومی به وی اهداء شد.

اصل عدم قطعیت هایزنبرگ

هایزنبرگ نشان داد میزان خطا در اندازه‌گیری مکان ذره، ضرب در خطای اندازه‌گیری سرعت آن ، ضرب در جرم ذره، نمی‌تواند از عدد معینی که به ثابت پلانک معروف است کمتر شود. همچنین این حد، به راه و روش اندازه‌گیری مکان و سرعت ذره بستگی نداشته و مستقل از جرم ذره است.

فیزیک آریایی علیه هایزنبرگ

با به قدرت رسیدن نازی‌ها در ۱۹۳۳ بسیاری از دانشمندان، آلمان را ترک کردند. هایزنبرگ به توصیه پلانک در آلمان ماند اما  مورد حملهٔ نهضتی با عنوان «فیزیک آریایی» یا «فیزیک آلمانی» قرار گرفت که توسط دو فیزیکدان تجربی برنده نوبل، یوهانس اشتارک و فیلیپ لنارد،




ابداع شده بود. هدف آنان سرکوب کردن «فیزیک یهودیِ» نظریِ رایج از قبیل نسبیت و نظریه کوانتومی و ترویج یک فیزیک عینی با مبنای تجربیِ شفاف، به‌جای آنها بود. هدف اصلی آنان اینشتین بود که با به قدرت رسیدن هیتلر از آلمان رفت و حالا در سال ۱۹۳٦ آنها مبارزه علیه هایزنبرگ را به بهانه اینکه نظریات او تداوم همان «صورت‌گرایی یهودی اینشتین» است، تشدید کردند. سرانجام هایزنبرگ از این اتهامات تبرئه شد.

خطر هایزنبرگ و جاسوسی هسته‌ای

با شروع جنگ جهانی دوم در ۱۹۳۹ به هایزنبرگ دستور داده شد که به پروژه اورانیم که برای شکافت هسته‌ای تشکیل شده بود، ملحق شود. در سال ۱۹٤۱ پژوهش‌های هسته‌ای آلمان، احتمالاً یک سال جلوتر از تلاش‌های هسته‌ای انگلستان و آمریکا بود. اما برآورد دانشمندان آلمانی از مقدار اورانیم غنی‌شده مورد نیاز برای شکافت، نشانگر سال‌ها زمان و منابع فراوان بود و ازآنجاکه هیتلر توسعه مهماتی را که در شش ماه نتایج نویدبخشی نداشته باشد مجاز نمی‌دانست، ساخت بمب هسته‌ای عملاً امکان‌پذیر نبود. ولی آمریکایی‌ها با آگاهی از نقش کلیدی هایزنبرگ در آن پروژه، او را یک خطر بزرگ تشخیص دادند و یک جاسوس را برای بررسی وضعیت و ترور احتمالی او اعزام کردند که در نهایت از آن جان سالم به در برد.

معادلهٔ ناتمام

با پایان جنگ و شکست نازی‌ها، هایزنبرگ به مدیریت موسسه ماکس پلانک در گوتینگن منصوب شد و به بازسازی مؤسسات علمی آلمان یاری رساند. از اوایل دهه پنجاه تا آخر عمر سعی کرد یک معادلهٔ موج بنیادی را کشف کند که تمام فیزیک ذرات بنیادی را دربر گیرد اما در این راه توفیقی نداشت. در اواسط ۱۹۷۳ به سرطان مبتلا شد و در اول فوریهٔ سال ۱۹۷٦ در ۷٤ سالگی در مونیخ درگذشت.

# اکتشافات نجات‌بخش: از پاستوریزاسیون تا واکسیناسیون

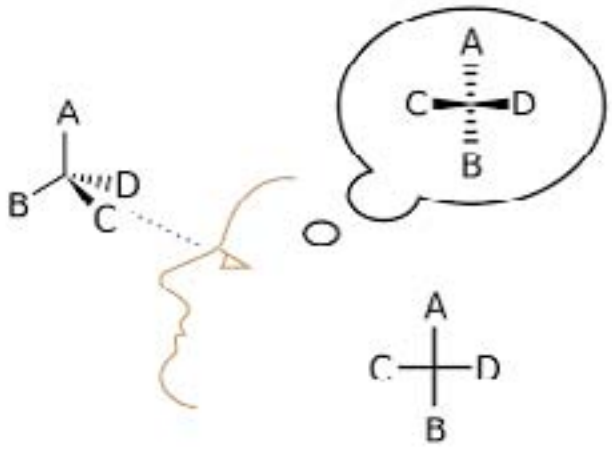
اگر امروزه غذای سالم در اختیار داریم که برای مدت‌ها قابل نگهداری است، اگر بیماری‌هایی مثل سیاه‌زخم، وبا و هاری ریشه‌کن شده است، اگر سلامتی و طول عمر انسان امروزی نسبت به دو قرن پیش افزایش چشمگیری داشته است، همهٔ این‌ها را تا حدود زیادی مدیون اکتشافات و ابداعات دانشمندی هستیم که به‌عنوان یکی از خدمتگزاران بشریت بسیاری از خیابان‌ها، میدان‌ها و مؤسسات علمی آموزشی در اقصی نقاط جهان به اسم او نام‌گذاری شده است.

لویی پاستور که در ۲۷ دسامبر (۷ دی) ۱۸۲۲ در شهر دول (Dole) فرانسه به دنیا آمد، فرزند سوم خانواده‌ای بود که زندگی ساده و فقیرانه‌ای داشتند و از طریق دباغی امرارمعاش می‌کردند. آنها با افراد عادی ارتباطی نداشتند اما از تماس و پذیرایی از افرادی که اندیشه والا و قلب رئوفی داشتند، خوشحال می‌شدند. از جمله دوستان آنها یک طبیب و یک فیلسوف بودند که هر دو شیفته کتاب و مطالعه بودند، اشتیاقی که به لویی کوچک نیز سرایت کرد. سومین دوست خانوادگی آنها رئیس کالجی بود که لویی ابتدا در آنجا تحصیل کرد. او اولین کسی بود که حدس می‌زد در وجود لویی پاستور شراره‌ای نهفته که آمادهٔ جهش است و نقش قاطعی در شکل‌گیری شخصیت او داشت. لویی در دوران تحصیلات مدرسه دانش‌آموزی متوسط بود و جز قریحهٔ نقاشی هیچ ابتکار یا توانایی استثنایی از خود نشان نداد اما پشتکارش قابل‌تحسین بود. نهایت آرزوی پدرش این بود که پسرش بتواند شغل آموزگاری را به‌دست آورد اما لویی کوچک رویاهای بزرگ‌تری در سر داشت.

اولین کشف بزرگ

لویی پاستور آرزو داشت وارد دانشسرای عالی پاریس شود اما در ۱۸٤۲ در آزمون ورودی مردود شد. اما به اتکای پشتکار عالی‌اش در ۱۸٤٤ موفق شد. در ۱۸٤٦ دستیار شیمیدان معروف آنتوان بالارد، یکی از کاشفان عنصر برم، شد. در این زمان بود که تحقیقاتش در مورد مسئله‌ای را آغاز کرد که مدت‌ها برای شیمیدانان به شکل معمایی حل نشده باقی مانده بود. در آن زمان

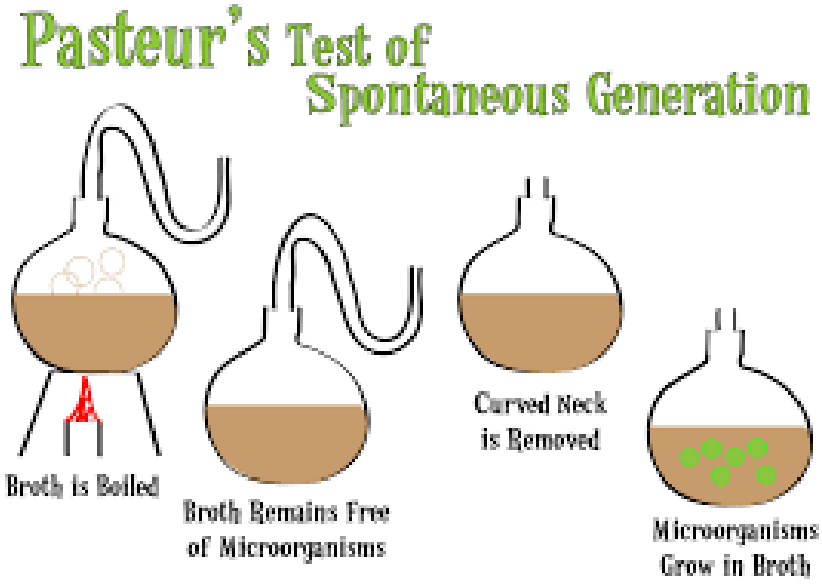
می‌دانستند که اسید تارتاریک و اسید راسمیک فرمول شیمیایی یکسانی دارند اما آنها اختلافی اساسی در تأثیر بر نور قطبیده داشتند. درحالی‌که اسید تارتاریک نور قطبی‌شده را به سمت راست منحرف می‌کرد اسید راسمیک هیچ انحرافی ایجاد نمی‌کرد. پاستور کشف کرد که در واقع دو نوع اسید تارتاریک وجود دارد که بااینکه فرمول شیمیایی آنها یکسان است اما ساختار فضایی آنها متفاوت و برعکس یکدیگر است. به‌طوری که اسید تارتاریک راست‌گرد نور قطبیده را به سمت راست و اسید تارتاریک چپ‌گرد آن را در جهت چپ منحرف می‌کرد و اسید راسمیک که دارای مقدار مساوی از آن دو بود تأثیری بر نور قطبیده نداشت. این کشف پاستور مبنای ایجاد استرئوشیمی (stereochemistery) یا شیمی فضایی یا سه بعدی شد که به بررسی و مطالعه ساختار فضایی اتم‌ها برای تشکیل مولکول می‌پردازد.




پاستور پس از دریافت دکترای علوم در ۲۶ سالگی، در سال ۱۸۴۸ به‌عنوان استاد شیمی در دانشگاه استراسبورگ انتخاب شد و یک سال بعد با ماری لورانت که دختر رئیس دانشگاه استراسبورگ بود، ازدواج کرد. همسر پاستور ضمن حمایت از فعالیت های علمی او، سرپرستی کارهای اداری و دفتری‌اش را بر عهده گرفت.

پاستوریزاسیون؛ معجزهٔ غذایی

پاستور پس از چند سال تدریس در دانشگاه‌های دیژون و استراسبورگ و تکمیل تحقیقات در مورد ساختار اسید تارتاریک، در سال ۱۸۵٤ به استادی و ریاست دانشگاه تازه تأسیس لیل (Lille) منصوب شد. پاستور علاقمند بود که علم خود را برای رفع مشکلات عملی جامعه به‌کار گیرد. لیل شهری صنعتی و برای این منظور مناسب بود. بنابراین وقتی پدر یکی از دانشجویانش که کارخانه شراب‌سازی داشت از او برای بررسی مشکل ترشیدن و خراب شدن مشروبات تقاضای کمک کرد، پذیرفت. این مشکلی بود که کل صنعت تولید مشروب و آبجو فرانسه را تهدید می‌کرد. از




قبل مشخص بود که الکل از تخمیر مواد قندی توسط مخمر آبجو به‌دست می‌آید. اما پاستور این سؤال را مطرح کرد که در انواع دیگر تخمیر وضع چگونه است؟ علت ترش‌شدن شراب، شیر و تند شدن کره چه بود؟ پاستور کشف کرد که در این موارد نیز مثل تخمیر الکلی موجودات زندهٔ ریز یا «میکرب» باعث ترش‌شدن شیر و تند شدن کره می‌شود. پاستور پی برد که میکرب‌های مزبور در اثر حرارت از بین می‌روند بنابراین کافی بود که شیر یا شراب را حرارت دهند تا از ترش شدن آنها جلوگیری شود. این روش را اولین بار اتریشی‌ها «پاستوریزاسیون» نامیدند. بدین‌ترتیب پاستوریزه‌کردن تحولی انقلابی در روش نگهداری مواد غذایی به وجود آورد.

فرایند پاستوریزاسیون

پاستوریزاسیون یا پاستوریزه‌کردن فرآیندی است که طی آن از طریق حرارت دادن میکرب‌های موجود در نوشیدنی‌ها و خوراکی‌ها از بین می‌رود. این روش را اولین بار لویی پاستور در سال ۱۸٦٤ ابداع کرد.  پاستوریزه‌کردن به‌ویژه در صنایع شیر و لبنیات، آب میوه و غذاهای کنسروی کاربرد زیادی دارد.

معمای منشأ فساد مواد غذایی

سؤال سخت‌تری که وجود داشت این بود که میکرب‌های داخل شیر یا مواد غذایی دیگر از کجا می‌آمد. آیا این موجودات به‌صورت خودبه‌خود در میان ماده تخمیر شده پیدا می‌شدند یا از محیط

بیرون به آنجا وارد می‌شدند؟ فرضیه اول که در آن زمان نظر غالب بود «تولید خودبخودی» یا «تکثیر بالذات» نام داشت که بر اساس آن ریزجانداران شرکت‌کننده در عمل تخمیر و فساد از خود مادهٔ بی‌جانِ در حال فساد ایجاد می‌شدند. پاستور که به‌خوبی می‌دانست که مخمر آبجو علت تخمیر الکلی می‌باشد و نه نتیجهٔ آن، فرض را بر آن گذاشت که در مورد شیر و شراب نیز باید میکرب‌هایی وجود داشته باشند که علت فساد و تخمیر هستند و نه تبدیلاتی که از خود این مواد

حاصل می‌شود. بر اساس این فرض تنها منشأ میکرب‌ها باید هوا و محیطی باشد که در مجاورت آنها واقع است. پاستور چندین سال این فرضیه را آزمود و در نهایت ثابت کرد که در هوا و محیط اطراف ما ریزجاندارانی زندگی می‌کنند که برخی از آنها عامل فساد مواد غذایی می‌باشند.

ناجی کرم ابریشم

در سال ۱۸٦۵ یک بیماری مسری در ابعادی وحشتناک صنعت کرم ابریشم را به نابودی می‌کشید. بحرانی بزرگ یکی از صنایع طراز اول فرانسه را در آستانه نابودی قرار داده بود. از پاستور درخواست شد که تحقیق در این مورد را بر عهده بگیرد. پاستور بااینکه در تمام عمرش یک کرم ابریشم را

لمس نکرده بود، پذیرفت. پاستور با اراده و پشتکار مثال زدنی‌اش، از ابتدا موضوع را مورد مطالعه و آزمایش قرار داد. در آن سال‌ها بود که دو دخترش به فاصله حدود یک سال در اثر بیماری تیفوئید فوت کردند. او علیرغم تمام غم‌های شخصی‌اش با تمام توان به تحقیقاتش ادامه داد و بعد از ۵ سال تلاش مداوم توانست ماهیت بیماری و روش سرایت آن را کشف کند و روشی برای پرورش کرم‌های سالم ارائه کند. به این طریق او ناجی صنایع ابریشم‌سازی فرانسه گردید.

واکسیناسیون؛ معجزهٔ پزشکی

تشخیص میکرب‌ها به‌عنوان عامل فساد مواد غذایی سرنخی برای درمان برخی بیماری‌ها به‌دست داد. پاستور دو نوع بیماری مسری حیوانات را که موجب خسارات بی‌شماری برای دامداران شده

بود مورد مطالعه قرار داد: وبای مرغی و تب‌طحال گوسفند. این دومی قابل سرایت به انسان بود و در این صورت سیاه‌زخم نامیده می‌شد. پاستور با الهام از تحقیقات ادوارد جنر، پزشک انگلیسی، که در اواخر قرن هجدهم واکسنی برای آبله کشف کرده بود، دریافت که تزریق میکرب ضعیف شده  این بیماری‌ها باعث مصونیت در برابر آن بیماری می‌شود. پاستور با این کشف توانست واکسن وبای مرغی، طب‌طحال و تب‌خوک را تهیه و دامداران را از ضررهای مالی فراوان نجات دهد. روش واکسیناسیون  انقلابی بزرگ را در پیشگیری از بیماری‌های مهلک انسانی رقم زد.

ضیافت شاهانه برای دانشمند ناجی

در سال ۱۸٦٥ بیماری وبا فرانسه را فراگرفت و روزانه ۲۰۰ نفر در پاریس قربانی می‌گرفت. سی سال پیش از آن تاریخ در یک همه‌گیری بزرگ وبا، یک میلیون نفر جان باخته بودند. احتمال تکرار آن فاجعه همه را به وحشت انداخته بود. پاستور و همکارانش با تلاش شبانه‌روزی در طی یک سال توانستند با کشف واکسن وبا جان هزاران نفر را از مرگ حتمی نجات دهند. این کشف

باعث شد که ناپلئون سوم، که شخصی علم‌دوست بود، پاستور را به کاخش دعوت کند و ضیافت بزرگی را به افتخار او ترتیب دهد.

مبارزهٔ بزرگ

اما بزرگ‌ترین مأموریت پاستور رفتن به جنگ بیماری‌ای بود که در طول قرن‌ها همواره موجب ترس و وحشت بشر بود. این بیماری «هاری» نام داشت که با گزیده شدن توسط سگ هار، انسان را مبتلا کرده و می‌کشت. نبوغ و فداکاری ذاتی، پاستور را برمی‌انگیخت تا در ظلمتی که از قرن‌ها پیش این بیماری را در برگرفته بود، نفوذ کند. او تحقیقاتش را در سال ۱۸۸۰ روی دو سگ مبتلا به هاری آغاز کرد. او پس از چهار سال کار مداوم با واکسنی که کشف کرد توانست مصونیت از هاری را در سگ‌ها افزایش دهد اما آزمایش آن روی انسان مسئله دیگری بود. او حاضر بود در صورت نبودن داوطلب، واکسن را روی خود امتحان کند تا اینکه در سال ۱۸۸۵ کودکی نه ساله

به نام جوزف مایستر را که توسط سگ هار گزیده شده و در آستانه مرگ بود به آزمایشگاه او آوردند. پاستور بین امیدها و ترس‌هایش گرفتار شده بود. سرانجام پس از مشورت با همکارانش تزریق واکسن انجام شد. در این مبارزهٔ جان‌فرسا پاستور پیروز شد. جوزف مایستر زنده ماند و واکسن هاری جان میلیون‌ها نفر را در سراسر جهان از مرگ نجات داد. پس از این کشف بزرگ بود که «انستیتو پاستور» به‌عنوان موسسه درمان هاری و با کمک‌های افراد خیر از سراسر جهان در پاریس تأسیس شد و پاستور تا زمان مرگش در ۲۸ سپتامبر ۱۸۹۵ ریاست آن را بر عهده داشت.

تعظیم در برابر راز جهان

پاستور یک شیمیدان بود و نه پزشک. به همین دلیل تحقیقات او در مورد بیماری‌ها همواره با تمسخر و انتقاد بسیاری از پزشکان، که به طعنه او را «پیامبر میکرب» می‌نامیدند، مواجه می‌شد اما او معتقد بود که «دانشمند باید نگران حرف‌های مردم در یک قرن بعد از خود باشد نه نگران بدگویی‌ها یا تمجیدهای عصر خود» و صد سال بعد و تا امروز این اوست که همواره مورد احترام و ستایش جهانیان بوده است. بسیاری از معاصرانش، کشفیات متعدد پاستور را به خوش‌شانسی او نسبت می‌دادند اما او معتقد بود که «شانس فقط به سراغ ذهن‌های آماده می‌آید.» پاستور

هرگز حاضر نشد از کاربرد تحقیقات خودش سودی ببرد. معتقد بود که سعی در استفاده مادی از کشفیاتش، تمرکز فکر او روی تحقیقاتش را مختل خواهد ساخت. او حاضر نبود آزادی‌اش برای تحقیقات علمی را با هیچ منفعت مادی عوض کند و از طرفی معتقد بود که هرگونه فعالیت فردی را باید به منافع عمومی پیوند زند. او که به ابدیت یقین داشت در مقابل راز جهان سر تعظیم فرود می‌آورد و در وجودش نیازی داشت که همواره از کمال مطلوب فراتر رود. هر روز شجاعانه به‌کارش می‌پرداخت و دوست داشت عبارتی را تکرار کند که از نظر او سازندهٔ انسان‌های ماندگار و ملت‌های بزرگ بود: باید بیشتر تلاش کنیم.

پس از کشف واکسن هاری توسط پاستور در سال ۱۸۸۵ و آزمایش موفقیت‌آمیز آن روی انسان، در سال ۱۸۸۸ موسسه انستیتو پاستور برای مطالعه و درمان هاری با کمک‌های داخلی و خارجی در پاریس تأسیس شد. پاستور تا زمان فوتش در ۱۸۹۵ رئیس این انستیتو بود. پیکر پاستور در زیرزمین این موسسه به خاک سپرده شده است.

# دانشمندی که نیروها و فیزیکدانان را وحدت بخشید

در یک قرن اخیر، وحدت‌بخشی نیروهای بنیادی طبیعت یکی از بزرگ‌ترین رویاهای فیزیکدانان بوده است. اینشتین سی سال آخر عمر خود را صرف چنین هدفی کرد و ناکام ماند. در دهۀ هفتاد میلادی سه فیزیکدان نظری موفق شدند با ترکیب دو نیرو از چهار نیروی بنیادی گام مهمی در جهت تحقق آن رویای بزرگ بردارند. محمد عبدالسلام، دانشمند پاکستانی، یکی از سه دانشمند ارائه‌کننده نظریه الکتروضعیف و اولین دانشمند مسلمانی بود که جایزه نوبل فیزیک را دریافت کرد. عبدالسلام خدمات ارزشمندی نیز برای پیشرفت و توسعه علمی کشورهای جهان سوم انجام داد.

محمد عبدالسلام در ۲۹ ژانویه ۱۹۲٦(نهم بهمن ۱۳۰٤) در روستای ژانگ در نزدیکی لاهور که بخشی از هند تحت اشغال انگلیس بود و اکنـون جزء پاکستان است، متـولد شد. پدرش کارمند آموزش‌وپرورش و مسئول آموزش در یک مجتمع کشاورزی و مادرش خانه‌دار بود. استعداد او خیلی زود آشکار شد به‌طوری که در ١٤ سالگی در آزمون ورودی دانشگاه پنجاب لاهور بالاترین نمرۀ تاریخ آزمون‌های آن دانشگاه را کسب کرد.

شکوفایی نبوغ

نخستین تحقیقش را در ١٦ سالگی انجام داد که در نشریه ریاضی منتشر شد. در ۲۰ سالگی کارشناسی ارشد خود را در رشته ریاضی از دانشگاه پنجاب دریافت کرد و موفق به اخذ بورس تحصیلی از دانشگاه کمبریج شد. در سال ١٩٤٩ کارشناسی ارشد ریاضی و فیزیک را با رتبه اول از دانشگاه کمبریج کسب کرد. یک سال بعد جایزه اسمیت برای بهترین تحقیق پیش‌دکترا در فیزیک از طرف دانشگاه کمبریج به او اعطا شد. در سال ۱۹۵۱ با انتشار رساله خود در الکترودینامیک کوانتومی موفق به دریافت دکترای خود در فیزیک نظری از آزمایشگاه کاوندیش در کمبریج شد. کیفیت عالی رساله او جایزه آدامز را برای او به ارمغان آورد.  در طول دوره دکترایش توانست با حل مسئله بازبهنجارسازی نظریه مزون توجه فیزیکدانان بزرگی چون رابرت اوپنهایمر و پل

دیراک را به خود جلب کند.

از دانشگاه لاهور تا کالج سلطنتی لندن

با دریافت دکترا به‌عنوان استاد ریاضی دانشگاه لاهور به پاکستان بازگشت و یک سال بعد به استادی و ریاست دانشکده ریاضی دانشگاه پنجاب منصوب شد و تلاش کرد در آنجا مرکزی پژوهشی برای فیزیک نظری تأسیس کند. به دلیل ناکافی بودن امکانات در پاکستان و برخی اختلافات مذهبی موجود در این کشور، عبدالسلام که امکان تحقیق و ایجاد مرکز پژوهشی را نمی‌دید در سال ۱۹۵٤ به‌عنوان دانشیار کالج سنت جان به کمبریج بازگشت. در ۱۹۵۷ برای تأسیس گروه فیزیک نظری به کالج سلطنتی لندن دعوت شد و یکی از قوی‌ترین گروه‌های فیزیک نظری را در آنجا تشکیل داد.

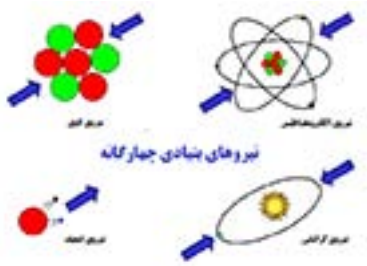
Theoretical Physics Group 1964
Front Row: Muneer Rashid, John Charap, Tom Kibble, Abdus Salam, Paul Matthews, Mavis Avis, Ray Streater, Arif-uz-Zaman, Ron King
Back Row: Ansarudin Sayed, Yahya Khan, Shaun Dunne, Jimmy Boyce, Ghulam Murtaza, Ian Bond, unknown,
Ray Rivers, Ian Yamanaka, Ian Poston, Sarwar Razmi, John Strathdee, Ian Ketley, Kamaluddin Ahmad, Dick Roberts
(Blackett Laboratory Photographic Section)

وحدت بخشی فیزیکدانان

عبدالسلام همواره دل‌مشغول توسعه علم در کشورهای جهان سوم بود. او از عقب‌ماندگی علمی کشورهای جهان سوم عذاب می‌کشید و همیشه دغدغه جبران این عقب‌ماندگی را داشت. در این راستا او پس از تلاش و پیگیری فراوان توانست مرکز بین‌المللی فیزیک نظری (ICTP) را با هدف حمایت از تحقیقات فیزیکدانان کشورهای در حال توسعه در تریست ایتالیا تأسیس کند. فیزیکدانان کشورهای در حال توسعه در این مرکز گرد هم می‌آمدند و با یکدیگر و سایر فیزیکدانان به تبادل نظر می‌پرداختند. عبدالسلام تا پایان عمر مدیریت آن را بر عهده داشت. این مرکز تأثیر تعیین‌کننده‌ای در پیشرفت فیزیک نظری در کشورهای در حال توسعه داشته است.

نیروهای بنیادین

بر اساس دانش کنونی چهار نیروی بنیادی شامل الکترومغناطیس، گرانش، نیروی هسته‌ای قوی و ضعیف تمام پدیدارهای طبیعی را شکل می‌دهند. نیروی الکترومغناطیس الکترون را دور هسته نگه می‌دارد و عامل پیوندهای اتم‌ها و مولکول‌ها به یکدیگر و قوام‌بخش مواد است. گرانش در




اجرام بزرگ نمود دارد و مثلاً باعث حفظ زمین در گردش به دور خورشید است. گرانش عامل سقوط سیب افسانه‌ای بود که از درخت در کنار نیوتن افتاد اما نیروی الکترومغناطیس عاملی است که مانع فرورفتن سیب در زمین می‌شود. نیروی قوی هسته‌ای پروتون‌ها و نوترون‌ها را در هسته

اتم کنار هم محکم نگه می‌دارد و انسجام هسته را تضمین می‌کند. نیروی ضعیف هسته‌ای باعث تلاشی نوترون‌ها و علت واپاشی رادیواکتیو است.

نیروی قوی هسته‌ای

این نیرو که در حدود صد بار نیرومندتر از الکترومغناطیس می‌باشد، می‌تواند هسته‌هایی با یک صد پروتون را به هم بسته نگه دارد. مثال برجسته‌تری از شدت کنش‌های متقابل قوی، آن است که یک واکنش هسته‌ای به ازای هر اتم یک میلیون مرتبه بیشتر از یک واکنش شیمیایی انرژی رها می‌سازد.

نیروی ضعیف هسته‌ای

کنش‌های متقابل ضعیف هم‌زمان با کشف رادیواکتیویته در سال ۱۸۹٦ مشاهده شدند. زیرا که اشعه بکرل محصول استحالهٔ هسته‌ای بود که «تلاشی بتا» نام دارد. نیروی ضعیف نوترون‌ها و پروتون‌ها را از هم می‌گسلد و سبب می‌شود که هستهٔ یک عنصر اتمی با تلاشی بتا به عنصر دیگری تبدیل شود. کنش متقابل ضعیف در حقیقت نخستین مرحله اصلی در واکنش‌هایی به شمار می‌رود که گرمای خورشید را تأمین می‌کنند.

مقایسه شدت نیروهای بنیادین

اگر شدت نیروی قوی هسته‌ای را برحسب واحدی برابر با یک اختیار کنیم، قدرت نسبی این چهار نیرو، از ضعیف به قوی، به ترتیب زیر خواهد بود:

۱ـ گرانشی: شدت در حدود

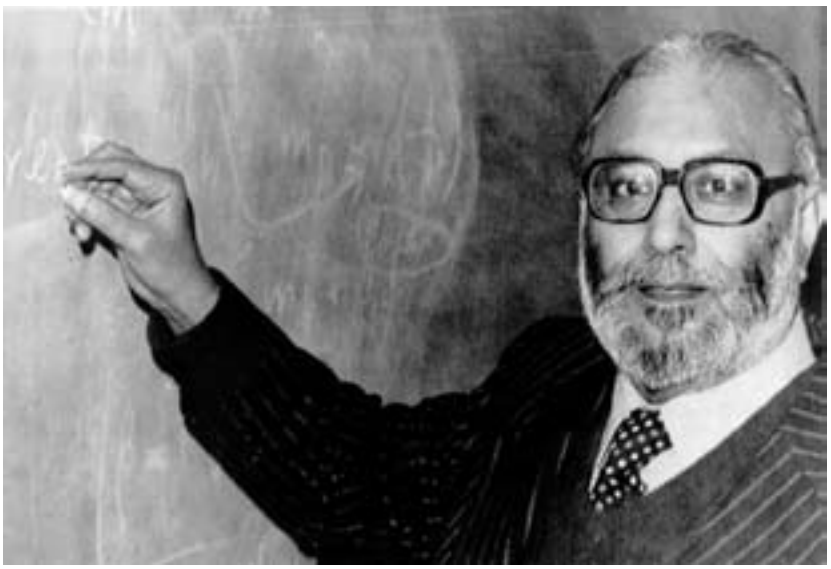
۲ـ ضعیف هسته‌ای: شدت در حدود

۳ـ الکترومغناطیسی: شدت در حدود

٤ـ قوی هسته‌ای: شدت برابر با ۱

نظریه وحدت‌بخش

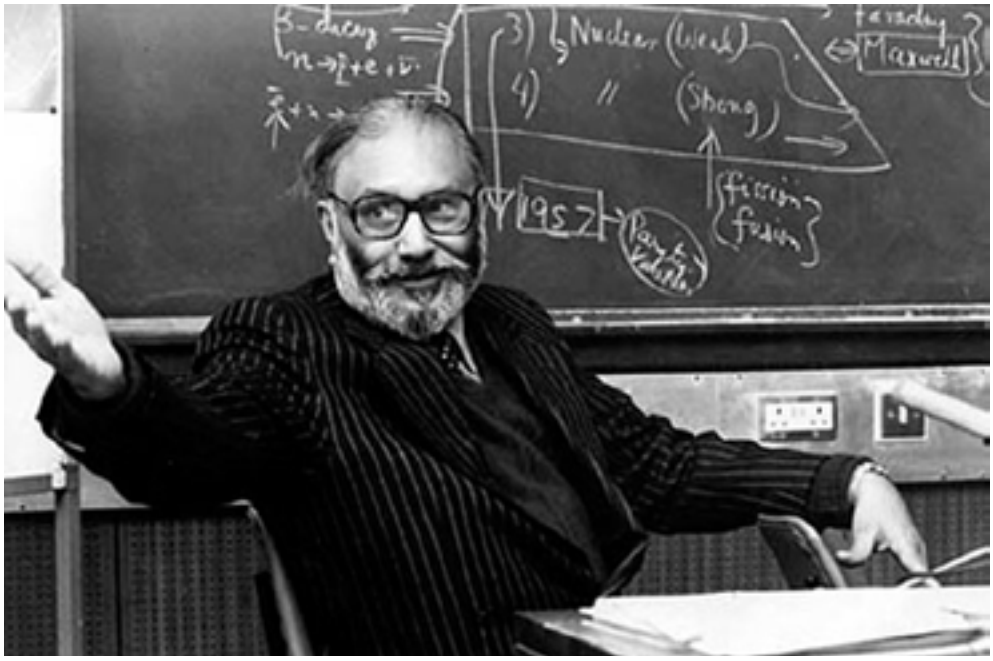
تا اواسط قرن نوزدهم تصور می‌شد که الکتریسیته و مغناطیس دو نیروی متمایز هستند اما در سال ۱۸٦٤ جیمز کلارک ماکسول نشان داد که این دو نیرو در واقع ابعاد مختلف یک نیروی واحد یعنی الکترومغناطیس هستند. اینشتین همواره کار نبوغ‌آمیز ماکسول را به‌عنوان الگویی موفق برای تلفیق نیروها می‌ستود و سی سال آخر عمر خود را برای کشف فرمولی وحدت‌بخش برای نیروهای الکترومغناطیس و گرانش صرف کرد اما شکست خورد. کشف نیروهای هسته‌ای قوی و ضعیف و ابعاد ناشناختهٔ آنها نشان داد که تحقق رویای وحدت‌بخشی نیروهای بنیادی چقدر می‌تواند دشوار باشد.



کشف نیروی جدید

صد سال بعد از موفقیت ماکسول در وحدت‌بخشی نیروی الکتریکی و مغناطیسی سه دانشمند به طور مستقل توانستند گام بزرگ بعدی را در تلفیق نیروهای بنیادی بردارند: شلدون گلاشو، استیون واینبرگ و محمد عبدالسلام. آنها توانستند بین نیروی الکترومغناطیس و نیروی ضعیف هسته‌ای وحدت ایجاد نمایند و وجود ذرات جدید W و Z را پیش‌بینی کنند. جایزه نوبل فیزیک

سال ۱۹۷۹ به همین دلیل به آنان اعطا شد. عبدالسلام این نیروی جدید را نیروی الکتروضعیف (electroweak) نامید. اگرچه دو نیروی الکترومغناطیسی و هسته‌ای ضعیف در انرژی‌های پایین کاملاً متفاوت رفتار می‌کنند، اما در انرژی‌هایی با گستره ۱۰۰ گیگا الکترون‌ولت وحدت می‌یابند. بنابراین زمانی که جهان به حد کافی داغ باشد (تقریباً ۱۰۱۵ درجه کلوین، مانند مدت‌زمان کوتاهی پس از انفجار بزرگ)، این دو نیرو در جهان به یک شکل بوده و به‌عنوان نیروی الکتروضعیف عمل می‌نمایند.




گام بزرگ به‌سوی نظریهٔ همه‌چیز

چه چیزی عامل تأثیر نیروهاست؟ چگونه نیروی الکترومغناطیسی در سراسر فضا تأثیر می‌کند؟ بر اساس مکانیک کوانتومی نیروها توسط ذرات حامل منتقل می‌شوند. فوتون‌ها حامل نیروی الکترومغناطیسی هستند. گلوئون‌ها حامل نیروی هسته‌ای قوی و گراویتون‌ها حامل نیروی گرانش هستند. بوزون‌های w و z که توسط عبدالسلام و دو نفر دیگر پیش‌بینی شد ذرات حامل نیروی ضعیف هسته‌ای هستند. در سال ۱۹۸۳ در مرکز تحقیقات اتمی سوئیس (CERN)

این پیش‌بینی مورد آزمون قرار گرفت. در این آزمایش پروتون‌ها به وسیلهٔ ضدپروتون‌ها مورد بمباران قرار گرفتند و در ذرات شکافته شده، بوزون‌های W و Z مشاهده شد و پیش‌بینی نظریه الکتروضعیف به طور قطعی تأیید گردید. این نظریه اولین گام بزرگ در مسیر وحدت‌بخشی به نیروهای بنیادی و دستیابی به «نظریه همه‌چیز» بود.

برخی دستاوردهای علمی عبدالسلام

_ نظریه دوگانگی نوترینو و پیش‌بینی نقض اجتناب‌ناپذیر پاریته در برهم‌کنش ضعیف

_ وحدت پیمانه‌ای برهم‌کنش الکترومغناطیسی و هسته‌ای ضعیف (الکتروضعیف)

_ پیش‌بینی وجود ذرات W و Z

_ خصوصیات تقارنی ذرات بنیادی، تقارن یکانی

_ نرمالیزه کردن مجدد تئوری فرون‌ها

_ارائه مدل سلام-پتی (pati-salam model) و فرمولاسیون عملی ابر فضا و ابر میدان

_ تئوری سوپر منی فولدها (supermanifolds) به‌عنوان هندسهٔ چارچوب برای درک ابرتقارن

_ایجاد ابرهندسه به‌عنوان پایهٔ هندسی ابرتقارن

_پیش‌بینی فوتون‌های هندسی

رویای توسعه علمی جهان سوم

عبدالسلام در سال ۱۹۸۳ «فرهنگستان علوم جهان سوم» را تأسیس کرد که هدف آن شناسایی و حمایت از دانشوران کشورهای در حال توسعه و کمک به کاهش مشکلات آنان بود. او همچنین در سال ۱۹۸۸ «شبکه سازمان‌های علمی کشورهای جهان سوم» را با هدف گرد هم آوردن سیاستگذاران عرصه دانش و فناوری تشکیل داد، به این امید که با تعامل افکار بتوانند راه‌حل‌هایی مناسب برای توسعه بومی دانش و فناوری بیابند. او به توسعه و ترویج علم در کشورهای در حال توسعه بسیار تاکید داشت و در این زمینه گفته بود: «کشورهای در حال توسعه باید بدانند که

مردان و زنان دانشمند سرمایه‌های گران‌بهایی هستند. آنها باید فرصت‌ها و مسئولیت‌هایی را برای پیشرفت‌های علمی و فنی کشورهایشان، در نظر بگیرند. هدف این کشورها باید آن باشد که تعداد دانشمندان خود را افزایش دهند زیرا دنیا به دو قسمت تقسیم شده است. قسمتی که از دانش و فناوری برخوردارند و قسمت دیگر که از آن بی‌بهره‌اند. وظیفه ما آن است که این بی‌عدالتی را جبران کنیم.» عبدالسلام خدمات زیادی نیز برای توسعه علمی کشورش، پاکستان، انجام داد. او از پیروان فرقه احمدیه بود. در سال ۱۹۷٤ مجلس پاکستان قانوني تصويب كرد كه طي آن احمديه، فرقه‌ای کافر شناخته شد. عبدالسلام به نشانه اعتراض پاکستان را ترک کرد. سرانجام هم در ۲۱ نوامبر سال ۱۹۹۶ در سن ۷۰ سالگي در انگليس درگذشت و با انتقال پيكرش، در پاکستان دفن شد.

# کشیشی که مرکز جهان را جابجا کرد

نظریات علمی، عموماً، در بدو پیدایش خود برآمده از شعور متعارف و همگانی هستند. شعور متعارف ما، زمین را ساکن و خورشید و ستارگان را در حال چرخش بر گرد آن ادراک می‌کند. این برداشت مبنای نظریهٔ زمین‌مرکزی بود که به مدت قریب به دو هزار سال، نظر غالب میان منجمان بود تا اینکه در قرن شانزدهم میلادی نیکلاس کپرنیک نشان داد که برخلاف شعور عادی ما، این زمین است که به دور خود و خورشید می‌گردد.

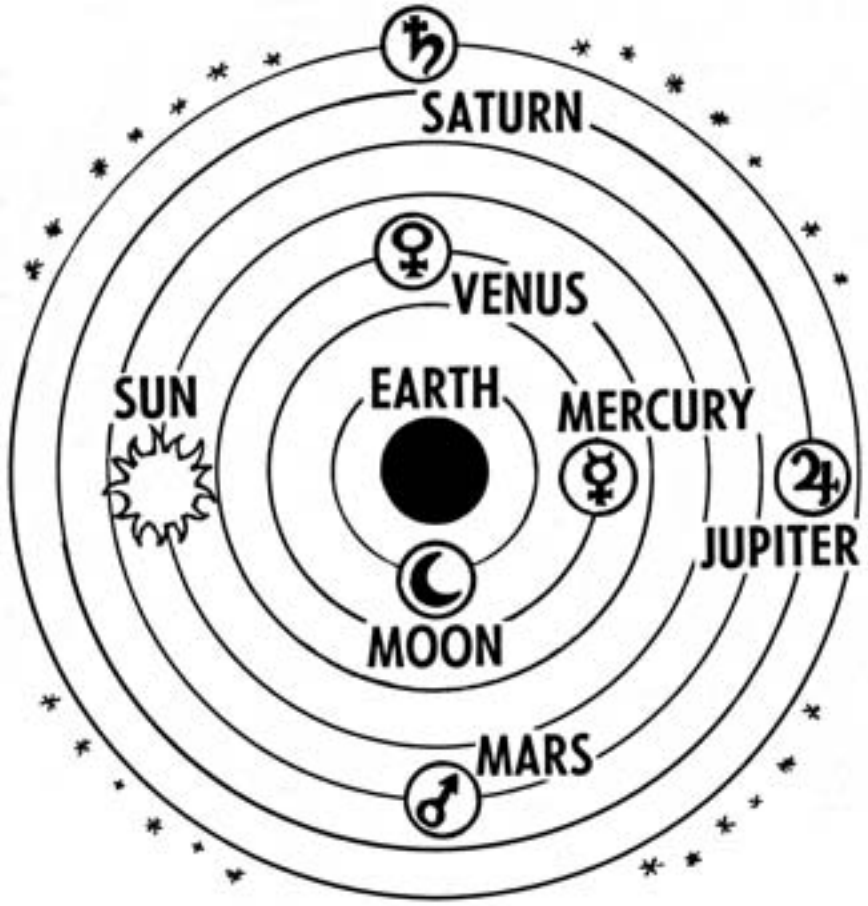
قرون‌وسطی، دوره افول و رکود تفکر، دانش و فرهنگ در اروپا، مقارن با شکوفایی علمی و فرهنگی در تمدن اسلامی بود. دانشمندان مسلمان با ترجمه و حراست از علوم یونانی و انتقال آن به اروپا در شکل‌گیری علم جدید نقشی تعیین‌کننده ایفا کردند. در اواخر قرن پانزدهم آنگاه که اروپا تحت تأثیر دانش منتقل‌شده از تمدن اسلامی و سایر تحولات مهم دیگر، در حال خروج از عصر تاریکی بود، کپرنیک پا به دنیا گذاشت.

کشیش، پزشک، منجم

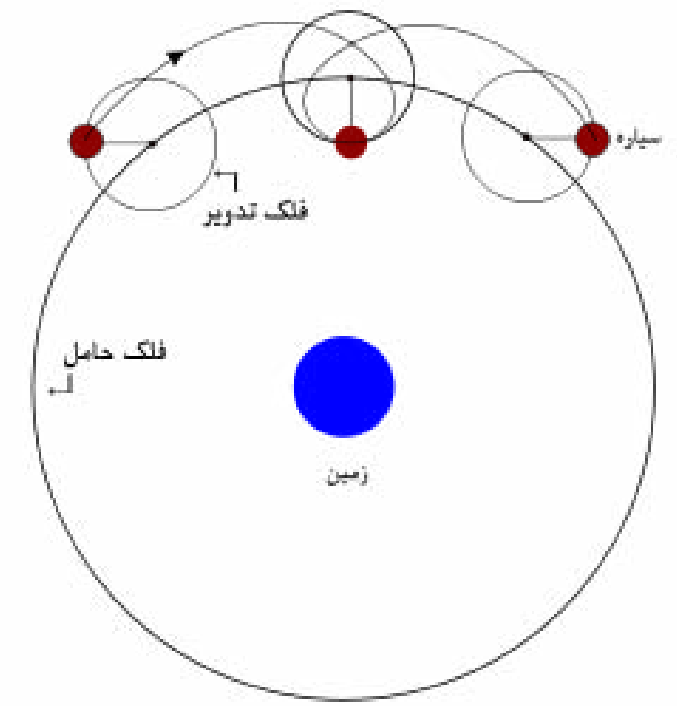
نیکلاس کپرنیک در نوزدهم فوریه (اول اسفند) ۱۴۷۳ در شهر تورن در لهستان از پدری تاجر، قاضی و بانکدار و مادری که دختر یک تاجر ثروتمند بود، به دنیا آمد. چنانچه مرسوم بود در مدرسه‌ای مذهبی به آموختنِ خواندن و نوشتن، آواز، نقاشی و ریاضیات پرداخت بود. در ده سالگی پدر خود را از دست داد و دایی ثروتمندش که اسقف کلیسای کاتولیک بود، قیم خانواده آنها شد. در ۱۴۹۱ وارد دانشگاه کراکو در لهستان شد. دایی‌اش تمایل داشت که او حقوق شرع بخواند اما او در کلاس‌های لاتین و یونانی شرکت کرد و نجوم و ریاضیات خواند. دو سال بعد درخواست دایی‌اش را اجابت کرد و در دانشگاه بولونیا در ایتالیا حقوق شرع خواند و در کنار آن به مطالعه ستاره‌شناسی و ریاضیات نیز پرداخت. به دلیل نیاز کلیسا به پزشک، در دانشگاه پادوا به تحصیل پزشکی پرداخت. پس از سه سال، تحصیل در قانون شرع را در دانشگاه فرارا ادامه داد و در سال ۱۵۰۳ برای خدمت در کلیسا به لهستان بازگشت.

غول بطلمیوسی

کپرنیک در دانشگاه کراکو با نظریه زمین‌مرکزی بطلمیوس و آرای نوین نجومی از جمله نظریات منجمان مسلمان آشنا شد. ارسطو در قرن چهارم پیش از میلاد معتقد بود که اجرام آسمانی دور زمین می‌چرخند و زمین مرکز عالم است. بطلمیوس که در قرن دوم میلادی در اسکندریه مصر می‌زیست در کتاب معروفش با نام مجسطی آرای گذشتگان را همراه با یافته‌های خود در قالب دستگاه منظمی شرح داد که بر اساس آن ستاره‌ها، سیارات، خورشید و ماه به دور زمین می‌گشتند.



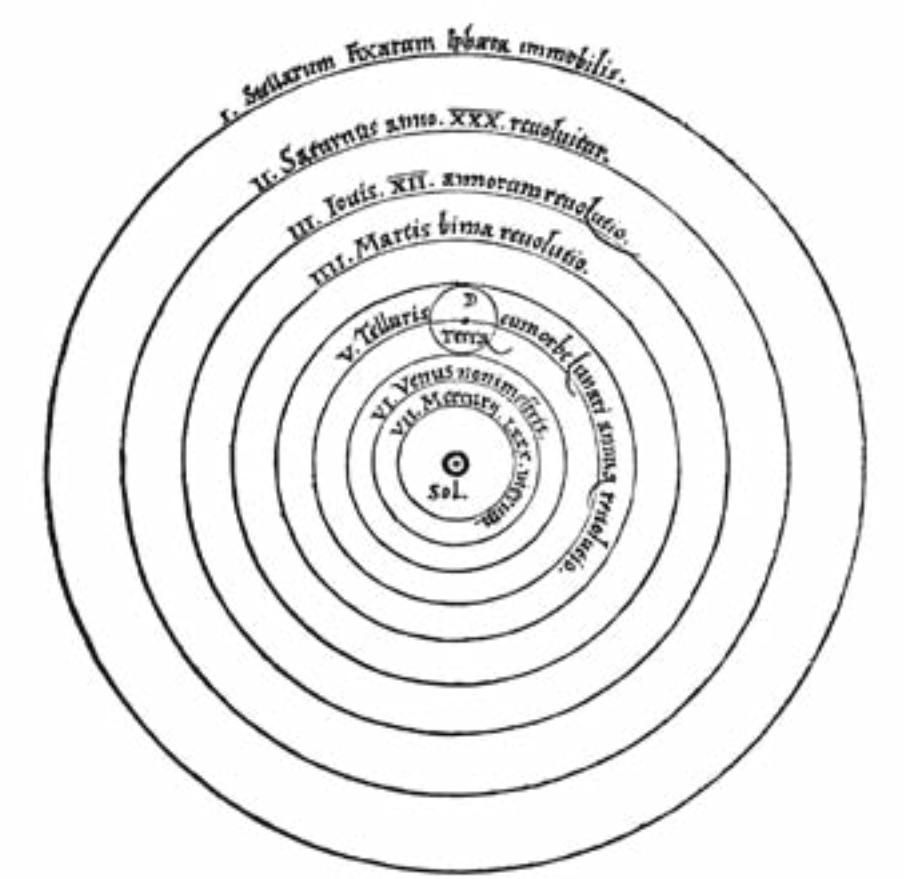

زمین ساکن بود و سایر اجرام بر روی کره بلورینی که فلک نام داشت ثابت‌شده بودند و با گردش افلاک بر محور زمین به دور آن می‌چرخیدند. نظام بطلمیوسی می‌توانست پیش‌بینی‌های نسبتاً دقیقی فراهم کند اما نواقصی نیز داشت از جمله اینکه قادر به توضیح حرکات نامعمول و بازگشتی برخی سیارات نبود.




منجمان برای اصلاح نظام بطلمیوسی مجبور بودند دوایری را درون دوایر دیگر در نظر بگیرند. بر این اساس هر سیاره روی دایرهٔ کوچکی (فلک تدویر) می‌چرخید و محور آن در دایرهٔ بزرگ‌تری قرار داشت که به دور زمین می‌چرخید. تعداد روزافزون این تدویرها و دوایر خارج از مرکز بساط پیچیده‌ای از اشکال هندسی ایجاد کرده و از نظر کپرنیک به پیکری می‌مانست که اجزای آن هر یک از بدنی گرفته‌شده و سرهم‌بندی شده بود و به‌جای آنکه بدن آدمی را تشکیل دهد به غول بدقواره‌ای شبیه شده بود.

تأثیر منجمان اسلامی

منجمان اسلامی به اِشکالات مدل بطلمیوسی پی بردند و به تصحیح آن پرداختند و حتی مدل‌های غیربطلمیوسی پیچیده‌ای برای حرکات افلاک و سیارات طراحی کردند که بر مدل سیارات کپرنیکی موثر بوده‌اند اما منجمان اسلامی هیچ‌کدام به طور جدی از خورشیدمرکزی یا حرکت زمین یا نفی افلاک حمایت نکرد و نجوم اسلامی در نهایت تداوم همان نظام بطلمیوسی بود.




خورشید در مرکز

خورشیدمرکزی ایدهٔ ابداعی کپرنیک نبود. کپرنیک با نظریات آریستارخوس آشنا بود که در قرن سوم پیش از میلاد بر این باور بود که خورشید و ستارگان ثابت هستند و زمین در مسیری مدور به دور خورشید می‌گردد. ولی نظریات خورشیدمرکزی قبل از کپرنیک، بدون اینکه به محاسبات ریاضی و هندسی و طراحی مدل‌های هر سیاره منجر شود، ارائه شده بود. در نتیجه پذیرش آن اصلاً معقول و منطقی نبود.

در زمان کپرنیک تلسکوپ هنوز اختراع نشده بود و مشاهدات نجومی با چشمان غیرمسلح انجام می‌گرفت. کپرنیک از برخی ابزار نجومی موجود نظیر اسطرلاب و مسافت‌سنج استفاده می‌کرد.

او رصدخانه‌ای بر فراز کلیسای جامع احداث کرده بود و در آنجا به مشاهده آسمان و اندازه‌گیری زوایا و محاسبهٔ فواصل می‌پرداخت. با این حال او چندان اهل مشاهده و رصد نبود و اثر اصلی‌اش فقط شامل ۲۷ رصد شخصی اوست. آنچه کپرنیک را به نظریه‌اش رهنمون شد بیشتر نارضایتی از مدل بطلمیوسی بود تا نتایج حاصل از رصدهای شخصی. او با الهام از نظریات خورشیدمرکزی از قبیل آریستارخوس که در متون یونانی قدیمی با آنها آشنا شده بود با خود اندیشید که اگر خورشید را ثابت و زمین را در حرکت به دور خود و به دور خورشید فرض کند، وضعیت چگونه خواهد بود؟ با این فرض بلافاصله همه‌چیز سر جای خود قرار گرفت و مدل ساده‌تری به دست آمد که قادر به رفع اشکالات مدل پیچیدهٔ بطلمیوسی بود.

جهان کپرنیکی

کپرنیک برای توضیح نظریاتش شکلی از جهان را ترسیم کرد که بیرونی‌ترین لایه آن نشان‌دهندهٔ دایرهٔ کاملی است که تمام ستارگان را در بر می‌گیرد. زحل در سطح قبل از ستارگان جای دارد. در سومین سطح مشتری، مریخ، زمین، زهره و عطارد قرار دارند که روی دوایر کاملی به دور خورشید می‌چرخند. باوجود ایرادات آشکاری که در مدل کپرنیک وجود دارد در زمان خودش اندیشه‌ای انقلابی بود.

گردش افلاک آسمانی

کپرنیک یافته‌های خود را در کتاب کوچکی به نام «شرح مختصر» که فقط در میان دوستانش توزیع شد، معرفی کرد. در این کتاب او اصولی را به اختصار شرح داد که بعدها در اثر بزرگ خود

«گردش افلاک آسمانی» به طور مبسوط به آنها پرداخت. او اعلام کرد که زمین مرکز عالم نیست و تمام کرات به دور خورشید می‌چرخند. او به‌جای زمین، خورشید را در مرکز قرار داد و نوشت: «خورشید در میان آن همه کرسی بر تخت نشسته است. در این معبد زیبا آیا می‌توان آن تابندهٔ بزرگ را در مکانی بهتر از این قرار داد تا کل عالم را به یک‌باره منور کند؟» با اینکه نظام کپرنیک چیز نوی را ارائه نکرد و برخی از مبانی اصلی نظام بطلمیوسی از جمله افلاک و مسیر مستدیر حرکت سیارات را حفظ کرد اما توانست با سادگی و زیبایی بسیار پدیده‌های نجومی را توضیح دهد و غول آشفتهٔ بطلمیوس را به شکل پری خوش‌اندامی درآورد.

بطلمیوس زمانه

گرچه کپرنیک با نظریات بطلمیوس دربارهٔ جهان مخالف بود، به شدت تحت تأثیر نظریات او قرار داشت. در حقیقت، یکی از عالی‌ترین ستایش‌های ستاره‌شناسان زمانه‌اش این بود که او را «بطلمیوس عصر ما» خطاب می‌کردند.

آغازگر انقلاب علمی

کپرنیک بیشتر اثر بزرگش «گردش افلاک آسمانی» را در حدود سال ۱۵۲۰ به پایان رساند اما آن را چاپ نکرد. او فردی کمال‌گرا بود و حتی بعدها با وجود سی سال کار بر روی نظریاتش هنوز باور نداشت که اثر نهایی آمادهٔ چاپ باشد. از طرف دیگر بیشتر منجمان زمان وی، ترجیح می‌دادند به جهان زمین‌مرکز باور داشته باشند و کلیسا نیز چنین باوری را ترجیح می‌داد. او در هفتاد سالگی در ۲٤ می ۱۵٤۳، همان روزی که یک نسخه از کتابش را که تازه چاپ شده بود، در دست گرفته بود، درگذشت و هرگز نفهمید که نظریاتش در آینده چه انقلابی در ستاره‌شناسی ایجاد خواهد کرد. کپرنیک مکان چراغی را که هزاران سال بر انسان‌ها تابیده بود، تغییر داد و به‌جای زمین، خورشید را در مرکز جهان قرار داد. بشر دیگر نه در مرکز جهان بلکه در کره کوچکی در اطراف آن قرار داشت. اندیشه‌های کپرنیک نگرش آدمیان به جهان و خودشان را تغییر داد. پنجاه سال

پس از آن، کپلر و گالیله انقلابی را که توسط کپرنیک آغاز شده بود، تکمیل کردند.

ارتداد کپرنیکی‌ها

سال‌ها بعد از مرگ کپرنیک کلیسا همهٔ کسانی را که از نظریات او حمایت می‌کردند به اتهام ارتداد محاکمه کرد. از جملهٔ آنها گالیلئو گالیله بود که مرتد شناخته شد و تا آخر عمر در حبس خانگی به سر برد. کتاب‌های کپرنیک، گالیله و کپلر در تا سال ۱۸۳۵ در فهرست کتاب‌های ممنوعه کلیسا قرار داشت. در سال ۱۹۹۲ پس از گذشت بیش از سیصد سال کلیسا سرانجام اقرار کرد که با گالیله بدرفتاری شده است.

# شکارچی شگفت‌انگیز دنباله‌دارها: شارل مسیه؛ کاشف بیست دنباله‌دار و تهیه‌کنندهٔ اولین فهرست اجرام غیرستاره‌ای

در اواسط قرن هجدهم، حدود صد و پنجاه سال پس از اختراع تلسکوپ، هنوز این ابزار رصدی آن قدر تکامل پیدا نکرده بود که باعث اشتباه گرفتن دنباله‌دارها با اجرام دیگر از قبیل سحابی‌ها و کهکشان‌ها نشود. تعدد این اشتباهات باعث شد یک ستاره‌شناس نیروی دریایی فرانسه که عاشق کشف دنباله‌دارها بود به فهرست‌برداری از اجرام غیرستاره‌ای بپردازد. او در زمان حیاتش به خاطر کشف تعداد قابل‌توجهی دنباله‌دار به شهرت رسید اما امروزه بیشتر با فهرستش شناخته می‌شود. «کاتالوگ مسیه» شامل ۱۱۰ جرم غیرستاره‌ای است که با یک دوربین دوچشمی مناسب در طول یک شب همه آنها را می‌توان رصد کرد.

شارل مسیه (Charles Messier) دهمین فرزند از دوازده فرزند خانواده‌ای ثروتمند بود که در ۲۶ ژوئن سال ۱۷۳۰ در بادونویلر (Badonviller) در شمال شرق فرانسه به دنیا آمد. مرگ پدرش در یازده سالگی او، باعث فروپاشی وضعیت مالی خانواده شد و به همین دلیل مجبور شد تحصیل رسمی را رها کند و توسط بزرگ‌ترین برادرش آموزش دید. حدس زده می‌شود که دو واقعه نجومی شامل عبور یک دنباله‌دار بزرگ که شش دُم داشته و یک کسوف حلقوی که از محل سکونت او قابل‌مشاهده بوده در علاقمند شدن او به نجوم موثر بوده است. واقعه اول در چهارده سالگی او در ۱۷٤٤ و رویداد دوم در هجده سالگی‌اش در ۱۷٤۸ اتفاق افتاد. در سال ۱۷۵۱ وقتی که بیست و یک سال داشت به پاریس رفت و به‌عنوان دستیار ژوزف نیکولا دلیسل (Joseph Nicolas Delisle)، منجم رصدخانه نیروی دریایی فرانسه، استخدام شد. او به‌عنوان نقشه‌بردار و مسئول بایگانی مشغول به‌کار شد اما به‌زودی دلیسل به هوش رصدی او پی برد. دلیسل روش استفاده از وسایل رصدی و شیوه مشاهده آسمان و نحوه ثبت دقیق مختصات اجرام آسمانی را به او آموخت. اولین رصد خود را به‌عنوان یک ستاره‌شناس در روز ششم می ۱۷۵۳ انجام داد که گذر عطارد بود.

## از جستجوی هالی تا شکار خرچنگ

مسیه که به‌مرور به دانش و تجربه بیشتری در رصد آسمان شب دست می‌یافت و بسیار به رصد دنباله‌دارها علاقمند بود، در سال ۱۷۵۷ به جستجوی دنباله‌داری پرداخت که حدود نیم‌قرن پیش از

آن، ستاره‌شناس انگلیسی ادموند هالی، بازگشت آن را در سال ۱۷۵۸ پیش‌بینی کرده بود. او مشاهدات خود را بر اساس محاسبات اشتباه دلیسل انجام داد و به‌جای کشف دنباله‌دار هالی برخی اجرام دیگر را که شبیه دنباله‌دار به نظر می‌رسیدند کشف کرد. او در ١٤ آگوست ۱۷۵۸ دنباله‌داری را کشف کرد که چند ماه قبل از آن توسط شخص دیگری کشف‌شده و بر اساس نام کاشف De la K۱ ۱۷۵۸/C Nux نام‌گذاری شده بود. مسیه دو هفته بعد دوباره برای اندازه‌گیری تغییر موقعیت دنباله‌دار به رصد آن پرداخت اما متوجه شد که تغییری در وضعیت مکانی آن ایجاد نشده است. او متوجه شد که جرم دیگری را که شبیه دنباله‌دار مذکور بود با آن اشتباه گرفته است. او طی روزهای مختلف موقعیت آن را اندازه‌گیری کرد و متوجه شد که هر چند در تلسکوپ کوچک و ابتدایی او، که معادل تلسکوپ‌های ۱۰۲ میلی‌متری امروزی بود، آن جرم شبیه دنباله‌دار به نظر می‌رسید اما موقعیت آن تغییر نمی‌کند. پس پی برد که آن، یک جرم غیرستاره‌ای است. هدف او کشف دنباله‌دارها بود و برای اینکه این اجرام را با دنباله‌دارها اشتباه نگیرد به ثبت آنها پرداخت. او اولین کشف خود از این نوع را M۱ نامید. بدین‌ترتیب آن جرم غیرستاره‌ای که سحابی خرچنگ بود اولین جرم کاتالوگ مسیه شد. مسیه پس از چند ستاره‌شناس دیگر بالاخره توانست دنباله‌دار هالی را در ۲۱ ژانویه ۱۷۵۹ رصد کند.

شکارچی دنباله‌دارها

اشتیاق اصلی مسیه کشف دنباله‌دارها بود و در این زمینه موفقیت‌های زیادی کسب کرد. او در طول عمر خود ٤٤ دنباله‌دار را رصد و مشخصات آنها را ثبت کرد که از آن میان، او کاشف دست‌اول ۱۳ دنباله‌دار و کاشف مشترک ۷ دنباله‌دار دیگر به حساب می‌آید.شهرت او در زمان حیاتش به کشف دنباله‌دارها بود و در اروپا او را «شکارچی شگفت‌انگیز دنباله‌دار» می‌نامیدند. تنها پس از حیاتش بود که کار فرعی او یعنی تهیه لیست اجرام غیرستاره‌ای که برای ممانعت از اشتباه گرفتن آنها با دنباله‌دارها انجام داد و امروزه با نام کاتالوگ مسیه می‌شناسیم به میراث اصلی او تبدیل شد و سایر کشفیات او را تحت تأثیر قرار داد.

کاتالوگ آسمانی

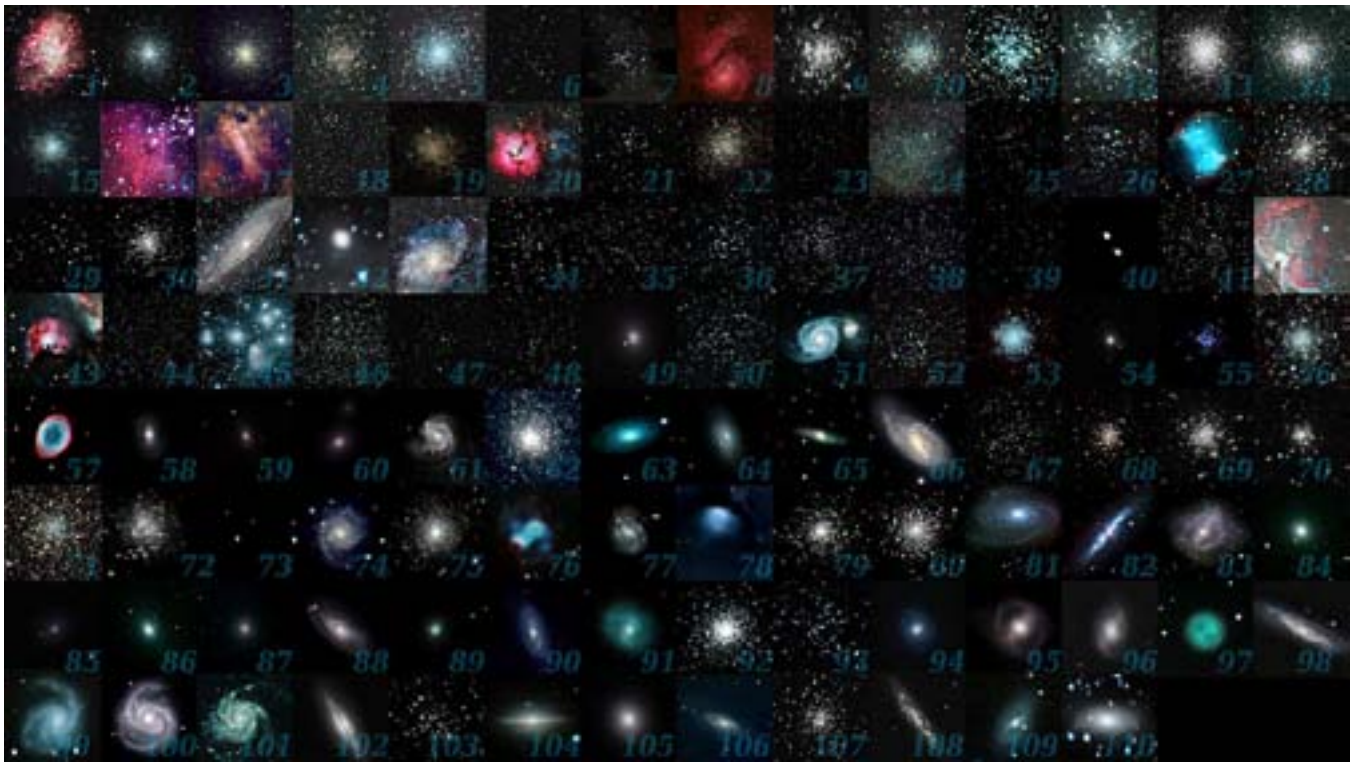
پس از اینکه مسیه سحابی خرچنگ را به‌عنوان اولین جرم غیرستاره‌ای ثبت کرد تعداد آنها به‌سرعت افزایش یافت. به‌طوری که او در سال ۱۷٦۵ لیستی از ٤۱ جرم غیرستاره‌ای را منتشر کرد که حدود ۱۷ مورد از آنها از کشفیات خود او بود. در مارس همان سال چهار جرم دیگر شامل دو سحابی M٤۲ و M٤۳ در جبار، خوشه کندوی عسل M٤٤ در سرطان و خوشه پروین M٤۵ در صورت فلکی گاو را به فهرست خود افزود و به‌این‌ترتیب تعداد اجرام کاتالوگ مسیه به ٤۵ رسید. این فهرست در سال ۱۷۷٤ توسط فرهنگستان علوم فرانسه در پاریس تأیید و منتشر شد. پس از آن تکمیل فهرست با همکاری ستاره‌شناسان دیگر از جمله پیر میشن (Pierre Mechain)، که او نیز از شکارچیان معروف دنباله‌دارها در آن دوران بود، ادامه یافت و در سال ۱۷۸۳ تعداد اجرام ثبت‌شده به ۱۰۰ رسید. تا یک سال پس از آن میشن سه جرم را به فهرست افزود. با بیماری شدید مسیه در سال ۱۷۸۱ تعداد اجرام فهرست تا قرن بیستم روی عدد ۱۰۳ ثابت ماند تا اینکه در سال ۱۹۲۱ ستاره‌شناس فرانسوی فلاماریون با رصد کهکشان کلاه مکزیکی (M۱۰٤) تعداد آنها را به ۱۰٤ رساند. . اجرام M۱۰۵، M۱۰٦ و M۱۰۷ در سال ۱۹٤۷ توسط ستاره‌شناس کانادایی هلن سایرهوک رصد شد. M۱۰۸ و M۱۰۹ در ۱۹٦۰ به‌وسیله اُوِن گینگریچ استاد تاریخ نجوم دانشگاه هاروارد رصد شد. با افزودن قمر کوچک‌تر کهکشان آندرومدا توسط کنت جونز در ۱۹٦۷ فهرست ۱۱۰ تایی کاتالوگ مسیه تکمیل شد. این اجرام عمدتاً شامل کهکشان‌ها، سحابی‌ها و خوشه‌های ستاره‌ای است.

سحابی خرچنگ (M۱)

سایر کاتالوگ‌های اجرام غیرستاره‌ای

کاتالوگ مسیه تنها کاتالوگ اجرام غیرستاره‌ای نیست. مسیه ساکن فرانسه بود که در نیمکره شمالی زمین قرار دارد. به همین دلیل مشاهده او محدود به اجرام قابل‌مشاهده از این مختصات جغرافیایی بود. ازاین‌رو اجرام پرنور غیرستاره‌ای مثل ابرهای ماژلانی که از نیمکره جنوبی قابل رویت است در فهرست مسیه دیده نمی‌شود. از کاتالوگ‌های دیگری که از اجرام غیرستاره‌ای به ثبت رسیده است، می‌توان به فهرست ۴۰۰ تایی هرشل، کاتالوگ NGC و کاتالوگ IC اشاره کرد. NGC یا کاتالوگ عمومی جدید (New General Catalogue) شامل حدود ۷۸۴۰ جرم غیرستاره‌ای است که در قرن نوزدهم توسط جان. ال. ای. درایر تهیه شد.

تصویری از تمام ۱۱۰ جرم کاتالوگ مسیه در یک قاب



اجرام غیرستاره‌ای

به اجرام رصدی خارج از منظومه شمسی که تک ستاره نیستند اطلاق می‌شود. به طور کلی شامل سحابی‌ها، کهکشان‌ها و خوشه‌های ستاره‌ای هستند. کاتالوگ مسیه شامل پرنورترین اجرام غیرستاره‌ای دو سوم شمالی آسمان است و به همین دلیل با وجود گذشت دو قرن از گردآوری آن، همچنان پرکاربردترین فهرست اجرام اعماق آسمان است.

ماراتن مسیه

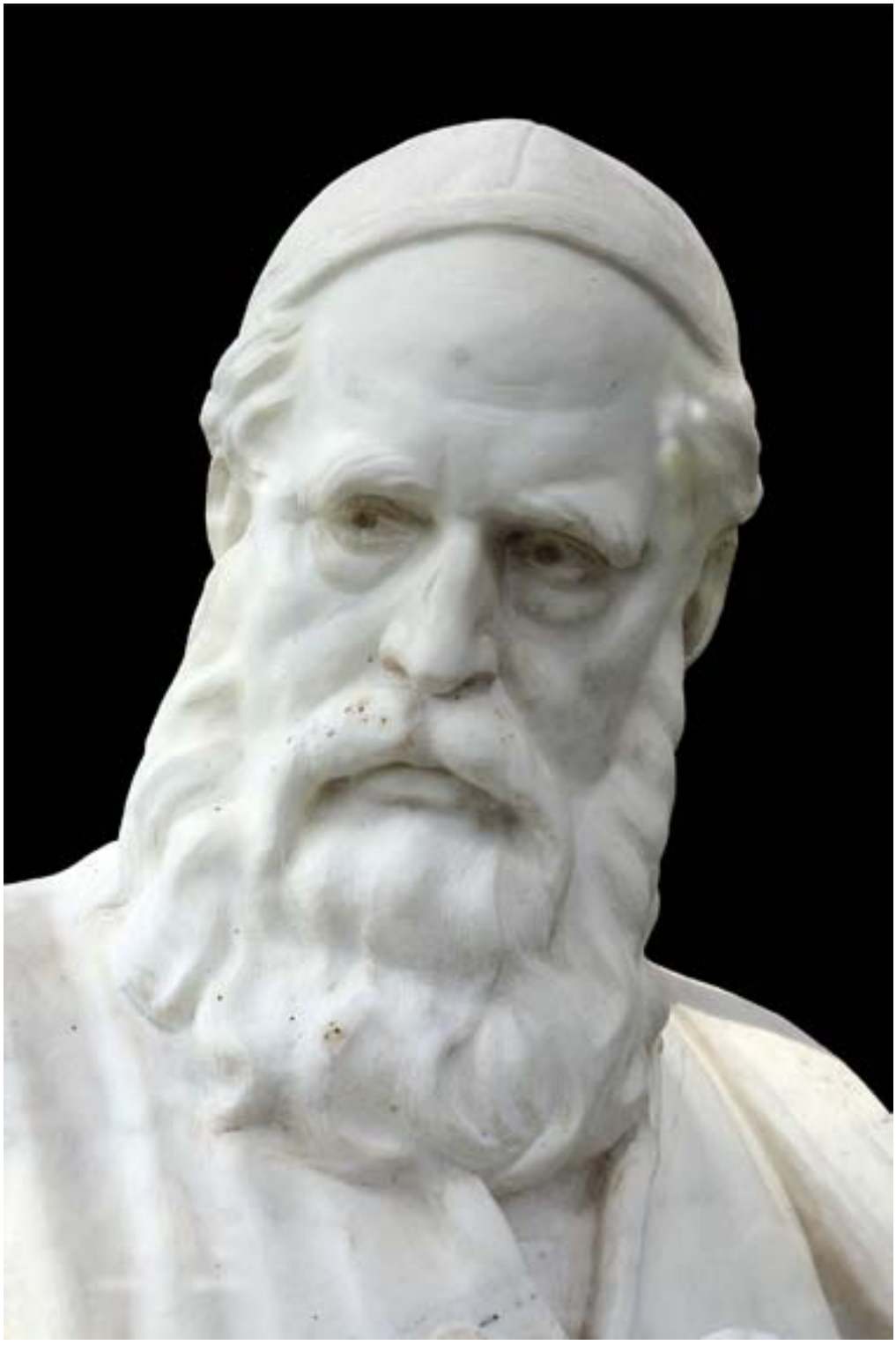
اجرام کاتالوگ مسیه، به دلیل امکان رصد آنها با ابزار نجومی آماتوری، برای علاقمندان نجوم جذابیت زیادی دارد. ماراتن مسیه یک رقابت علمی میان منجمان آماتور برای رصد اجرام کاتالوگ مسیه در طول یک شب است. این مسابقه در برخی کشورهای نیمکره شمالی و معمولاً از اواسط اسفند تا اواسط فروردین که شرایط رصدی از سایر فصول سال مناسب‌تر است، برگزار می‌شود. ماراتن مسیه در ایران نیز از باسابقه‌ترین و معروف‌ترین رقابت‌های نجوم آماتوری است که به ابتکار ماهنامه نجوم راه‌اندازی شده و اولین دوره آن در فروردین ۱۳۸۰ برگزار شد و از آن زمان تقریباً هر سال به طور پیوسته برگزار شده است. در این رویداد علمی ده‌ها منجم آماتور از سراسر ایران در محل مسابقه مستقر می‌شوند تا با ابزارهای رصدی خود شامل تلسکوپ‌ها و دوربین‌های دوچشمی، به رصد ۱۱۰ جرم کاتالوگ مسیه بپردازند. ماراتن مسیهٔ سال ۱۳۹۵ در روزهای ۱۲ و ۱۳ اسفند در روستای قالهر از توابع شهرستان دلیجان در استان مرکزی برگزار شد. این مسابقه در سه بخش رقابتی، آموزشی و عکاسی انجام شد.

تراژدی شخصی

مسیه در چهل سالگی پس از پانزده سال نامزدی، در سال ۱۷۷۰ ازدواج کرد و دو سال پس از آن تنها پسرش به دنیا آمد اما همسرش فقط هشت روز پس از وضع حمل فوت کرد و سه روز پس از آن تنها پسرش را نیز از دست داد. بااینکه مسیه پس از این وقایع ناگوار چهل و پنج سال زندگی کرد اما دیگر هرگز ازدواج نکرد و بیشتر سال‌های بازنشستگی‌اش را در تنهایی و انزوا گذراند. در سال ۱۸۰۶ نشان

لژیون دونور را به پاس خدمات علمی‌اش از دست ناپلئون بناپارت دریافت کرد. و بالاخره در سن ۸۶ سالگی در دوازدهم آوریل ۱۸۱۷ در پاریس درگذشت. حفره‌ای در ماه و سیارک شماره ۷۳۵۹ به‌افتخارش به اسم او نام‌گذاری شده است.

# خیام؛ پیشگام کشفیات ریاضی دکارت، پاسکال و نیوتن



شاید در متون ریاضی به نام‌هایی چون «چهارضلعی خیام-ساکری»، «مثلث خیام-پاسکال» و «دو جمله‌ای خیام-نیوتن» برخورد کرده باشید و شاید این سؤال به ذهنتان خطور کرده باشد که به چه دلیلی نام خیام در کنار ریاضیدانان و دانشمندانی که چندین قرن پس از او می‌زیسته‌اند؛ قرار گرفته است؟ و شاید به درستی حدس زده‌اید که خیام حتماً سهمی در این دستاوردهای این دانشمندان داشته است.

غیاث‌الدین ابوالفتح عُمَر بن ابراهیم خَیّام نیشابوری در حدود سال ۴۲۷ شمسی در نیشابور به دنیا آمده و در ۵۱۰ شمسی در زادگاه خود درگذشته است. در نزد امام موفق شیرازی، از علما و دانشمندان مشهور آن زمان در نیشابور، فقه و تفسیر و فلسفه و ستاره‌شناسی آموخت. خیام خود را از شاگردان ابن‌سینا دانسته است اما با توجه به اینکه بوعلی چندین سال قبل از تولد او فوت کرده بود مشخص می‌شود که این سخن به دل‌بستگی خیام به افکار ابن‌سینا اشاره دارد. ازاین‌رو او را از لحاظ فلسفی پیرو فلسفه مشائی ابن‌سینا می‌دانند. خیام در علوم زمانه خود به استادی رسید و چنانکه خواهیم دید در برخی مباحث ریاضی از زمانهٔ خود قرن‌ها پیش افتاد.

رساله خیام در شرح مشکلات کتاب اصول اقلیدس

بااینکه در رساله‌های به‌جای مانده از خیام آثاری در فلسفه، نظریهٔ ریاضی موسیقی، مکانیک و تعیین وزن مخصوص اجسام و هواشناسی دیده می‌شود اما آنچه او را در تاریخ علم برجسته می‌سازد تحقیقات او در هندسه اقلیدسی و ابداعاتش در حل معادلات درجه سوم است. خیام در رسالهٔ «فی شرح ما اشکل من مصادرات اقلیدس» (در شرح مشکلات کتاب اصول اقلیدس) به بررسی اصول هندسه اقلیدسی پرداخت. نسخه دست‌نویس این کتاب در کتابخانه برلین نگهداری می‌شود و تاریخ آن اواخر جمادی‌الاول سال ۴۷۰ هجری قمری ذکر شده است. اقلیدس که سعی کرد ضمن جمع‌آوری قضایای هندسی موجود به اثبات برهانی آنها بپردازد، با چهار اصل اولی که فرض کرد توانست ۲۸ قضیه هندسی را اثبات کند اما برای اثبات قضایای بیشتر مجبور شد اصل پنجمی را نیز اضافه کند.

تشکیک خیام در اصل توازی اقلیدس

چند مسئله باعث شد که پذیرش اصل پنجم یا اصل توازی برای ریاضیدانان بعدی دشوار باشد. یکی اینکه این اصل بداهت و ایجاز چهار اصل اول را نداشت. دوم اینکه این اصل بیشتر به یک قضیه شباهت داشت تا یک اصل موضوعه. سوم اینکه اقلیدس پس از اثبات ۲۸ قضیه با چهار اصل اول و ناکامی در اثبات قضایای بیشتر با آن اصول و ۲۸ قضیهٔ اثبات‌شده، ناگزیر به افزودن اصل پنجم شد. پس از اقلیدس ریاضیدانان بسیاری سعی کردند این اصل آزاردهنده را با استفاده از چهار اصل اول به اثبات برسانند. خیام در رسالهٔ «در شرح مشکلات کتاب اصول اقلیدس» سعی کرد اصل توازی را اثبات کند. روشی که خیام برای این منظور به‌کار گرفت ۷۰۰ سال بعد مورد توجه ریاضیدانان اروپایی قرار گرفت.

اصول موضوعه هندسه اقلیدسی

اصول موضوعه فرضیاتی هستند که بدیهی شمرده‌شده و پذیرفته می‌شوند و مبنای اثبات سایر قضایا قرار می‌گیرند. اصول موضوعه هندسه اقلیدسی شامل پنج اصل زیر است:

اصل اول: از هر دو نقطه فقط یک پاره خط مستقیم می‌گذرد.

اصل دوم: هر پاره خط را می‌توان در امتداد آن به طور نامحدود ادامه داد.

اصل سوم: برای هر پاره خط دلخواه می‌توان دایره‌ای به شعاع آن پاره خط و به مرکز یک سر آن رسم کرد.

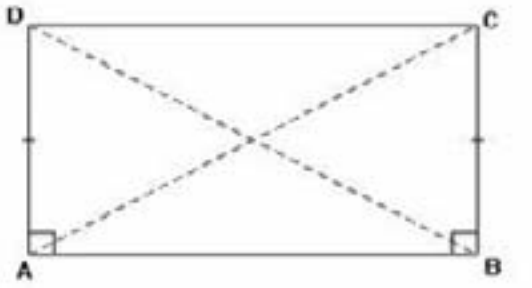
اصل چهارم: همهٔ زوایای قائمه بر هم منطبق می‌شوند.

اصل پنجم: از یک نقطه در خارج یک خط، یک خط و فقط یک خط می‌توان به‌موازات خط مفروض رسم کرد.

چهارضلعی خیام-ساکری و پیدایش هندسه‌های نااقلیدسی

خیام برای اثبات اصل توازی چهارضلعی ABCD را فرض کرد که AD و BC دو پاره خط مساوی و هر دو بر AB عمود هستند. خیام می‌نویسد که برای اثبات اینکه اصل توازی از سایر اصول اقلیدس نتیجه می‌شود کافی است ثابت گردد که زوایای داخلی C و D هر دو قائمه هستند. البته خیام مثل تمام ریاضیدانان بعدی در این کار ناکام ماند اما این ناکامی‌ها در نهایت در قرن نوزدهم به تحولاتی

بنیانی در هندسه منجر شد. بعدها خواجه‌نصیرالدین طوسی به بررسی نظریه خیام پرداخت و در قرن هجدهم جیووانی ساکری، ریاضیدان ایتالیایی، در کتابش با عنوان «اقلیدس عاری از تناقض» سعی کرد با طرح یک چهارضلعی، شبیه آنچه خیام فرض کرده بود، از طریق برهان خلف اصل پنجم را از چهار اصل قبلی نتیجه بگیرد. تمام سعی خیام، طوسی و ساکری این بود که اثبات کنند که زوایای C و D نمی‌توانند جز قائمه باشند و بنابراین سعی کردند فرض حاده یا منفرجه بودن آنها را رد کنند. در صورتی که با




فرض اول به هندسه هذلولوی (هندسه لباچفسکی) و با فرض دوم به هندسهٔ بیضوی (هندسه ریمانی) می‌رسیدند. در قرن نوزدهم برخی ریاضیدانان تلاش کردند خلاف اصل پنجم را فرض کنند تا ببینند که آیا به تناقض می‌رسند یا نه. وقتی هیچ تناقضی در هندسه‌های دارای اصل پنجم متفاوت، مشاهده نشد آنها را هندسه‌های نااقلیدسی نامیدند.

ابداع روش هندسی برای حل معادلات درجه سوم

بااینکه حل برخی معادلات خطی قدمتی بیش از ۳۰۰۰ سال دارد و به مصر و بابل آن عصر برمی‌گردد و بعدها در هند و یونان نیز پیشرفت‌هایی در آن زمینه حاصل شد اما این کتاب «جبر و مقابله» خوارزمی

در قرن نهم میلادی بود که آن را به شکل یک علم سامان‌بخشید و مدون کرد. که کلمه جبر (Algebra) نیز توسط اروپائیان از نام همین کتاب برای نامگذاری این علم جدید اخذ شد. خوارزمی ضمن بررسی معادلات درجه اول و درجه دوم زمان خود به اثبات هندسی آنها نیز پرداخت. اما دو قرن پس از آن، کار بزرگ بعدی در جبر را خیام در کتابی با همان عنوان «جبر و مقابله» به انجام رساند. چنانکه جرج سارتن، مورخ معروف علم، در کتابش با عنوان «مقدمه‌ای بر تاریخ علم» نوشته؛ «خیام نخستین کسی است که به تحقیق منظم علمی در معادلات درجه اول، دوم و سوم پرداخته و طبقه‌بندی تحسین‌برانگیزی از این معادلات ارائه کرده است.» از نظر سارتن رسالهٔ «جبر و مقابله» خیام که شامل این تحقیقات است «یکی از برجسته‌ترین آثار ریاضی قرون وسطایی و احتمالا برجسته‌ترین آنها است.» استفاده خیام از مقاطع مخروطی برای حل معادلات درجه سوم او را به پیشگام تحولات بعدی در این زمینه بدل کرد.

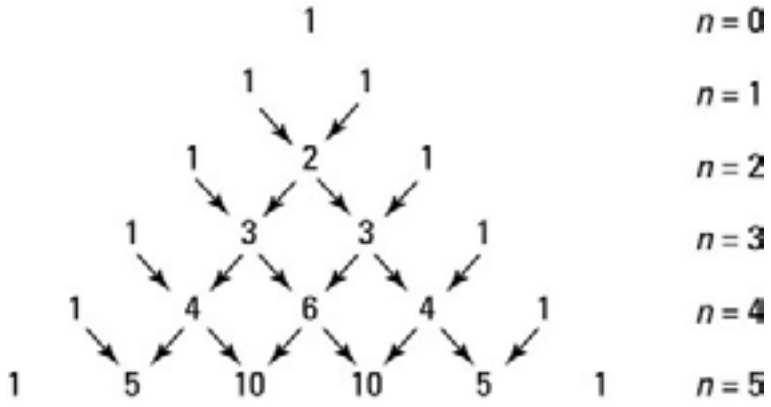
پیشگامی خیام در پیشرفت جبر و هندسه

اهمیت کار خیام وقتی مشخص می‌شود که به این واقعیت توجه کنیم که در زمان او عددنویسی به‌صورت امروزی و تشکیل معادلات جبری با علائم و نمادهای ریاضی وجود نداشته است. ازاین‌رو به نحوی می‌توان خیام را پیشگام هندسه تحلیلی و تحقیقات ریاضی دانشمندانی چون دکارت، پاسکال و نیوتن به حساب آورد. شاید به دلیل این تأثیرگذاری بنیانی در تاریخ علم است که جرج سارتن نیمه دوم قرن یازدهم میلادی را «عصر خیام» نامیده است. بااین‌حال در اینکه آیا ریاضیدانان اروپایی مستقیماً از روش هندسی خیام برای حل معادلات هندسی تأثیر پذیرفته‌اند یا نه، اختلاف‌نظر وجود دارد. اما در این واقعیت که خیام پیشگام مباحثی بوده که چندین قرن پس از او امثال ساکری، لباچفسکی، دکارت، پاسکال و نیوتن به آنها پرداخته‌اند، به استناد رساله‌های «در شرح مشکلات کتاب اصول اقلیدس» و «جبر و مقابله» تردیدی وجود ندارد.

دو جمله‌ای خیام-نیوتن و مثلث خیام-پاسکال

آنچه امروزه مثلث خیام-پاسکال خوانده می‌شود یکی از زیباترین آرایه‌های ریاضی است که در تاریخ

ریاضیات مورد توجه ریاضیدانان قرار گرفته است. خیام روشی جبری برای به‌دست آوردن ضرایب دو جمله‌ای که امروزه به دو جمله‌ای خیام-نیوتن معروف است، کشف کرد. کتاب «مشکلات حساب» که شامل اثبات روش خیام بوده تاکنون کشف نشده است اما در آثار خواجه نصیر طوسی که متأثر از روش خیام بوده، ضرایب تا توان ۱۲ محاسبه شده است. در قرن هفدهم بلز پاسکال، ریاضیدان فرانسوی، که معاصر نیوتن بود، روی این بسط و مثلث حسابی آن کار کرد. به آرایش مثلثی شکل ضرایب بسط دو جمله‌ایِ خیام-نیوتن، مثلث خیام-پاسکال گفته می‌شود. در مثلث خیام-پاسکال اعداد هر سطر مثلث، ضرایب بسط دو جمله‌ای خیام-نیوتن هستند. در مثلث خیام-پاسکال هر عدد از مجموع دو عدد بالای خود به‌دست می‌آید و مجموع اعداد هر سطر برابر توان‌های صفر تا n عدد ۲ است.



$$
\begin{aligned}
(a+b)^0 &= 1\\
(a+b)^1 &= a+b\\
(a+b)^2 &= a^2+2ab+b^2\\
(a+b)^3 &= a^3+3a^2b+3ab^2+b^3\\
(a+b)^4 &= a^4+4a^3b+6a^2b^2+4ab^3+b^4\\
(a+b)^5 &= a^5+5a^4b+10a^3b^2+10a^2b^3+5ab^4+b^5
\end{aligned}
$$

اصلاح تقویم ایرانی

زمانی که سمرقند توسط ملکشاه سلجوقی فتح شد، خیام به‌عنوان یکی از منجمان بزرگ آن عصر توسط وزیر ملکشاه، خواجه نظام‌الملک، برای اصلاح تقویم رایج فراخوانده شد. در گاه‌شماری رایج که گاه‌شماری یزدگردی بود عدم توجه به کبیسه‌گیری باعث شده بود که در طول سال‌ها اعتدال بهاری (نوروز) به‌جای اول فروردین با نوزدهم فروردین منطبق شود. همچنین با ورود اسلام به ایران، تقویم هجری قمری رایج شد که زمان‌بندی گرفتن مالیات از کشاورزان را با مشکل مواجه می‌ساخت. به این دلیل ملکشاه تصمیم گرفت که با تغییر تقویم به شمسی، تاریخ وصول مالیات را یکنواخت کند. خیام در رأس گروهی از منجمان و ریاضیدانان بزرگ دیگر، در رصدخانه اصفهان به رصد و محاسبات نجومی پرداخت که حاصل آن تقویم امروزی جلالی بود که یکی از دقیق‌ترین گاه‌شمارهای جهان به شما می‌رود.

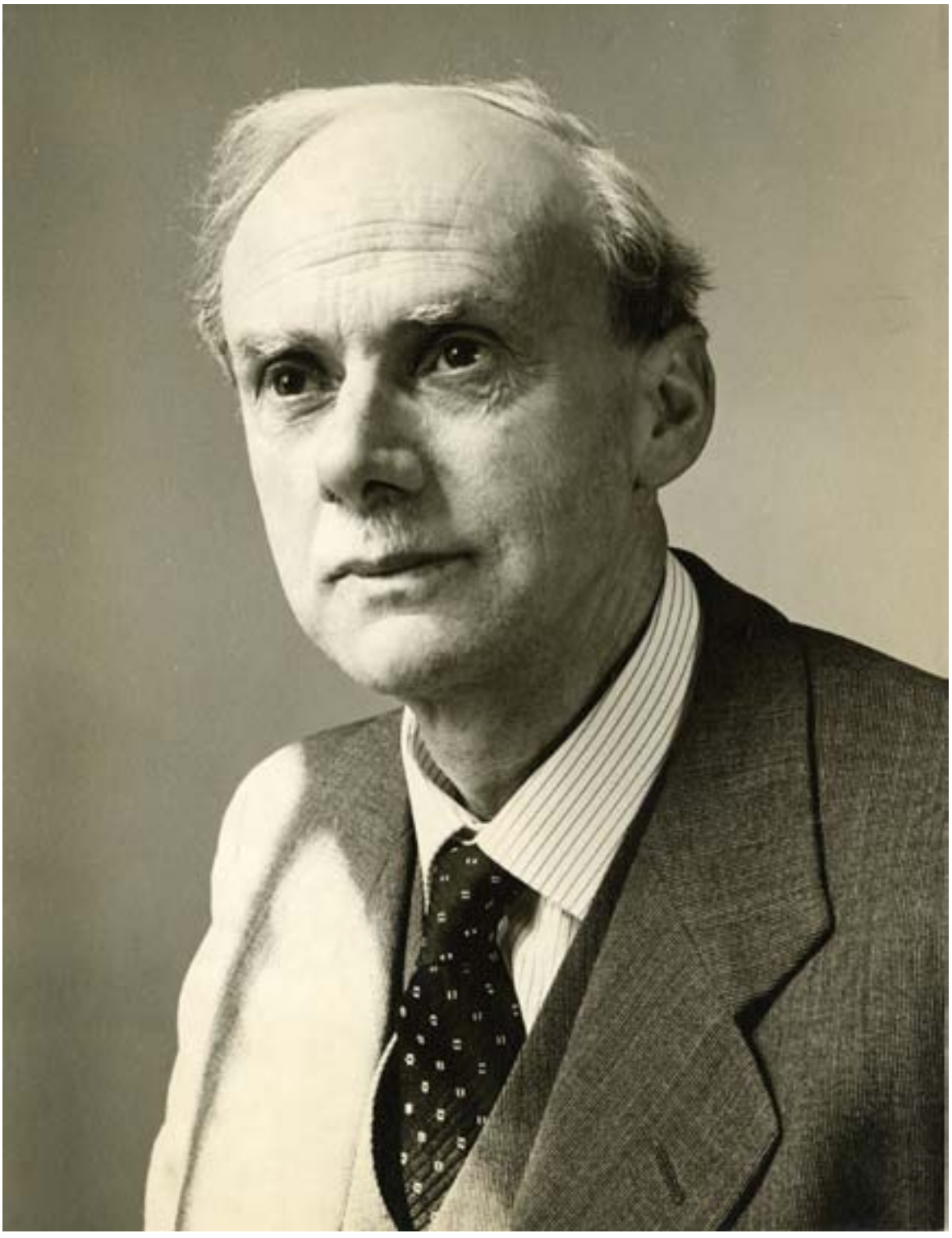
خیام شاعر

دنیای امروز، خیام را بیشتر به خاطر رباعیاتش می‌شناسد. خیام شاعر یک قرن پس از مرگ او کشف شد. گویا تنگ‌نظری‌های زمانه اجازه نمی‌داد که این روح آزاده، رباعیات سرشار از اندیشه و پرسشگری را در زمان حیات خود، منتشر کند. دورانی که خیام در آن می‌زیسته برای اذهان آزاده و پرسشگر دوران صعب و دشواری بوده است. زمانه‌ای که در آن فیلسوفان به زندقه، کفر و نامسلمانی متهم می‌شدند. این شرایط می‌توانست دلیلی باشد که خیام اشعارش را که تمام جزم‌ها و تعصبات را به پرسش می‌کشید،

به‌عنوان جنبهٔ خصوصی تفکر خود، پنهان و پوشیده نگاه دارد. خیام برای بیان عصارهٔ تأملات خود قالب شعری رباعی را برگزیده است و امروزه رباعی با نام او عجین شده و خیام آن را به اوج خود رسانده است.

مقبره خیام در نیشبور

# پل دیراک؛ پیشگوی پادماده و پیشگام الکترودینامیک کوانتومی



مکانیک کوانتومی در تاریخ علم به قصری شکوهمند از دانش می‌ماند که توسط جمعی از خلاق‌ترین اذهان بشری قرن بیستم بناشده است. هر یک از آن‌ها در این بنای عظیم سهمی درخور دارند و داستان جستجوی علمی هرکدامشان جاذبه‌های خاص خود را دارد.

دو سال پس از کشف خاصیت کوانتایی و ناپیوستهٔ انرژی توسط ماکس پلانک و سه سال قبل از اینکه آلبرت اینشتین از این یافته در نظریه فوتوالکتریک خود استفاده کند، در هشتم اوت (۱۷ مرداد) ۱۹۰۲ در شهر بریستول انگلیس کودکی به دنیا آمد که قرار بود نقشی اساسی در تکامل فیزیک در قرن بیستم بازی کند. او کسی نبود جز پل آدرین موریس دیراک (Paul Adrien Maurice Dirac ) که تحصیلات دانشگاهی خود را با مهندسی الکترونیک آغاز کرد اما پس از دریافت مدرک مهندسی به مبحث در حال زایش مکانیک کوانتومی جلب شد. مکانیک کوانتومی هنوز علمی در حال تولد و توسعه بود و او اولین دانشجویی بود که با رساله‌ای دربارهٔ مکانیک کوانتومی دکترای خود را در ریاضیات در سال ۱۹۲٦ از دانشگاه کمبریج دریافت کرد و سپس در کپنهاگ و گوتینگن تحقیقات خود را ادامه داد. تنها دو سال پس از دریافت دکترا بود که دیراک به کشف بزرگ خود نائل شد.

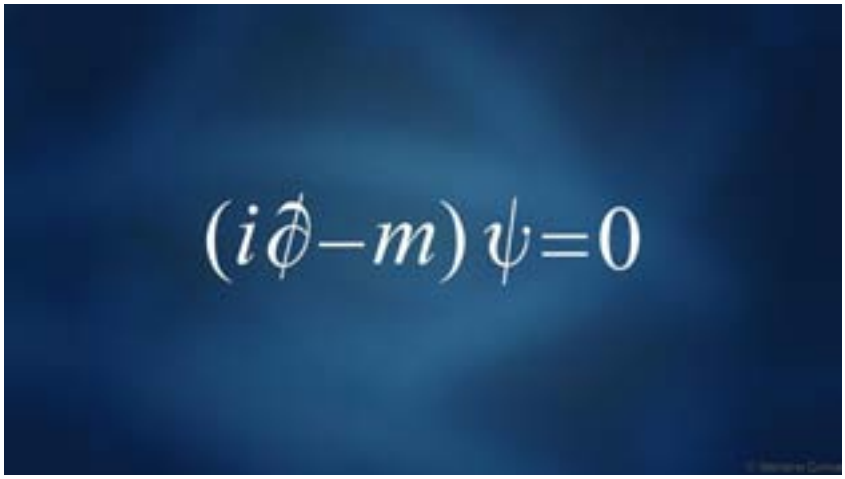
به‌سوی معادلهٔ نسبیتی برای الکترون

دهه سی قرن بیستم دوران شکوفایی مکانیک کوانتومی بود. در سال ۱۹۲۵ ورنر هایزنبرگ مکانیک ماتریسی‌اش را برای توصیف رفتار الکترون‌ها ارائه داده و یک سال پس‌ازآن اروین شرودینگر معادلهٔ معروف خود را منتشر کرده بود. اما دیراک با بررسی این معادله به نواقصی در آن پی برد. ازیک‌طرف معادله شرودینگر قادر به توصیف رفتار الکترون در سرعت‌های زیاد نبود. مفهوم چنین نقصانی این بود که معادله مذکور نمی‌توانست نظریه نسبیت خاص اینشتین را در خود بگنجاند. از طرف دیگر معادله شرودینگر قادر به پیش‌بینی اسپین (یک ویژگی کوانتومی) ذرات نبود و اسپین باید به‌صورت دستی در پاسخ‌های معادله وارد می‌گردید. تلاش دیراک برای رفع این نواقص منجر به کشف معادلهٔ جدیدی شد که نتایج پرباری را برای مکانیک کوانتومی به همراه داشت.

معادله دیراک

معادلهٔ دیراک به زیبایی توانست نواقص معادله شرودینگر را رفع کند. معادله دیراک نسبیت خاص را در خود جای داد و قادر بود که علاوه بر توصیف نسبیتی رفتار الکترون، اسپین آن را نیز پیش‌بینی کند.

اصلاح خطای اینشتین




دیراک در مسیر توسعهٔ معادلهٔ خود پی برد که فرمول معروف هم‌ارزی جرم و انرژی اینشتین (E=MC^۲) یک بیان ناقص از واقعیت است و شکل درست آن به‌صورت (E=±MC^۲) خواهد بود. اینشتین نیز به این پاسخ رسیده بود اما او انرژی منفی را مفهومی بی‌معنا دانست و بنابراین پاسخ منفی را از معادله حذف کرد. لحاظ انرژی منفی در معادله دیراک باوجود این اصل موضوع در فیزیک که «اشیاء همواره به حالتی با کمترین میزان انرژی تمایل دارند» به این معنا بود که طبق معادله دیراک تمام الکترون‌ها درنهایت به انرژی منفی نامتناهی گرایش پیدا می‌کنند و این به معنای ناپایداری جهان بود. اما دیراک برای حل این مشکل نیز راه‌حلی خلاقانه ارائه کرد که نتایج جانبی شگفت‌انگیزی را به ارمغان آورد.

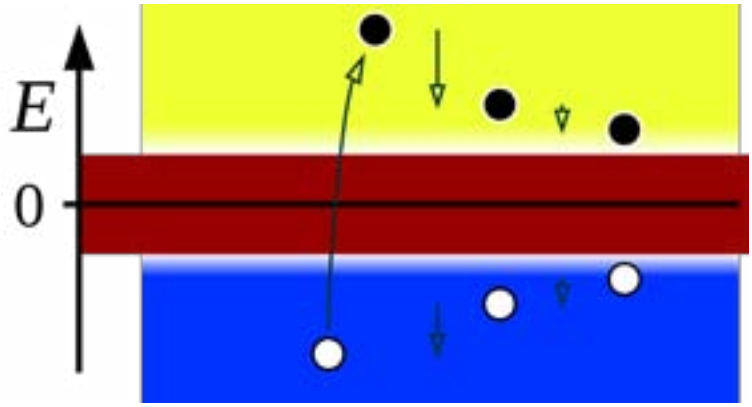
دریای دیراک

دیراک برای توجیه گرایش الکترون‌ها به انرژی منفی نامتناهی در سال ۱۹۳۰ مفهوم دریای دیراک را ابداع کرد. دیراک فرض کرد که تمام سطوح انرژی منفی از قبل پرشده‌اند. این سطوح انرژی منفی و

پرشده را دریای دیراک می‌نامیم. با این فرض دیگر الکترون نمی‌تواند به انرژی منفی فرو غلتد پس جهان پایدار خواهد بود. اما اگر یک اشعه به الکترونی در دریای دیراک برخورد کند چه اتفاقی خواهد افتاد؟ پاسخ به این سؤال بود که دیراک را به یکی از پیشگویان بزرگ در تاریخ علم تبدیل کرد.

پیشگویی وجود پادماده

دیراک این احتمال را بررسی کرد که ممکن است پرتوی مثل گاما به الکترونی که در حالت انرژی منفی در دریای الکترون قرار دارد، برخورد کرده و آن را به حالت انرژی مثبت پرتاب کند. در این صورت




پرتوگاما به الکترون تبدیل می‌شود و در دریای دیراک یک چاله ایجاد می‌شود. این چاله مثل حبابی در خلأ عمل کرده و به‌صورت الکترونی با بار مثبت پدیدار می‌شود. یعنی این چاله مثل یک پاد الکترون (ضد الکترون) عمل می‌کند.

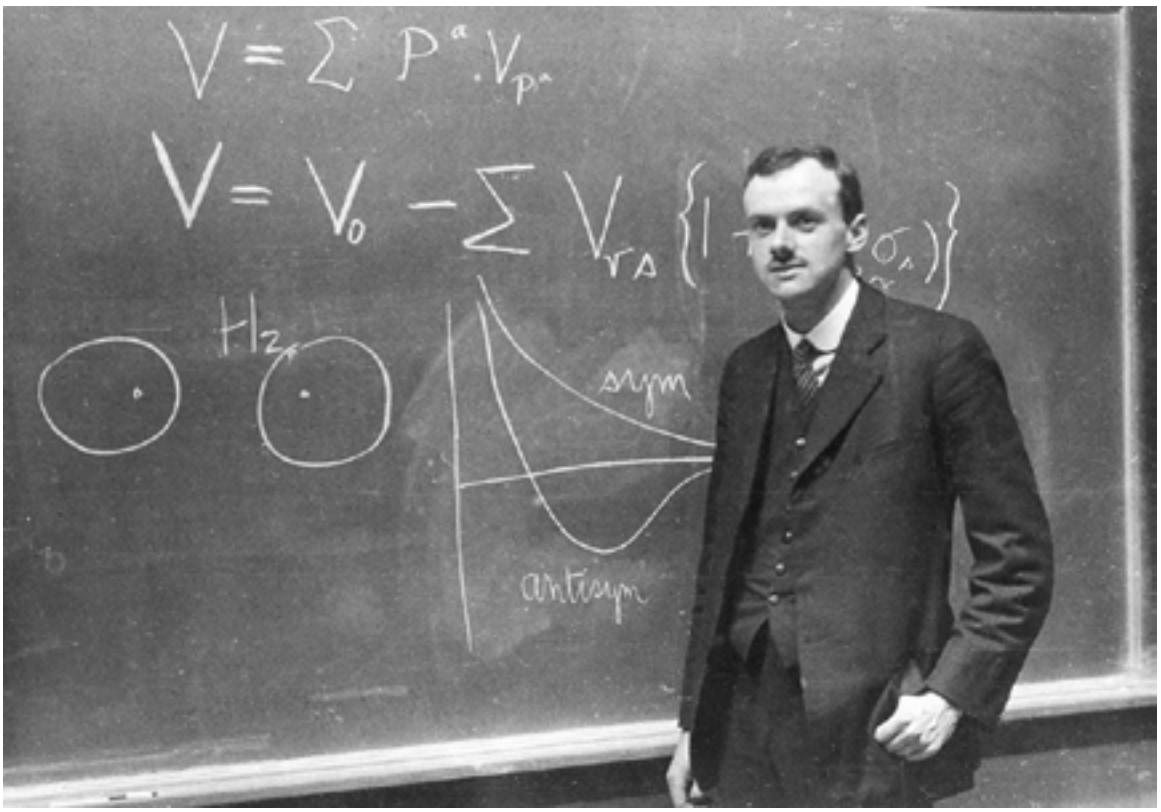
بدین ترتیب دیراک پیش‌بینی کرد که ممکن است پادماده‌ها یا پادذره‌ها وجود داشته باشند. او مقالهٔ شامل این پیش‌بینی را در سال ۱۹۳۰ منتشر کرد و فقط یک سال پس‌ازآن بود که فیزیکدان آمریکایی کارل اندرسون در هنگام تحقیق بر روی پرتوهای کیهانی موفق به کشف پادذرهٔ الکترون یعنی پوزیترون شد. پوزیترون همان جرم و اسپین الکترون را دارد اما دارای بار مثبت است. الکترون و پوزیترون پس از برخورد با یکدیگر نابودشده و از برخورد آن‌ها دو فوتون به وجود می‌آید.

پادماده

پادماده به این دلیل وجود دارد که معادله دیراک دارای دو جواب است: یکی برای ماده و یکی برای پادماده. این دو پاسخ ناشی از وارد شدن نسبیت خاص اینشتین در معادله دیراک است. در اواسط دهه ۱۹۵۰ پادپروتون و پادنوترون نیز در شتاب‌دهنده‌ها آشکارسازی شدند. پادماده‌ها به‌طور طبیعی در زمین یافت نمی‌شوند به این دلیل که برخورد آن‌ها با مواد موجود باعث نابودی آن‌ها و تبدیل آن‌ها به انرژی می‌شود. میزان این انرژی برابر ۲^E=MC هست که در این رابطه M مجموع جرم ماده و پادماده نابودشده با همدیگر است. این انرژی اغلب به‌صورت امواج الکترومغناطیسی و پرتوگاما آزاد می‌شود. به دلایلی که چندان مشخص نیست عدم تقارن بزرگی میان ماده و پادماده وجود دارد. یعنی درحالی‌که مقدار زیادی ماده وجود دارد اما پادماده به‌ندرت یافت می‌شود.

پیشگام الکترودینامیک کوانتومی

ایده وحدت‌بخشی نسبیت خاص با مکانیک کوانتومی در قالب نظریهٔ الکترودینامیک کوانتومی در سال ۱۹۲۸ توسط دیراک پیشنهاد شد. باوجود گام‌هایی که خود دیراک با لحاظ نسبیت خاص در



معادله‌اش در این راستا برداشت اما وجود موانعی باعث شد که تلاش او و سایر فیزیکدانان تا حدود چهار دهه ناکام بماند. تا اینکه ریچارد فاینمن و دو فیزیکدان دیگر جولین شونگر و شین ایچیرو توموناگو به فرمول‌بندی مجدد آن پرداختند تا بتوانند مشکلات آن را رفع کنند. این سه دانشمند با آغاز از دیدگاه‌هایی متفاوت به‌گونه‌ای تقریباً هم‌زمان به راه‌حل‌هایی یکسان برای مسائل الکترودینامیک کوانتومی رسیدند. و ازاین‌رو جایزه نوبل فیزیک سال ۱۹۶۵ به این سه نفر تعلق گرفت. الکترودینامیک کوانتومی (QED) به دو نوع از ذرات بنیادی، الکترون‌ها و فوتون‌ها، و راه‌های متعدد برهمکنش آن‌ها می‌پردازد. و هرچند برحسب معیارهای امروزی در عرصهٔ کوچکی سهم داشت و تنها برهمکنش‌های فوتون و الکترون را موردبررسی قرار می‌داد (نیروهای هسته‌ای قوی و ضعیف و گرانش را شامل نمی‌شد) اما این اکتشاف که پس از سال‌ها ناامیدی به ثمر رسید، اولین پیشرفت اساسی درزمینهٔ وحدت‌بخشی نسبیت خاص و مکانیک کوانتومی بود که ایدهٔ اولیه آن از ذهن خلاق پل دیراک نشئت گرفت.

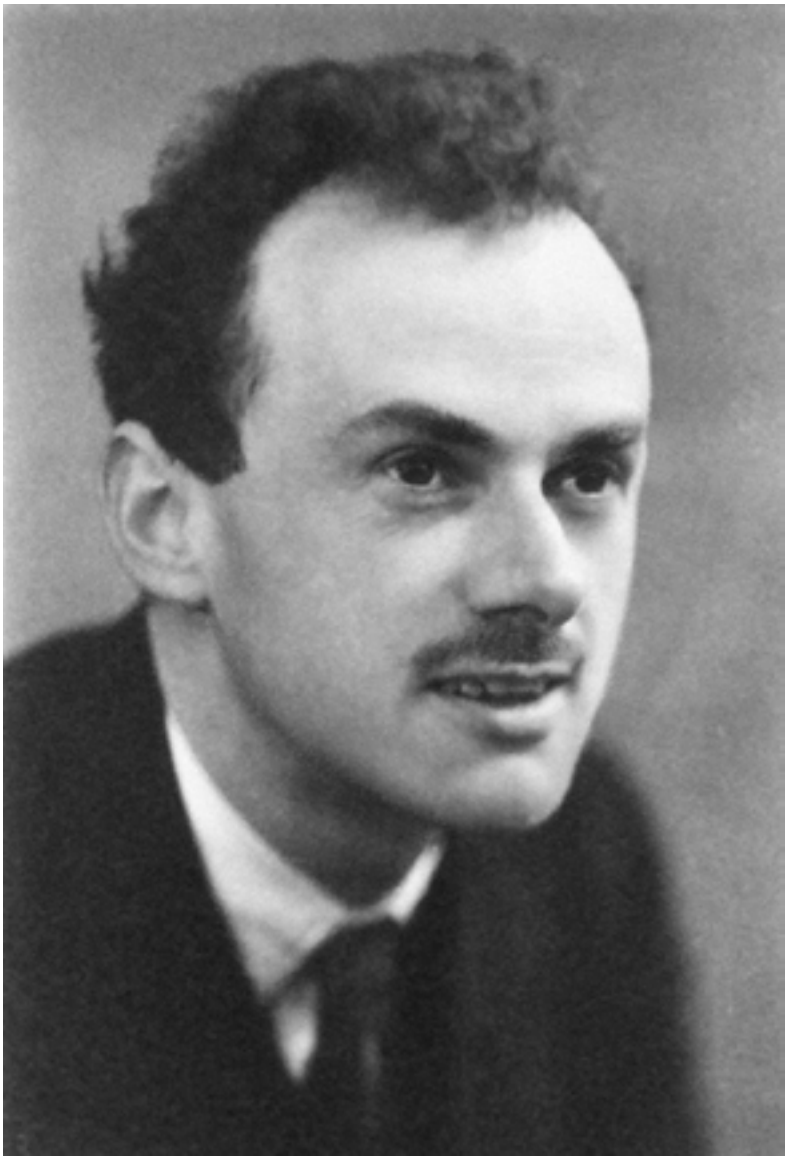
تک قطب مغناطیسی دیراک

همان‌طور که دیدیم برخی از پیش‌بینی‌های عجیب دیراک از قبیل وجود پادماده به اثبات رسید. اما برخی ایده‌های عجیب او همچنان محل بحث و بررسی است. یکی از این ایده‌ها تک‌قطبی مغناطیسی نام دارد. بر اساس الکترومغناطیس کلاسیک چیزی به اسم تک‌قطبی مغناطیسی وجود ندارد و به‌طور مثال وقتی یک آهنربا را که دارای یک قطب شمال و یک قطب جنوب است، از وسط به دونیم می‌کنید به‌جای اینکه دو تک‌قطبی مغناطیسی به دست آورید همیشه دو مغناطیس دوقطبی به دست می‌آورید. حتی اگر دو نیم کردن را تا ریزترین ذرات مغناطیس ادامه دهید همچنان هر ذره شامل دو قطب شمال و جنوب خواهد بود. به همین دلیل وقتی‌که دیراک احتمال وجود تک‌قطبی مغناطیسی را مطرح کرد، دانشمندان را حیرت‌زده نمود. تک‌قطبی مغناطیسی یک ذرهٔ فرضی حامل یک بار مغناطیسی بنیادی است. یک تک قطب مغناطیسی شمال یا جنوب که مثل یک ذره آزاد رفتار می‌کند بسیار شبیه یک بار الکتریکی خواهد بود. دیراک مدعی بود که حتی اگر فقط یک تک‌قطبی در گوشه‌ای از عالم وجود داشته باشد برای توضیح اینکه چرا بار الکتریکی فقط به‌صورت مضربی از بار الکتریکی در الکترون وجود دارد؛

کافی خواهد بود و برخی رازهای پیدایش جهان را آشکار خواهد ساخت.

اعداد بزرگ دیراک

اعداد بزرگ دیراک فرضیه‌ای دربارهٔ ثابت‌های بنیادی فیزیک است که دیراک بر اساس دو عدد بدون بُعدی که در سال ۱۹۳۷ از ثابت‌های بنیادی فیزیک ساخت ارائه کرد. دیراک معتقد بود که نسبت مقیاس‌های کیهان با نسبت نیروهای طبیعت مرتبط است و نتیجه گرفت که ثابت گرانش با زمان تغییر می‌کند و جرم کیهان متناسب با مجذور سن کیهان است. برخی مدل‌های کیهان‌شناسی این نسبت‌ها را به‌عنوان فرض اساسی خود در نظر می‌گیرند. این فرضیه در صورت صحت می‌تواند سرنخی برای تلفیق

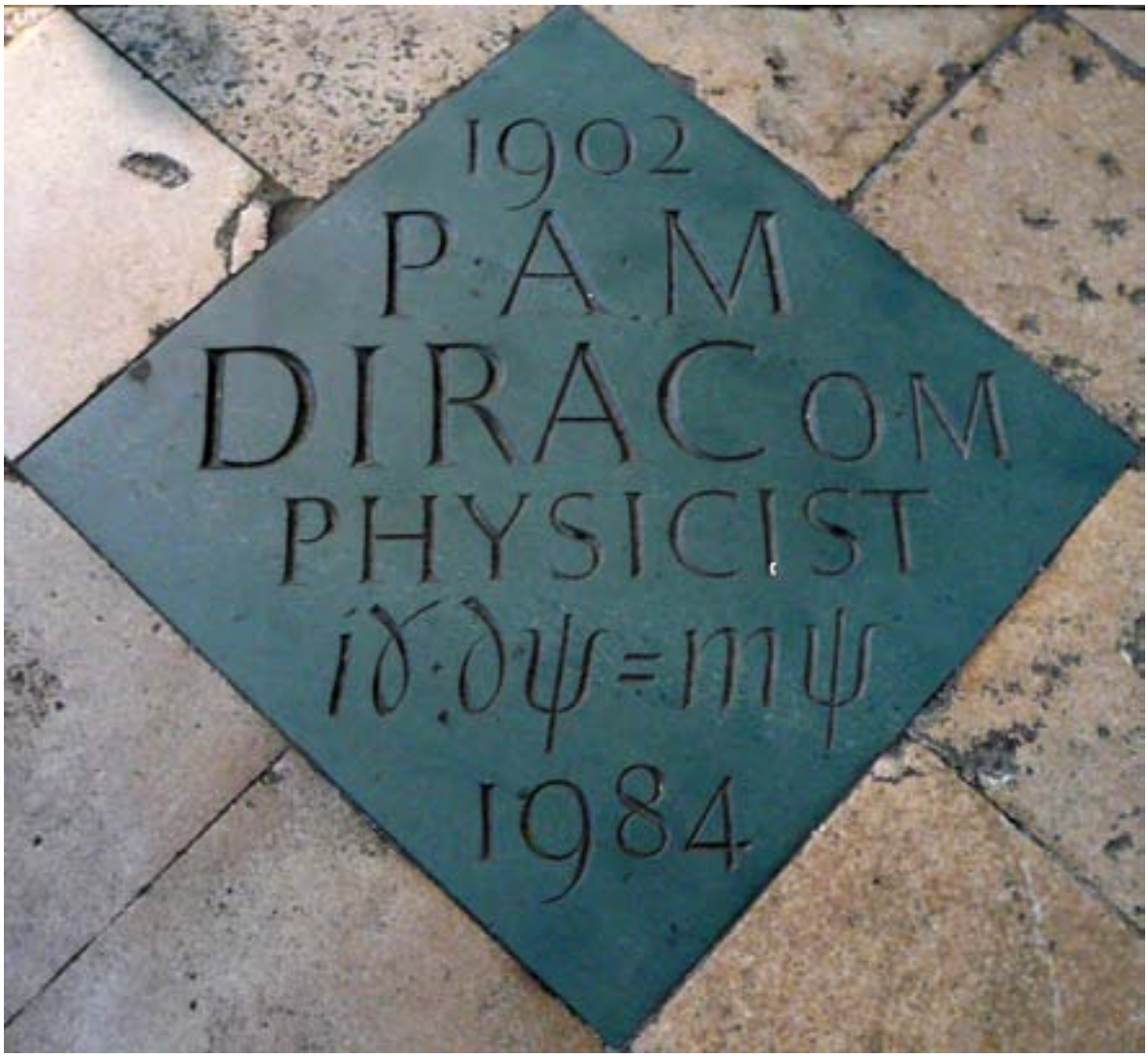


گرانش با مکانیک کوانتومی و دستیابی به یک نظریهٔ گرانش کوانتومی باشد.

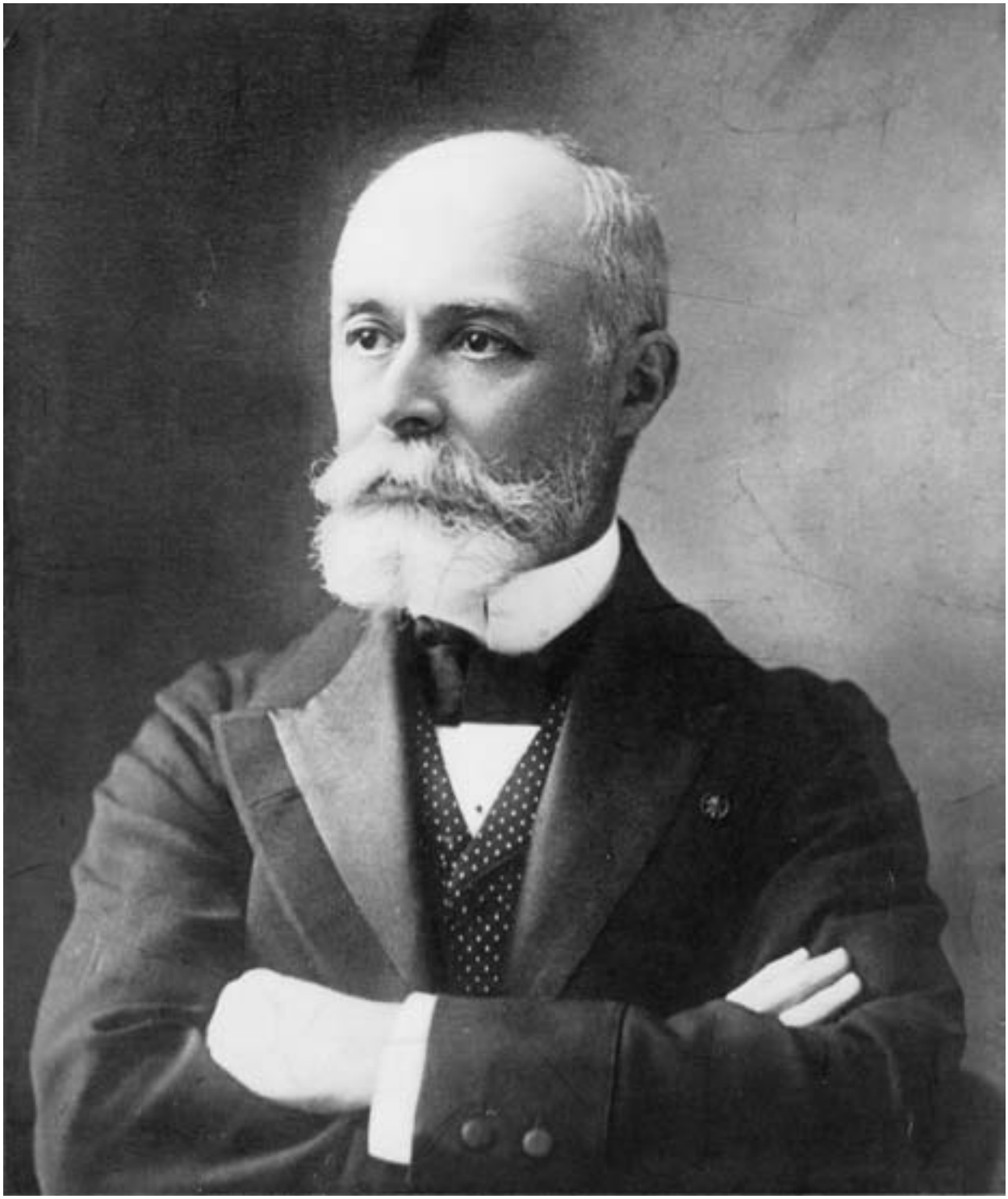
نابغهٔ کم‌حرف

دیراک شخصیتی منزوی و کم‌حرف بود. او به‌ندرت حرف می‌زد به‌طوری‌که همکارانش قادر بودند کلمات او در طول روز را بشمارند. دوستانش در دانشگاه کمبریج داستانی با این مضمون ساخته بودند که پس از یک بررسی آماری دقیق به این نتیجه رسیده‌اند که دیراک به‌طور میانگین در هر ساعت فقط یک کلمه حرف می‌زند! در سال ۱۹۳۳ جایزه نوبل فیزیک برای ابداع یک مدل اتمی جدید به‌طور مشترک به دیراک و شرودینگر اهدا شد. او از شهرت بیزار بود و نمی‌خواست جایزه نوبل را بپذیرد و فقط پس از شنیدن این جملهٔ رادرفورد که «نپذیرفتن جایزه، شهرت بیشتری به ارمغان می‌آورد» حاضر به پذیرفتن جایزه نوبل شد! دیراک از سال ۱۹۳۲ تا ۱۹۶۹ کرسی استادی لوکاسین در ریاضیات را کمبریج در اختیار داشت، جایگاهی که زمانی به آیزاک نیوتن تعلق داشته است. پل دیراک در ۱۹۸٤ در سن ۸۲ سالگی در فلوریدا درگذشت.

سنگ قبر دیراک که معادله معروف او روی آن حک شده است.



هانری بکرل؛ کاشف پرتوزایی



او یک دانشمند و فیزیکدان خواهد شد چندان دشوار نبود. به این دلیل که پدربزرگ او، آنتوان سزار بکرل (۱۷۸۸-۱۸۷۸)، و پدرش، الکساندر ادموند بکرل (۱۸۲۰-۱۸۹۱)، هر دو فیزیکدانانی بنام بودند که درزمینهٔ الکتریسیته و نور تحقیق می‌کردند. پدربزرگ او از پیشگامان تحقیق در مورد الکتریسیته بود و در سال ۱۸۲۵ یک نوع گالوانومتر را برای اندازه‌گیری دقیق مقاومت الکتریکی اختراع کرد. او همچنین در سال ۱۸۲۹ نوعی باطری جریان ثابت را ابداع کرد. این علایق به پسر او نیز منتقل شد. وقتی پدر هانری نوزده سال داشت در تحقیقی مشترک با پدربزرگش، موادی را کشف کرد که در اثر برخورد با نور خورشید جرقه تولید می‌کردند. این کشف که به تولید الکتریسیته در اثر تابش نور منجر می‌شد و اثر فوتوولتائیک (photovoltaic effect) یا «اثر بکرل» نیز معروف است مبنای فناوری سلول‌های خورشیدی فعلی هست. ادموند بکرل تحقیقاتی را نیز در مورد مواد فسفرسانس انجام داد که پیگیری آن توسط پسرش منجر به کشف پرتوزایی و دریافت جایزه نوبل شد.

از مهندسی تا فیزیک

هانری بکرل تحصیلات خود را در پلی‌تکنیک پاریس و سپس در مدرسه «پل‌ها و راه‌ها» به‌عنوان مهندس راه و ساختمان ادامه داد. پس از اتمام تحصیلات مهندسی در سال ۱۸۷۸ به‌عنوان مهندس در وزارت راه و پل مشغول به کار شد. در سال ۱۸۸۸ دکترای خود را در علوم دریافت کرد و در سال ۱۸۹۲، پس از پدربزرگ و پدر خود، به‌عنوان سومین فرد از اعضای خانواده بکرل‌ها، کرسی استادی فیزیک در موزه ملی تاریخ طبیعی پاریس را به دست آورد. رساله دکترای او در مورد «قطبی‌سازی نور با پدیده فسفرسانس و جذب نور توسط کریستال‌ها» انجام شد که تداوم آن تحولی بزرگی را در درک خواص برخی مواد موجب شد.

کشفی تصادفی که توجه بکرل را جلب کرد

گزارشی که یک فیزیکدان تجربی آلمانی به نام ویلهلم رونتگن در ۲۸ دسامبر ۱۸۹۵ در قالب مقاله‌ای با عنوان «رساله‌ای مقدماتی دربارهٔ نوعی پرتو جدید» منتشر کرد، توجه هانری بکرل را جلب کرد.

رونتگن به‌طور اتفاقی متوجه شد که صفحه عکاسی که در پوشش کاغذی سیاهی پیچیده شده و در کیف چرمی در انتهای کشوی میز آزمایشگاه قرار داشت به‌طور اسرارآمیزی در معرض نور قرارگرفته و تصویر شبح‌گونه یک کلید بر روی آن نقش بسته است. به‌این‌ترتیب او موفق به کشف نوعی پرتو جدید شد. پرتوهایی که رونتگن کشف کرده و آن‌ها را به دلیل برخی ویژگی‌های ناشناخته «اشعه x» نامیده بود، خواصی شبیه نور داشتند: در خط مستقیم منتشر می‌شدند، ایجاد سایه می‌کردند و به‌راحتی صفحه عکاسی را تحت تأثیر قرار می‌دادند. اما خاصیت شگفت‌انگیز این پرتو جدید این بود که می‌توانست تقریباً در هر شیئی ازجمله کاغذ، چوب و اندام انسان نفوذ کنند. سایه‌هایی که این پرتوها از استخوان‌بندی درون بدن ایجاد می‌کردند باعث شور و هیجان زیادی شد.

ارتباط فلوئورسانی و پرتوهای ایکس

در اواخر قرن نوزدهم بسیاری از فیزیکدانان به مطالعهٔ پرتوهایی علاقه‌مند شده بودند که در سال ۱۸۶۹ توسط یوهان هیتورف کشف و هفت سال بعد توسط یوگن گلدشتین «پرتوهای کاتدی» نام‌گذاری شد. این پرتو زمانی تولید می‌شد که برق ولتاژ قوی بین دو الکترود که داخل لوله شیشه‌ای تقریباً خالی از هوا (لوله کروکس یا لامپ تخلیه) قرار داشت، برقرار می‌شد. لوله کروکس که در آن زمان بسیار مورداستفاده فیزیکدانان بود، شامل یک حباب شیشه‌ای بود که تقریباً هوای آن تخلیه کامل شده و دو الکترود به فاصله چند سانتیمتر از یکدیگر در آن قرار داشت. با برقراری اختلاف‌پتانسیل زیاد در حدود چندین هزار ولت بین الکترودها، اشعه کاتودیک از کاتد (قطب منفی) به‌طرف آنُد (قطب مثبت) جریان می‌یافت تا به جداره لوله اصابت نماید. خیلی زود معلوم شد که پرتو کاتدی درواقع جریانی از الکترون‌های با سرعت‌بالا و با بار منفی است. پرتوهای ایکس درجایی به وجود می‌آمد که باریکهٔ پرتو کاتدی با جدار شیشه‌ای لوله برخورد می‌کرد. در همان نقطهٔ برخورد با شیشه نیز یک درخشندگی قوی یا فلوئورسانی ایجاد می‌شد. این پدید باعث شد که توجه بکرل به ارتباط میان فلوئورسانی و پرتوهای x جلب شود.

فسفرسانس و فلوئورسانس

خاصیتی که برخی از مواد ازجمله فسفر از خود نشان می‌دهند. این مواد پس از قرار گرفتن در برابر منبع نور یا حرارت، انرژی دریافتی را در خود ذخیره کرده و سپس آن را به‌صورت نور مرئی از خود منتشر می‌کنند. وقتی‌که جسم در برابر منبع نور قرار می‌گیرد الکترون‌های ترازهای پایین‌تر اطراف هسته اتم در اثر دریافت انرژی به ترازهای بالاتر منتقل می‌شوند و پس از تابش انرژی خود به‌صورت فوتون به تراز اولیه برمی‌گردند. خاصیت فسفرسانی یا فلوئورسانی وقتی روی می‌دهد که الکترون برانگیخته مستقیماً به تراز پایه برنگردد؛ بلکه ابتدا به ترازهای میانی رفته و  بعد به تراز پایه برسد که در این صورت الکترون، فوتون‌هایی با انرژی کمتر یعنی با طول‌موج بلندتر از خود ساطع می‌کند که برای چشم انسان قابل‌رؤیت است. موج بازگشتی از پدیده فسفرسانس نسبت به موج بازگشتی از پدیده فلوئورسانس، انرژی کمتر و درنتیجه طول‌موج بلندتری دارد. به همین دلیل دوام تابش مواد فسفرسانس (مثل عقربه‌های ساعت شب نما) نسبت به مواد فلوئورسانس (مثل لامپ فلوئورسنت)، پس از قطع منبع تغذیه، بیشتر است.

بازهم شانس به سراغ یک ذهن آماده آمد

هانری بکرل حدس زد که فلوئورسانی و اشعه‌های x احتمالاً با سازوکار یکسانی تولید می‌شوند. این ایده باعث شد که بکرل در سال ۱۸۹۶ به جستجوی پرتوهای x با منابع فلوئورسانی و فسفرسانی دیگر برآید. ازجمله این مواد مادهٔ مرکبی شامل اورانیوم به نام سولفات اورانیل پتاسیم بود که قبلاً خاصیت فسفرسانی آن را تحت تأثیر نور خورشید بررسی کرده بود.

بکرل یک فیلم عکاسی را که کاملاً پوشانده شده بود در مقابل نور شدید خورشید و یک بلور فسفرسانس متشکل از پتاسیم سولفات و اورانیم قرار داد. اگر بلور قادر به تولید اشعه ایکس بود، باید از پوشش کاغذی فیلم عبور و آن را سیاه می‌کرد. فیلم کاملاً سیاه شد. بکرل برای اطمینان یک سکه را میان بلور و فیلم قرار داد. پرتو ایکس قادر به عبور از سکه نبود. مشاهده تصویر سکه در روی فیلم، بکرل را مطمئن ساخت که آن بلور اشعه ایکس تولید می‌کند. در ماه مارس ۱۸۹۶ هوای ابری مانع انجام آزمایش بکرل شد. او فیلمی را که کاملاً پوشانده شده بود با تعدادی از بلورها در کشوی میز خود قرار داد و منتظر ماند تا هوا آفتابی شود. هوا همچنان ابری بود و بکرل از روی بی‌حوصلگی فیلم‌ها را ظاهر کرد. اینجا بود که دوباره شانس به سراغ یک ذهن آماده آمد. فیلم کاملاً سیاه شده بود بدون اینکه بلورهای داخل کشو نوری از آفتاب دریافت کنند.

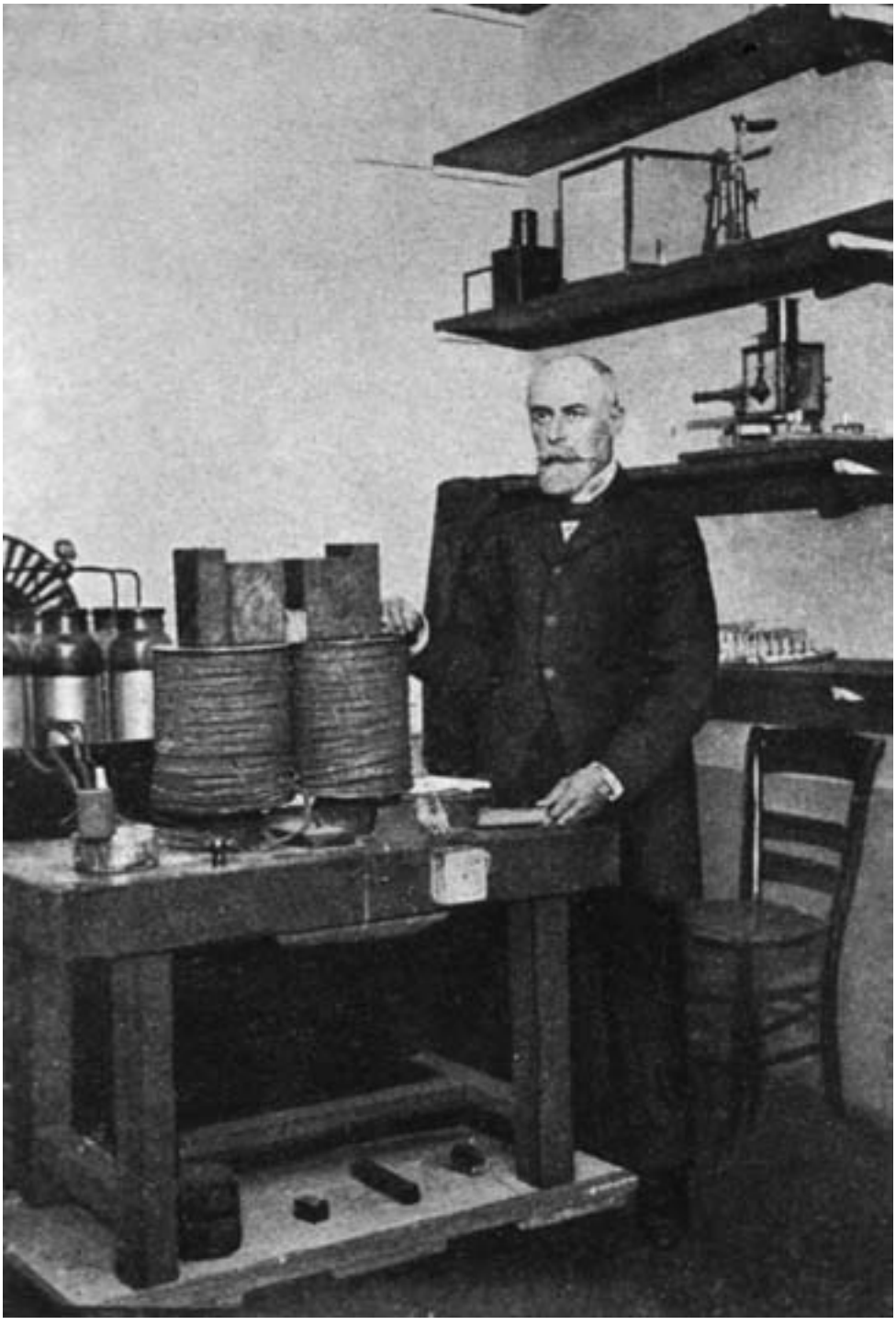
کشف پرتوزایی

هانری بکرل کشف کرد که نمک اورانیم منبع نافذی از پرتوهایی ثابت هستند حتی بدون اینکه در معرض نور خورشید قرار داشته باشند. این پرتوها پدیده مستقلی بودند که مستقیماً با فلوئورسانی ارتباطی نداشتند. حال اگر پدیده فلوئورسانی که همواره در اثر یک انرژی ورودی روی می‌داد، در تولید این پرتوها دخیل نبود، آن‌ها چگونه تولید می‌شدند؟ پرتوهای بکرل منبع انرژی مشخصی نداشتند و این ظاهر ناقض قانون اول ترمودینامیک بود. بکرل با بررسی بلورهای مختلف موجود در کشوی آزمایشگاه خود کشف کرد که «پیچبلاند» که نوعی سنگ اورانیم است، قوی‌ترین تولیدکنندهٔ پرتوهای مذبور است. او دریافت که نیازی نیست تا این ماده در برابر نور خورشید قرار گیرد تا از خود پرتو ساطع کند. او کشف کرد که این پرتوها به‌طور خودبه‌خودی از آن ساطع می‌شود و خاصیتی مربوط به اتم اورانیم

است.

رادیواکتیویته یا پرتوزایی

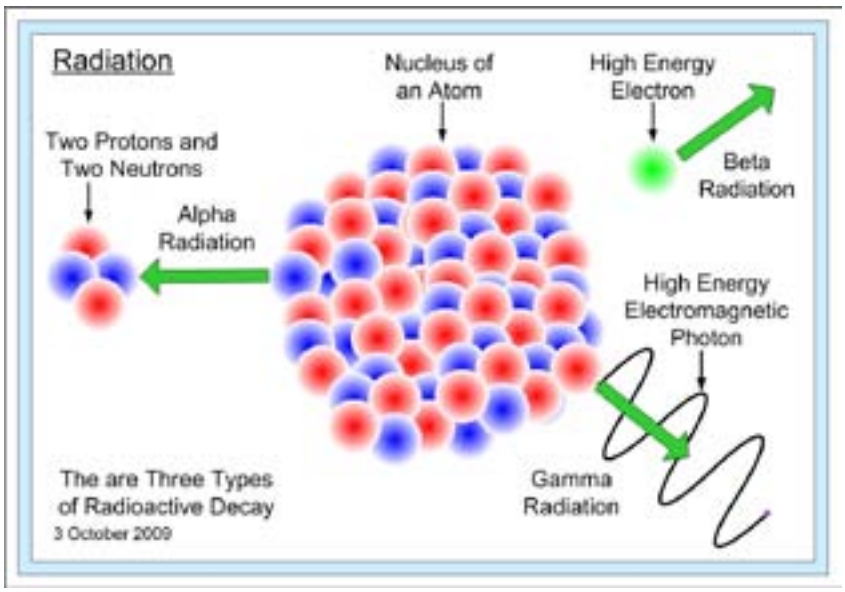
به فرآیندی گفته می‌شود که در طی آن هسته‌های ناپایدار دچار واپاشی یا شکافت هسته‌ای می‌شوند. این فرآیند معمولاً یک پرتو با مقدار زیادی انرژی به وجود می‌آورد. در اثر واپاشی هسته‌ای پس از یک زمان تصادفی، هسته‌های بزرگ به هسته‌های کوچک‌تر و معمولاً پایدارتر تجزیه می‌شوند و ماده اولیه



به‌تدریج از بین می‌رود. واپاشی هسته‌ای شامل سه نوع آلفا، بتا و گاما می‌باشند که به ترتیب یک‌ذره آلفا (شامل هسته هلیم شامل دو پروتون و دو نوترون)، یک ذره بتا (الکترون یا پوزیترون) و یک ذره گاما (فوتون) گسیل می‌کنند. شکافت هسته‌ای در صورت کنترل می‌تواند منبعی برای تولید مقدار بسیار هنگفتی از انرژی باشد و در صورت عدم کنترل به‌صورت بمبی مخرب و پرتوهای آلاینده حیات جانوران و گیاهان را با خطرات جدی مواجه می‌سازد.

دری جدید که به جهان درون ماده گشوده شد

کشف بکرل تحت شعاع جنجال کشف اشعه ایکس قرار گرفت و توجه افراد زیادی را جلب نکرد. یکی

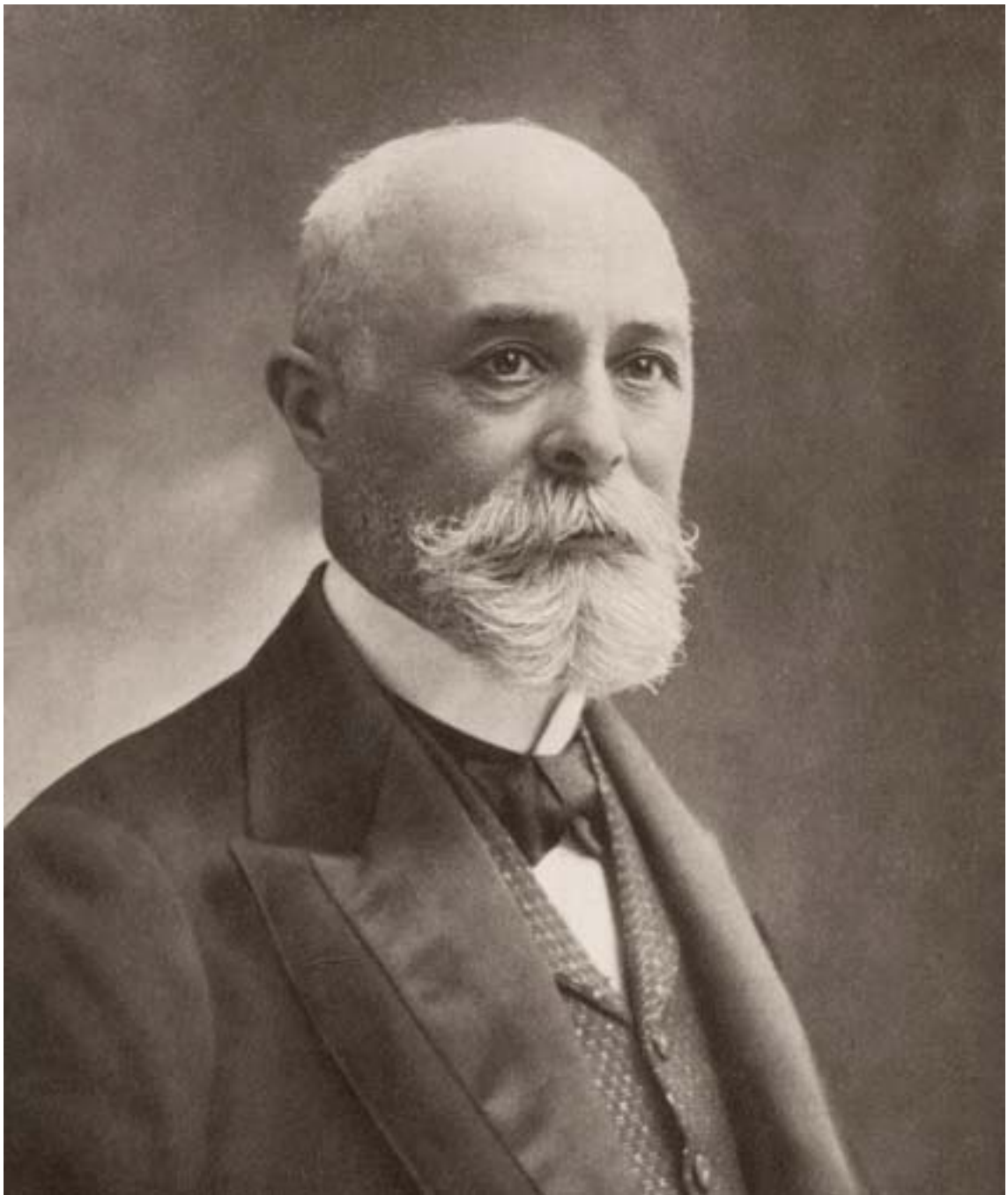



از معدود افرادی که به کشف بکرل جلب شد، یکی از شاگردان بکرل، یک بانوی پژوهشگر جوان و بلندپرواز به نام ماری کوری بود. ماری کوری به‌اتفاق همسرش پیر کوری به ارزیابی فهرستی از مواد مرکب خالص و کانی‌ها کردند. همان‌طور که انتظار می‌رفت ثابت شد که ترکیبات اورانیم قادر به تولید این پرتوها هستند. ماری کوری این خاصیت را رادیواکتیویته (پرتوزایی) نامید. آن‌ها پی بردند که این خاصیت در مورد توریم هم صادق است. مشاهده کلیدی ماری کوری این بود که کانی‌های اورانیوم، به‌ویژه پیچبلاند، فعال‌تر از اورانیم خالص بودند. این موضوع باعث شد ماری کوری حدس بزند که

عنصری ناشناخته با فعالیتی بیشتر از اورانیم باید در این کانی‌ها وجود داشته باشد. چنین بود که کوری‌ها پس از پروسهٔ طاقت‌فرسای تجزیه و استخراج در سال ۱۸۸۹ عنصر پرتوزای جدیدی را کشف کردند به‌افتخار زادگاه ماری کوری (لهستان یا Poland) پلونیم نام‌گذاری شد.شش ماه بعد آن‌ها عنصر رادیواکتیو دیگری را کشف کردند که رادیم نام گرفت.

چنین بود که جایزه نوبل فیزیک در سال ۱۹۰۳ به‌طور مشترک به هانری بکرل و ماری اسکلودوفسکا و پیر کوری تعلق گرفت. کشفی که همان‌طور که در گزارش کمیته نوبل آمده «حوزهٔ کاملاً جدید با بیشترین اعتبار، منزلت و علاقه برای پژوهش در فیزیک را گشود» و «کشف بکرل دربارهٔ پرتوزایی خودبه‌خود اورانیم، الهام‌بخش پژوهش جدی مداوم برای یافتن عناصر بیشتر با کیفیت‌های چشمگیر شد» و درنهایت به توسعه فیزیک هسته‌ای و درک عمیق‌تر ساختار ماده انجامید.

هانری آنتوان بکرل در ۵۵ سالگی در سوم شهریور (۲۵ اوت) ۱۹۰۸ در فرانسه درگذشت.



## دانشمندی که جهان را از یک فروپاشی فرضی نجات داد!

نیلز بور؛ کاشف مدل اتمی بور، واضع اصل مکملیت و از بنیان‌گذاران مکانیک کوانتومی

نیلز بور در کنار ماکس پلانک، آلبرت اینشتین، ورنر هایزنبرگ، ولفگانگ پائولی، پل دیراک، اروین شرودینگر و برخی دانشمندان دیگر، سهم بسیار عمده‌ای در توسعه و تکامل مکانیک کوانتومی داشت. او که از طریق مدل اتمی خود اولین پیوند را میان فیزیک کلاسیک و فیزیک کوانتومی ایجاد کرد، با وضع «اصل مکملیت» سعی کرد به تفسیر آن نظریه و درک بهتر آن نیز یاری رساند.

«جهان از چه ساخته‌شده است؟» این سؤال شاید از هزاران سال قبل ذهن بشر را به خود مشغول کرده باشد که منجر به ابداع افسانه‌ها و اسطوره‌های بسیاری نیز شده است. تالس، که برخی او را نخستین فیلسوف یونانی می‌دانند، به‌جای توسل به افسانه‌پردازی و اسطوره‌سازی سعی کرد که بر مبنای مشاهده جهان طبیعت و تفکر عقلانی به این سؤال پاسخ دهد. او معتقد بود که آب می‌تواند حالت‌هایی مختلفی داشته باشد: گاز (بخار)، مایع (آب دریا) و جامد (یخ). پس او فکر کرد که تمام مواد جهان از حالت‌های مختلف آب ساخته‌شده‌اند. برخی از فیلسوف-دانشمندان یونانی آتش را ماده اولیه جهان دانستند. در اواخر سده پنجم قبل از میلاد دموکریتوس نخستین نظریه اتمی را ارائه کرد. او مدعی شد که جهان از ذرات ریزی به نام اتم (به معنای تجزیه‌ناپذیر) تشکیل‌شده است. ارسطو معتقد بود که جهان از ترکیبات عناصر چهارگانه آب، آتش، خاک و هوا تشکیل‌شده است. تا اوایل قرن نوزدهم و به مدت بیش از دو هزار سال «عناصر چهارگانه ارسطو» نظریه غالب در مورد سنگ بنا و ماده اولیه جهان بود.

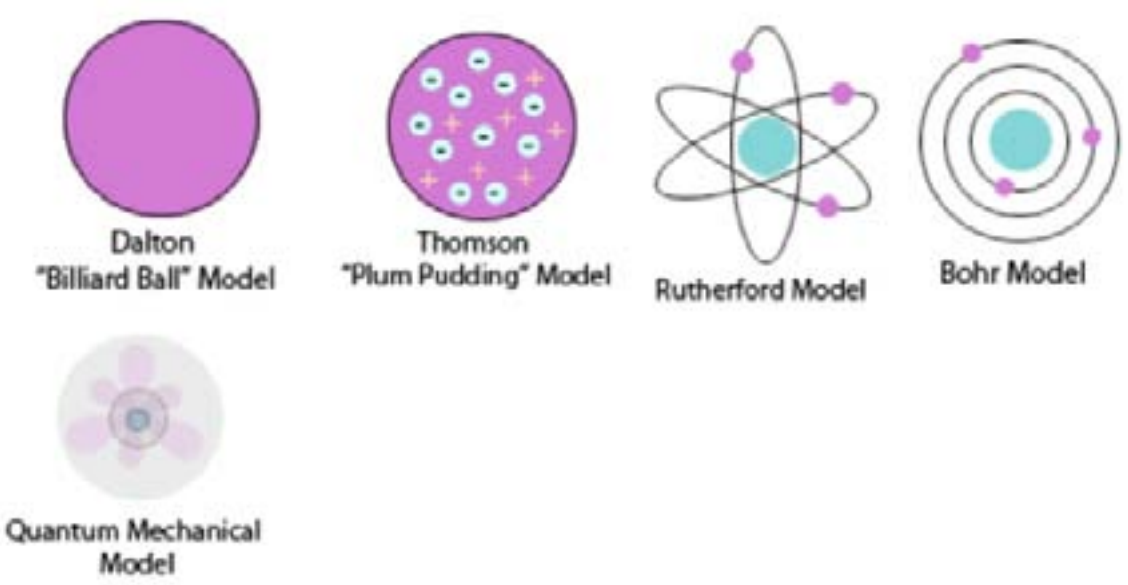
مدل اتمی مدرن: از دالتن تا رادرفورد

در سال ۱۸۰۸ جان دالتن شیمیدان انگلیسی مدعی شد که اگر بتوان به هر عنصر شیمیایی یک اتم مادی نسبت داد، می‌توان بسیاری از قوانین شیمیایی آن زمان را به‌سادگی توضیح داد. بر این اساس تمام مواد موجود در جهان باید از ترکیب‌های مختلف چند نوع محدود و متفاوت از اتم‌ها تشکیل‌شده باشد. دالتن هم مثل دموکریتوس اتم‌ها را تجزیه‌ناپذیر می‌دانست.

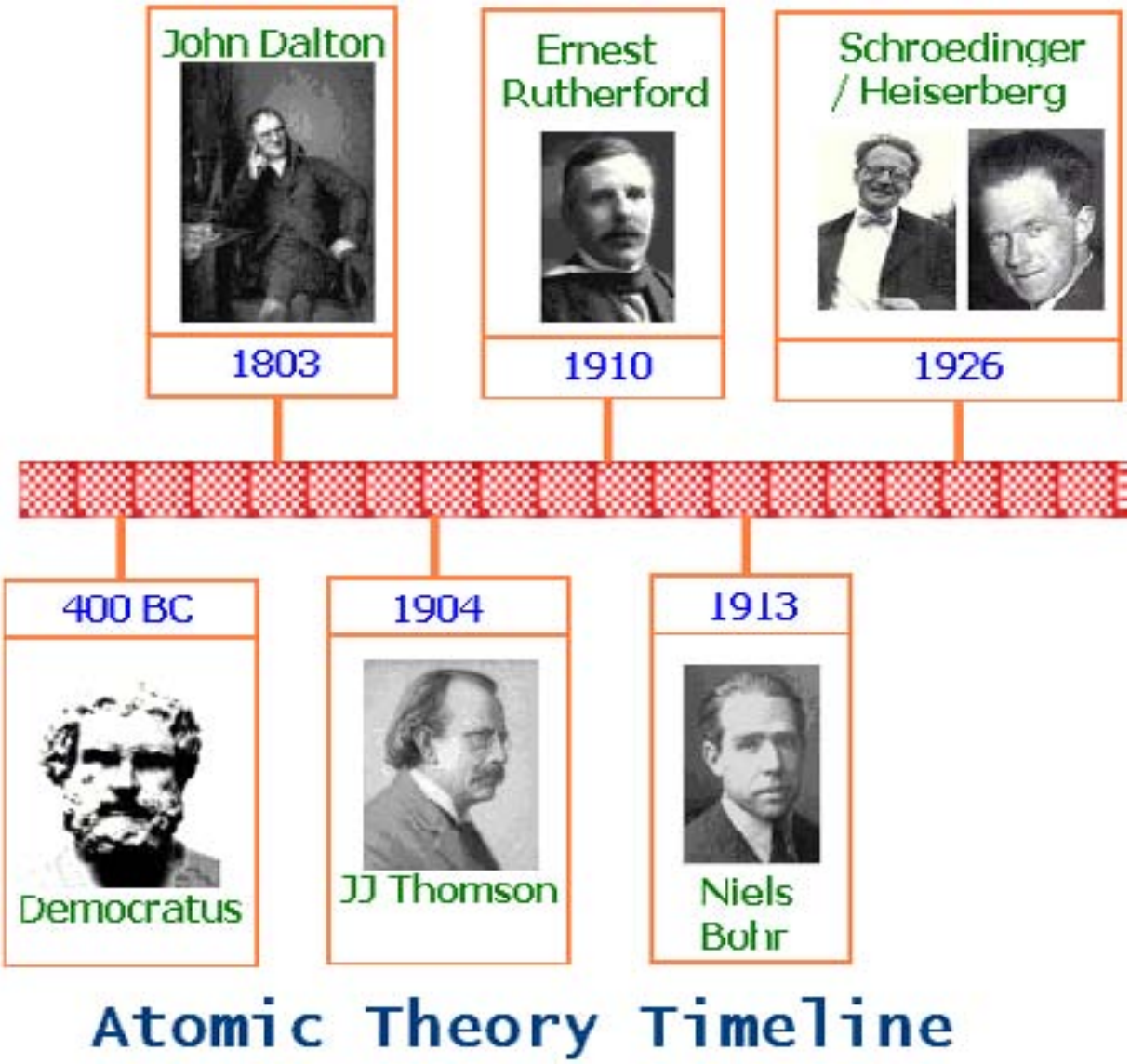
با کشف الکترون که دارای بار منفی بود و از داخل همان اتم تجزیه‌ناپذیر دالتن خارج می‌شد، در سال

۱۸۹۷ توسط جی جی تامسن، فیزیکدان انگلیسی، مشخص شد که باید بخشی از اتم هم باید بار مثبت داشته باشد و به‌این‌ترتیب معلوم شد که اتم دارای ساختار است و عنصر بنیادی و تجزیه‌ناپذیر نیست. طبق نظر تامسن اتم ماده بزرگ درهم‌آمیخته‌ای بود که بار مثبت داشت و در آن الکترون‌ها مانند کشمش‌هایی در یک کیک پراکنده‌شده بودند.

وقتی‌که ارنست رادرفورد، فیزیکدان نیوزلندی در دانشگاه منچستر انگلیس به بمباران ورقه نازکی از طلا توسط ذرات آلفا (هسته هلیم) پرداخت؛ انتظار نداشت که هیچ انحرافی در مسیر آن‌ها روی دهد. زیرا مدل کیک کشمشی تامسن در برابر ذرات آلفا مثل یک تارعنکبوت در برابر گلوله تفنگ بود. وقتی‌که




تعداد قابل‌توجهی از ذرات آلفا (حدود یک‌هزارم) از ورقه طلا به عقب رانده شدند رادرفورد آن را «باورنکردنی‌ترین اتفاق زندگی خود» دانست. او حدس زد که درون اتم باید چیزی بزرگ‌تر از ذرات آلفا وجود داشته باشد. در سال ۱۹۱۱ او آن چیز را «هسته» خواند که چون ذرات آلفا با بار مثبت را دفع می‌کرد پس دارای بار مثبت بود. این هسته، که ذره‌ای به قطر تقریبی ۱۰ ^(-۱۳) سانتیمتر بود، توسط یک بار منفی معادل آن تا شعاع کامل اتمی در حدود ۱۰ ^(-۸) سانتیمتر احاطه‌شده بود. یعنی اتم در حدود یک‌صد هزار بار بزرگ‌تر از هسته آن است. بااین‌حال این هسته ناچیز تقریباً تمام جرم اتم




را تشکیل می‌داد. چنین بود که رادرفورد آغاز عصر فیزیک هسته‌ای را رقم زد.

رادرفورد مدل اتمی کیک کشمشی تامسن را به مدل منظومه‌ای تغییر داد. در این مدل جدید، اتم از هسته کوچک متراکمی تشکیل‌شده که بار مثبت دارد و الکترون‌ها که دارای بار منفی هستند به دور آن می‌چرخند. اما رادرفورد با ارائه این مدل جهان را با خطر بزرگی مواجه ساخت!

ظهور یک ناجی

قهرمان علمی ما که نیلز هنریک دیوید بور (Niels Henrik David Bohr) نام داشت در ۷ اکتبر (۱۵ مهرماه) سال ۱۸۸۵ در شهر کپنهاک دانمارک در خانواده‌ای فرهیخته به دنیا آمد. پدرش استاد فیزیولوژی

دانشگاه کپنهاک و مادرش از خانواده‌ای سرشناس در عرصه اقتصاد و سیاست بود. نیلز بااینکه در مدرسه عملکرد خوبی داشت هیچ‌گاه شاگرداول نشد. او معمولاً در کلاس بیست‌نفری شاگرد سوم یا چهارم بود. نیلز به همه دروس علاقه داشت اما ریاضی و فیزیک دروس محبوب او بودند.

بور در سال ۱۹۰۳ در رشته فیزیک دانشگاه کپنهاک نام‌نویسی کرد. در دوران دانشجویی با آزمایش‌هایی که روی کشش سطحی آب و محاسبه نیروی آن انجام داد توانست مدال طلای آکادمی علوم و ادبیات دانمارک را به دست آورد. در سال ۱۹۱۱ با نوشتن رساله‌ای درباره نظریه الکترونی فلزات دکترای خود را دریافت کرد. تز دکترای او که بر نارسایی‌های فیزیک کلاسیک در توضیح رفتار ماده در سطح اتمی می‌پرداخت، آغاز تمرکز او بر موضوع تحقیق علمی در بقیه زندگی‌اش بود.

بور برای گذراندن دوره پژوهشی فوق دکترا ابتدا به دانشگاه کمبریج رفت تا زیر نظر جی جی تامسن به تحقیق بپردازد. اما تامسن علاقه چندانی به کار او نشان نداد. چنین بود که بور، که نظریه اتمی رادرفورد را نیز اغواکننده یافته بود، در سال ۱۹۱۲ تصمیم گرفت به دانشگاه منچستر جایی که رادرفورد مدیریت آزمایشگاه فیزیک اتمی آن را بر عهده داشت، منتقل شود. رادرفورد فوراً به تابناکی اندیشه بور پی برد و از همان آغاز به تشویق او پرداخت. رادرفورد سرمشق حیات علمی بور شد. آن دو از همان نخستین دیدار با یکدیگر دوست شدند و تا آخر عمر دوستانی نزدیک باقی ماندند. اما قرار بود به خاطر نجات جهان هم که شده، نیلز بور به جنگ مدل اتمی دوست صمیمی و استاد الهام‌بخش خود برود.

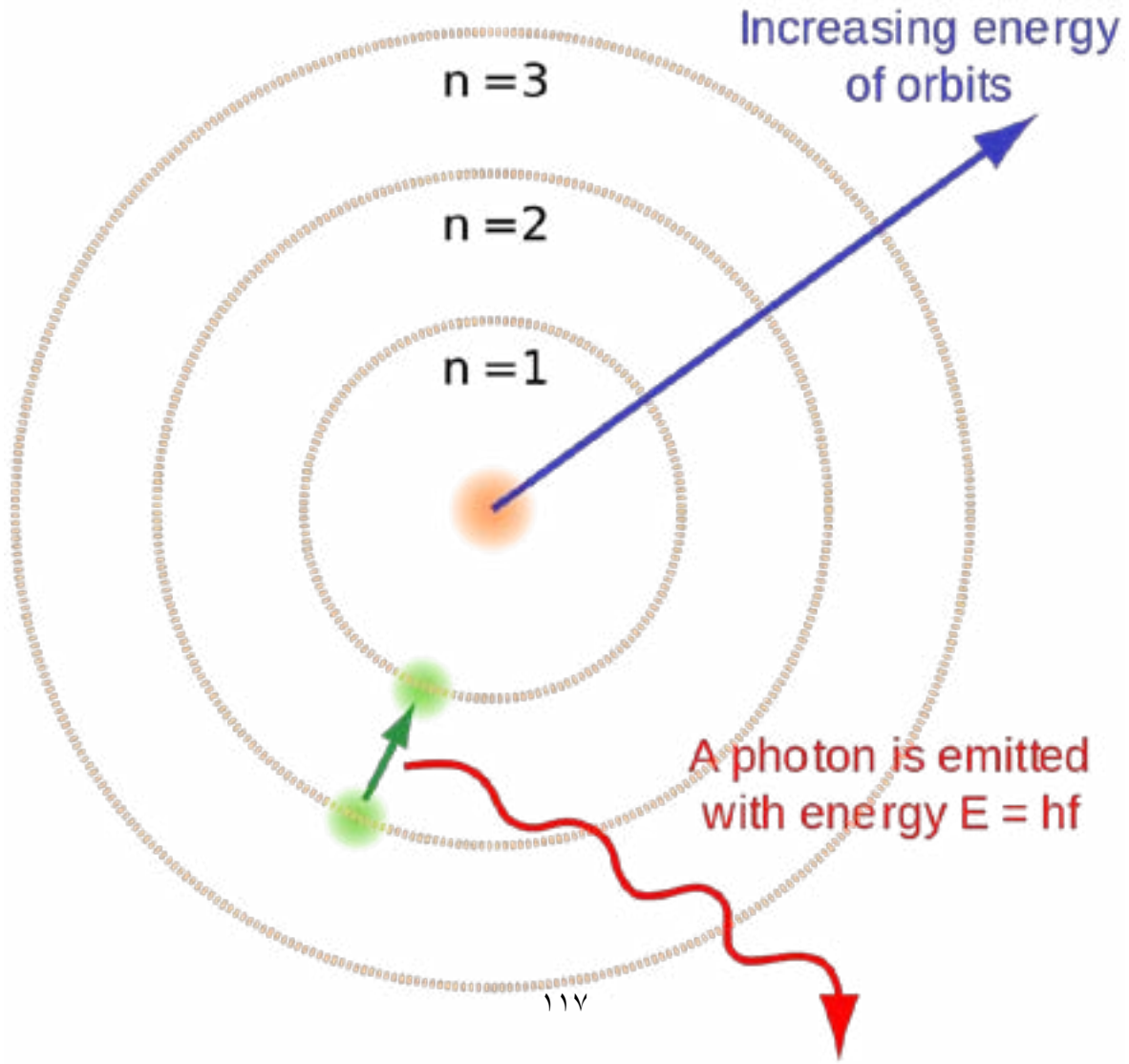
عاشق تئوری‌های شکست‌خورده

همکاران بور قوی‌ترین خصیصه فکری او را شناسایی موارد شکست تئوری‌ها و بهره‌گیری از آن می‌دانستند. بور عاشق مدل اتمی رادرفورد شده بود نه‌فقط برای موفقیت‌های آن بلکه همچنین برای نقص بزرگی که در آن وجود داشت. نقصی که همه دانشمندان در رفع آن ناکام مانده بودند. همان‌طور که گفتیم اتم رادرفورد شبیه یک منظومه شمسی بود که هسته با بار مثبت در مرکز آن قرار داشت و الکترون‌ها که دارای بار منفی بودند مثل سیارات به دور آن می‌چرخیدند. اما بر طبق قوانین حاکم بر ذرات باردار در الکترودینامیک کلاسیک، الکترونی که در یک مدار می‌چرخد باید از خود نور گسیل

کند و با از دست دادن انرژی خود باید در کسری از ثانیه روی هسته سقوط کند. با فرض درستی مدل رادرفورد، تمام مواد باید فروپاشیده و جهان نابود می‌شد. اینجا بود که قهرمان ما توانست با ارائه راهکاری نبوغ‌آمیز جهان را از یک نابودی فرضی و دانشمندان را از یک ناکامی واقعی نجات دهد.

حفظ جهان در وضعیت مانا

سایر فیزیکدانان سعی داشتند که نقص مذکور را به روش‌های فیزیک کلاسیک حل کنند اما بور پی برد که برای حل این مشکل به یک تغییر نگرش بنیادی (Paradigm Shift) نیاز است. در سال ۱۹۰۰ خاصیت کوانتایی و ناپیوسته انرژی توسط پلانک کشف شد و در سال ۱۹۰۵ اینشتین آن را در نظریه فوتوالکتریک خود به‌کار برد. بااین‌حال هنوز کسی نمی‌دانست که این ویژگی کوانتومی چه نقشی ممکن است در ساختار داخل اتم ایفا کند. بور این جسارت و نبوغ را داشت که با یک تغییر نگرش اساسی، فرض کند که الکترون‌ها تنها می‌توانند در فواصل دقیقاً تعریف‌شده و معینی از هسته به دور



آن می‌چرخند. مثلاً در اتم هیدروژن (که فقط دارای یک الکترون است)، الکترون می‌تواند در مدارهای مجاز n_۱ یا n_۲ یا n_۳ و غیره گردش کند اما نمی‌تواند در فاصله میان دو مدار بچرخد. سطح انرژی هر مدار ثابت است و انرژی مدارها نسبت به همدیگر با ضریب صحیحی از حاصلضرب ثابت پلانک در فرکانس تابش گسیل شده تغییر می‌کند. بزرگ‌ترین دستاورد بور ارائه این فرض بود که الکترون‌ها مکان‌های انتظار یا «حالت‌های مانا» دارند که در آن‌ها الکترون‌ها تابش نمی‌کنند و انرژی ثابت و پایدار دارند. جایزه نوبل فیزیک در سال ۱۹۲۲ به پاس پژوهش‌های او در مورد ساختار اتم به نیلز بور تعلق گرفت. در سال‌های بعد با توسعه نظریه کوانتوم، مدل اتمی بور با اصلاحات انجام شده به «مدل اتمی کوانتومی» فعلی تکامل پیدا کرد.

مدل اتمی بور نشان داد که طیف نشر خطی که از اتم عناصر گسیل می‌شود، براثر انتقال الکترون‌ها از سطوح انرژی بالا به سطوح انرژی پایین است، که در این انتقال انرژی الکترون کاهش می‌یابد و به‌صورت نور و گرما آزاد می‌شود.

تعبیر کپنهاگی

بر اساس تعبیر کپنهاگی نظریه کوانتومی که بور بزرگ‌ترین مدافع آن بود، جهان فیزیکی از دو بخش سیستم مشهود (جسم یا شئ فیزیکی) و سیستم ناظر (شامل ابزار آزمایشگاهی و ناظر انسانی) تشکیل‌شده است. نظام ناظر(سیستم مشاهده‌کننده) از قوانین فیزیک کلاسیک پیروی کرده، اما نظام منظور (سیستم مشاهده شونده) تابع قوانین نظریه کوانتومی است. بنابراین هیچ‌گاه با قطعیت نمی‌توان گفت ذره‌ای از ذرات درون اتمی در لحظه مفروضی در کجاست و یک فرایند فیزیکی دقیقاً به چه شکل رخ خواهد داد. زیرا طبق اصل عدم قطعیت در نظریه کوانتومی تعیین دقیق مکان و اندازه حرکت ذره در یک‌لحظه مفروض ممکن نیست.

اصل مکملیت

بر اساس اصل مکملیت، دو وضعیت مانعه‌الجمع مثل دوگانگی موج-ذره با دو شیوه متمایز اما مکمل با یکدیگر قابل‌درک است. این دو شیوه متمایز تکمیل‌کننده یکدیگرند و فقط با کنار هم نهادن آن‌ها می‌توان محتوای ادراکی پدیده‌ای را به‌طور کامل آشکار کرد.

آغاز عصر غرایب کوانتومی

طبق نظریه اتمی بور الکترون‌ها در حالت‌ها مانا در مدارهای مدور یا بیضی مطابق همان قوانین نیوتن و کپلر حرکت می‌کنند. اما وقتی الکترون از یک وضعیت مانا به حالت مانای دیگر منتقل شود، این عمل نه به‌صورت یک حرکت پیوسته نیوتنی بلکه به‌صورت یک «جهش آنی» صورت می‌گیرد که تحت تسلط مکانیک کلاسیک نیست. جهش آنی از یک مدار به مدار دیگر ازجمله عجایب و غرایب پرشمار نظریه کوانتومی بود که با فهم و درک روزمره ما از حرکت کاملاً ناسازگار است. این‌گونه فرضیات نامأنوس منتقدان خاص خود را داشت که شاید شاخص‌ترین آن‌ها آلبرت اینشتین بود که بیش از سی سال و تا پایان عمر خود به بحث و مناظره با بور پرداخت.

در مورد ابهامات و عجایبی که در نظریه کوانتومی برای درک عینی اتفاقات داخل اتم وجود داشت، نیلز بور معتقد بود که «وقتی‌که بحث اتم در میان باشد، زبان را فقط به آن صورت می‌توان به کار برد که در شعر به کار می‌رود. شاعر نیز نمی‌خواهد وقایع را دقیق بیان کند، بلکه می‌خواهد در ذهن شنونده تصاویری تولید کند و ارتباطات ذهنی برقرار کند.» این نوع سخنان و ابهامات رازآلود نظریه کوانتومی بستری مناسب برای افسانه‌پردازی شد به‌طوری‌که انبوهی از نویسندگان علمی-تخیلی، شبه‌علمی، علوم غریبه، هنر، عرفان و روانشناسی؛ ادبیات کوانتومی را در آثاری چون «تائوی فیزیک»، «اندیشه‌های کوانتومی مولانا»، «شفای کوانتومی» و «اسرار موفقیت کوانتومی» به کار گرفتند!

جدال غول‌ها بر سر خدای تاس‌باز و جهان محتمل

اینشتین به عدم قطعیت، وضعیت احتمالاتی نظریه و اینکه تعبیر بور (تعبیر کپنهاگی) از مکانیک

کوانتومی هیچ توصیف فیزیکی و عینی  از اتفاقاتی که در داخل اتم روی می‌دهد، ارائه نمی‌داد، انتقاد اساسی داشت و معتقد بود که «خدا جهان را با تاس‌بازی اداره نمی‌کند» اما پاسخ بور نیز این بود که «ما نباید برای نحوه اداره جهان برای خداوند، تعیین تکلیف کنیم.» تا اینجا، خدای تاس‌باز مقبولیت بیشتری داشته و به نظر می‌رسد جهان به‌مراتب پیچیده‌تر و پیش‌بینی‌ناپذیرتر از آن چیزی است که اینشتین تصور می‌کرد.

تلاش دوباره برای نجات جهان از یک فروپاشی واقعی

بور که هم از نظر علمی و هم تاحدودی به‌طور عملی در پروژه منهتن و تولید بمب اتمی نقش داشت از همان آغاز نگران عواقب هولناک رقابت کشورها برای تولید تسلیحات هسته‌ای بود. پس از خاتمه فاجعه‌بار جنگ جهانی دوم، او سعی کرد که از طریق مذاکره با سران قدرت‌های جهانی مانع رقابت مرگبار برای تولید سلاح‌های هسته‌ای شود. هرچند تلاش‌های فداکارانه او نتوانست مانع چنین رقابتی شود اما به‌عنوان الگویی قهرمانانه برای احساس مسئولیت انسانی در برابر سوءاستفاده سیاسی از

دستاوردهای علمی برای دانشمندان جهان برای همیشه ماندگار شد. نیلز بور در ۱۸ نوامبر سال ۱۹۶۲ در ۷۷ سالگی در کپنهاگ درگذشت.

# دانشمندی که بنای باشکوهی از امواج ساخت

جیمز کلارک ماکسول؛ کاشف معادلات ماکسول و بنیانگذار نظریه الکترومغناطیس

کشفیات او زمینه ظهور نظریاتی چون نسبیت و مکانیک کوانتومی را فراهم کرد. دانشمندی که معمار یکی از بزرگ‌ترین بناهای عقلانی قرن نوزدهم بود که بیشترین تأثیر را در فیزیک قرن بیستم داشته است. این بنا که «نظریه الکترومغناطیس» نام داشت در اواخر قرن نوزدهم در کنار مکانیک نیوتنی به‌عنوان یکی از برج‌های دوقلوی فیزیک شناخته می‌شد. در جشن تولد صدسالگی‌اش، آلبرت اینشتین کارهای او را «عمیق‌ترین و پربارترین دستاوردهای فیزیک پس از نیوتن» توصیف کرد.

مکانیک نیوتنی شاید اولین نمونه از یک نظریه انقلابی وحدت‌بخش بود که قدرت توضیح حرکات اجسام زمینی و حتی سیارات، ستاره‌ها و کهکشان‌ها را داشت. در اوایل قرن نوزدهم دانشمندان پی برده بودند که بسیاری از آثار تبدیل‌پذیر مثل اثرات گرمایی، مکانیکی، شیمیایی، الکتریکی و مغناطیسی مستلزم اصول وحدت‌بخش و یگانه هستند. مطالعه آثار گرمایی و مکانیکی منجر به مفاهیم انرژی و آنتروپی و استخراج سه قانون بزرگ ترمودینامیک شد. هم‌زمان با وحدت ترمودینامیکی گرما و انرژی مکانیکی، وحدت‌های دیگری نیز در حال انجام بود.

رابطه مرموز الکتریسیته و مغناطیس

هانس کریستین اورستد، دانشمند دانمارکی، در سال ۱۸۲۰ پی برد که یک سیم حامل جریان الکتریکی، عقربه مغناطیسی یک قطب‌نمای نزدیک به آن را به حرکت درمی‌آورد. یعنی یک اثر الکتریکی، یک اثر مغناطیسی ایجاد می‌کند. مشاهده اورستد مورد بی‌توجهی همکاران او قرار گرفت و فقط یکی از دستیاران آزمایشگاهی در موسسه سلطنتی لندن به نام مایکل فارادی تحت تأثیر آن قرار گرفت. فارادی که بسیاری از مورخان علم، او را بزرگ‌ترین آزمایشگر قرن نوزدهم می‌شناسند، با الهام از آزمایش اورستد حدس زد که یک سیم حامل جریان می‌تواند یک آهنربا را با حرکت چرخشی دائمی حول محور سیم در حال دوران نگه دارد. آزمایشی که او برای بررسی این حدس در سال ۱۸۲۱ طراحی کرد منجر به اختراع موتور الکتریکی توسط وی شد.

ده سال پس‌ازآن، فارادی طی آزمایشی عکسِ اثر مشاهده‌شده در آزمایش اورستد را به نمایش گذاشت.

آزمایش اورستد اثر مغناطیسی تولیدشده به وسیله اثر الکتریکی را نشان می‌داد. آزمایش القای مغناطیسی فارادی نشان داد که یک اثر مغناطیسی، یک اثر الکتریکی ایجاد می‌کند که این آزمایش نیز منجر به اختراع دیگری شد که امروزه آن را دینام یا مولد الکتریسیته می‌نامیم. بدین ترتیب فارادی نشان داد که الکتریسیته و مغناطیس، که تا آن زمان دو نیروی متمایز به‌حساب می‌آمدند، درواقع دو وجه از یک نیروی واحد به نام الکترومغناطیس هستند. علاوه بر این، فارادی نخستین کسی بود که به ماهیت الکترومغناطیسی نور پی برد. او همچنین نظریه «خطوط نیروی مغناطیسی» را مطرح کرد. او این خطوط را با پاشیدن براده آهن بر قطعه کاغذی که روی یک آهنربا گذاشته‌شده بود، نقشه‌برداری کرد. ویلیام تامسن اصطلاح «میدان نیروها» یا «میدان» را برای کل شبکه خطوط نیروی فارادی معرفی کرد. اصطلاحی که به مفهومی بنیادی در فیزیک مدرن تبدیل شد. اما در آن زمان، نظریه‌های فارادی مخالفانی داشت که ضعف فارادی در ریاضیات پیشرفته باعث می‌شد که نتواند صورت‌بندی قانع‌کننده‌ای را برای آن‌ها ارائه کند. به ریاضی‌فیزیکدانی با شهودی نبوغ آمیز نیاز بود تا بتواند تمام این یافته‌های فیزیکی را در نظریه‌ای به زبان ریاضی توضیح دهد.

کودک ریاضیدان؛ جوان فیزیکدان

جیمز کلارک ماکسول دو ماه پس از کشف القای الکترومغناطیسی توسط فارادی، در سال ۱۸۳۱ در ادینبورو، در مرکز اسکاتلند به دنیا آمد. جان کلارک، پدر دلسوز او، یک مبتدی مشتاق در همه موضوعات علم و فنّاوری بود و این امتیاز و شایستگی بزرگی برای پرورش استعدادهای پسرش به‌حساب می‌آمد. ماکسول وقتی‌که تنها چهارده سال داشت، مقاله‌ای درباره روش تازه‌ای برای ترسیم بیضی‌ها نوشت. با این مقاله که «برای سن نویسنده بسیار چشمگیر» ارزیابی شد، تحصیلات علمی او در دانشگاه ادینبورو آغاز شد. اما آنجا پاسخگوی استعدادهای او نبود. او در ۱۸۵۰ با رتبه دوم در آزمون ورودی، وارد کمبریج شد و یک بورس تحصیلی و سپس دستیاری

آموزشی در کالج ترینیتی دانشگاه کمبریج را به دست آورد. در همین زمان بود که تحقیق درباره

الکترومغناطیس را آغاز کرد.

ماکسول در سال ۱۸۵٦ به کرسی استادی فلسفه طبیعی در کالج مارشال در ابردین در اسکاتلند درآمد. او مانند بسیاری از دانشمندان خلاق، معلم موفقی نبود. به هنگام تدریس، افکارش به‌قدری پیچیده و سریع بود که نمی‌توانست بیانش را با سرعت درک شاگردانش هماهنگ کند. او طی چهار سالی که در ابردین بود، نخستین مقاله‌اش در الکترومغناطیس را کامل کرد. سپس به‌عنوان استاد فلسفه طبیعی به کینگز کالج لندن رفت. این پنج سال در لندن، خلاق‌ترین دوران زندگی ماکسول بود. او نظریه دینامیکی میدان الکترومغناطیسی‌اش را در آن زمان به مرحله کمال رساند. همچنین نظریه رفتار گازها و نظریه دید رنگ را پیش‌تر بُرد و نخستین عکاسی رنگی جهان را تولید کرد. بار سنگین آموزش، مطلوب او نبود و سرانجام به این نتیجه رسید که به پست دانشگاهی نیازی ندارد، و نمی‌تواند با همه وظایف همراهش که او به‌خوبی مناسب آن‌ها نبود، به پژوهش‌هایش ادامه دهد. پس در سال ۱۸٦۵ از کالج کینگز استعفا

کرد و در خانه روستایی کودکی‌اش به‌طور دائم اقامت گزید.

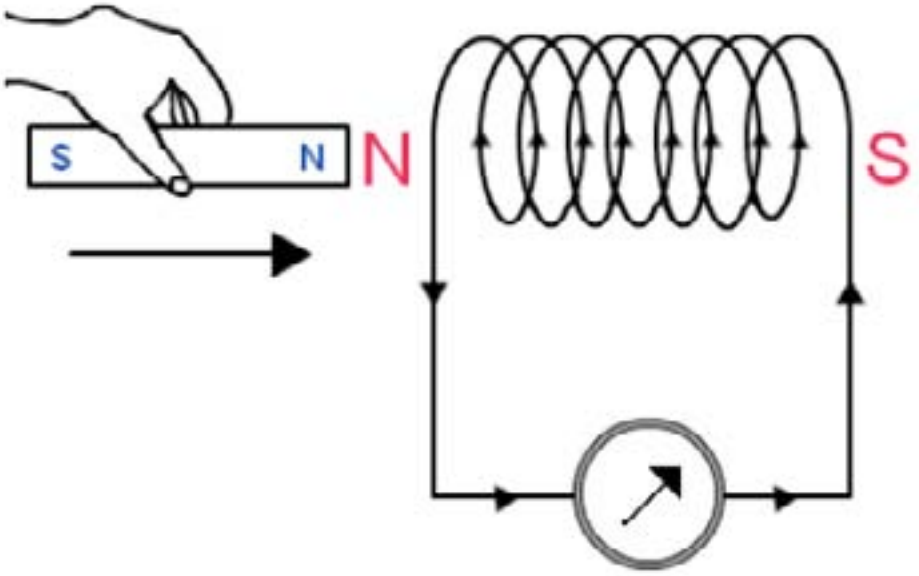
متفکر معمار و وحدت‌دهنده بزرگ

اولین مقاله ماکسول درزمینهٔ الکترومغناطیس وقتی‌که بیست‌وچهار ساله و در ابردین بود، منتشر شد. هدف مقاله شکل دادن ریاضی به میدان نیروی فارادی بود. نظریه ماکسول هم به میدان‌های مغناطیسی می‌پرداخت و هم به میدان‌های الکتریکی؛ و به‌طور ریاضی نشان می‌داد که آن‌ها تا چه حد به هم مربوط‌اند. حاصل مقاله فهرست کوتاهی از معادلاتی بود، که امروز به «معادلات ماکسول» معروف هستند، و یافته‌های تجربی و وحدت‌بخش فارادی در مورد نیروی الکتریکی و مغناطیسی را در قالب نظریه ریاضی الکترومغناطیس، تائید می‌کرد.

فارادی پس از خواندن مقاله، ستایش خود از ماکسول را طی نامه‌ای به او اعلام و پیشنهاد شگفت‌انگیزی مبنی بر اینکه که احتمالاً آثار مغناطیسی در زمانی معین، و نه به‌طور آنی منتقل می‌شوند، را مطرح می‌کند. مقاله بعدی ماکسول که در سال‌های ۱۸۶۱ و ۱۸۶۲ با عنوان «خطوط فیزیکی نیرو» تهیه شد، با حدس فارادی سازگار بود. در این مقاله نبوغ آمیز، فرض شده بود که نیروی‌های مغناطیسی و الکتریکی در ملأای کشسان (اِتِر) در فضا منتشر می‌شوند. ماکسول تصادفاً توانست از مدل اِتِری خودش یک مقدار برای آن پارامتر کشسانی به دست آورد و با استفاده از آن مقدار، سرعت امواج الکترومغناطیسی را که به تصور او از میان ملأ کشسان منتشر می‌شدند، محاسبه کند. او با این محاسبه، در کمال شگفتی دریافت که نتیجه آن تقریباً برابر سرعت نور است.

ماکسول بلافاصله استنتاج خود را چنین اعلام کرد:«به‌زحمت می‌توانیم از این استنتاج اجتناب کنیم که نور، مرکب از حرکات موجی متقاطع از ملأای است که موجب پدیده‌های الکترومغناطیسی می‌شود.» بدین ترتیب او پی برد که نور چیزی نیست جز امواج الکترومغناطیسی. و با این کشف پس از نظریه وحدت‌بخش الکترومغناطیس، حال او دو علم بزرگ الکترومغناطیس و اپتیک را نیز، که قبلا آن‌ها را نامربوط به هم می‌پنداشتند، در قالب علم الکترومغناطیس اپتیکی تلفیق می‌نمود.

دو دهه پس از انتشار مقاله «خطوط فیزیکی نیرو» بود که آزمایشگران بررسی چگونگی تولید، تشخیص و استفاده از امواج الکترومغناطیسی را آغاز کردند. هاینریش هرتز آزمایش‌گر خلاقی بود که نه‌تنها برابری سرعت امواج الکترومغناطیسی با سرعت نور را تائید تجربی کرد بلکه با بررسی سایر خواص امواج الکترومغناطیسی مثل بازتابش، پراشیدگی، شکستگی و قطبش، نشان داد که آن‌ها ماهیتی یگانه با نور دارند. امواجی که هرتز تولید کرد، امواجی بودند که امروزه آن‌ها را امواج رادیویی و میکرو موج‌ها




می‌نامیم. ارتباط رادیویی و تلویزیون، در شکل ابتدایی خود در آزمایشگاه هرتز متولد شدند.

سومین پیشنهاد ماکسول «نظریه دینامیکی میدان الکترومغناطیسی» نام داشت که او را قادر می‌ساخت تا به محاسبه انرژی میدان مغناطیسی بپردازد. این نظریه توسط برخی مفسرین به‌عنوان برترین دستاورد او قلمداد شده است.

تلاش‌های ماکسول برای تکمیل نظریه الکترومغناطیسی که در حدود بیست سال از ۱۸۵۵ تا ۱۸۷۳ طول کشید، او را به معمار یکی از بزرگ‌ترین و باشکوه‌ترین بناهای عقلانی قرن نوزدهم بدل ساخت. بنایی که همه پدیده‌های الکتریکی و مغناطیسی را وحدت بخشید، ماهیت موج الکترومغناطیسی نور را

آشکار کرد و دری به سوی روش و ذات فیزیک در قرن بیستم گشود.

معادلات ماکسول

معادلات ماکسول میزان تغییر میدان مغناطیسی را با توزیع فضایی میدان الکتریکی و برعکس، مرتبط می‌کند. با استفاده از این معادلات و دانستن طرز توزیع اجسام مغناطیسی شده و اجسام هادی باردار و جریان‌های الکتریکی، می‌توان میدان الکترومغناطیسی آن‌ها و تغییراتش نسبت به زمان را به‌طور دقیق محاسبه کرد.

امواج الکترومغناطیسی و نور

امواج رادیویی، میکرو موج‌ها و امواج نور «رنگ‌هایی» در طیف الکترومغناطیسی پیوستهٔ وسیع هستند. آن‌ها با طول موج تمیز داده می‌شوند. امواج رادیویی و میکرو موج‌ها، طویل و امواج نور، کوتاه هستند. مابین آن‌ها «رنگ‌هایی» الکترومغناطیسی هستند که آن‌ها را تابش فروسرخ می‌نامیم. در سمت طول

$$\nabla \cdot \mathbf{D} = \rho$$

$$\nabla \cdot \mathbf{B} = 0$$

$$\nabla \times \mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t}$$

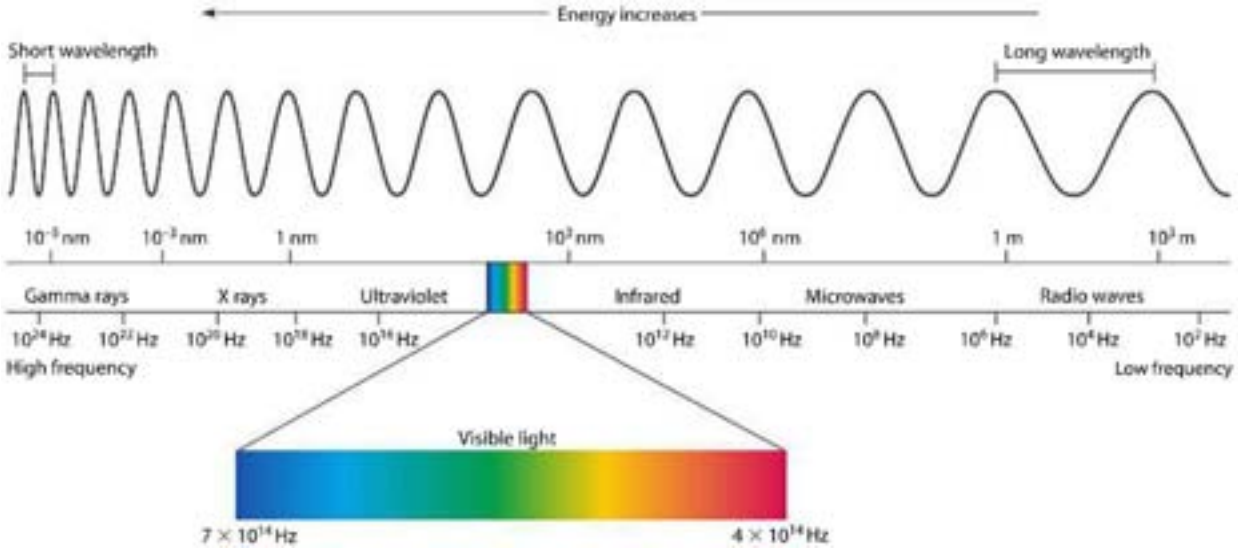
$$\nabla \times \mathbf{H} = \mathbf{J} + \frac{\partial \mathbf{D}}{\partial t}$$

موج-کوتاه، نور مرئی، تابش فرابنفش، پرتوهای ایکس و پرتوهای گاما قرار دارند. این اکتشاف‌ها در

طی آخرین دهه قرن نوزدهم و دو دهه اول قرن بیستم به عمل آمد و بسیار دیر بود که ماکسول و هرتز شاهد آن‌ها باشند.

سایر تحقیقات ماکسول

ماکسول علاوه بر نظریه الکترومغناطیس که نقطه اوج و شاهکار تحقیقات او بود، در موضوعات دیگری از جمله نظریه گازها، ترمودینامیک، حلقه‌های زحل و دید رنگ نیز به پژوهش پرداخت. نظریه مولکولی گازها، یک نظریه دینامیکی است که از لحاظ اهمیت نسبت به نظریه الکترومغناطیس در رتبه



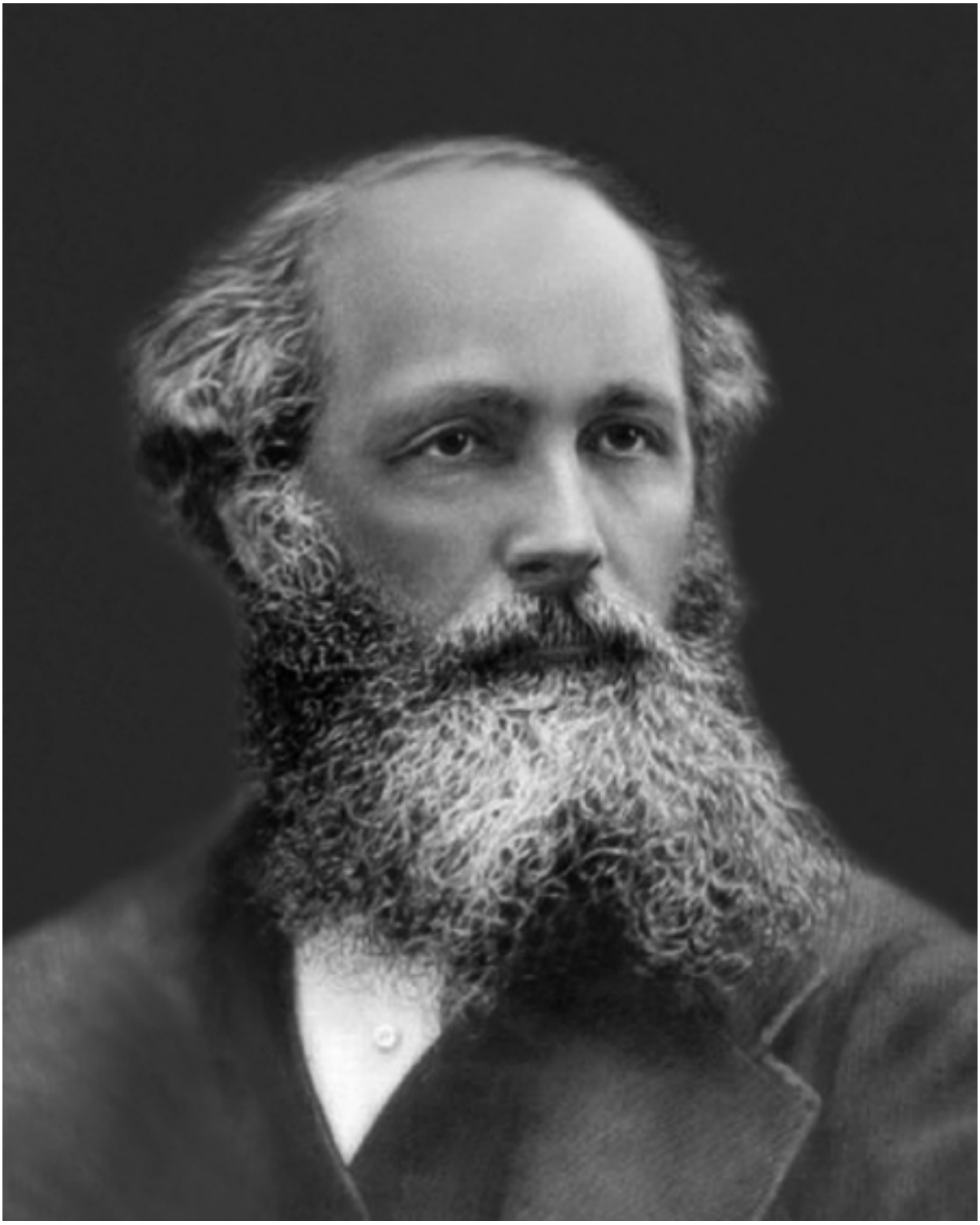

دوم قرار می‌گیرد. این نظریه توسعه انقلابی دیگری برای علم فیزیک فراهم کرد که نخستین استفادهٔ آن، روش‌های آماری برای توصیف سیستم‌های بزرگ مقیاس از مولکول‌ها بود. نگرش آماری ابتدا در دست بولتزمن و سپس گیبس و ماکسول ابزار نظریه ظریفی شد که امروزه «مکانیک آماری» نامیده می‌شود.

بنای آخر و سه ابزار پژوهشی

در دهه پایانی عمر خود، ماکسول وظیفه نظارت بر ساخت آزمایشگاه کاوندیش در کمبریج را بر عهده

گرفت. بااینکه نبوغ او در نظریه‌پردازی بود اما همچنین یک آزمایشگر ماهر و شایسته نیز به حساب می‌آمد. چنین بود که طرح عملی و هوشمندانه او برای آزمایشگاه کاوندیش، نیازهای علم فیزیک در کمبریج را به مدتی بیش از یک قرن برآورده می‌کرد. ماکسول برنامه‌ای از فیزیک آزمایشی را طراحی کرد که کاملا متفاوت از برنامه‌های سنتی کمبریج به نظر می‌رسید و بر اساس آموزش عمیق استدلالی و تعقل نظری استوار بود.او معتقد بود که برای آموختن قضایا و موضوعات علمی باید هم زمان از هر سه ابزار «قلب، سر و انگشتان» که استعاره از «شهود، تعقل و عمل» بودند، بهره گرفت. خود او در هر سه مورد مهارت داشت اما منشأ اصلی نبوغ او استادی‌اش در روش قلبی بود. این درخشش شهودی و بصیرت علمی بود که او را در ردیف غول‌هایی چون نیوتن و اینشتین قرار داد.

مادر ماکسول در هشت‌سالگیِ او در اثر سرطان شکمی در سن چهل‌وهشت‌سالگی فوت کرد. خود او نیز در اثر همان نوع سرطان و در همان سن در پنج نوامبر (چهاردهم آبان) سال ۱۸۷۹ در کمبریج درگذشت.



# کپرنیک جهان هندسه: نیکلای لباچفسکی؛ کاشف هندسه غیراقلیدسی

معمولا ریاضیات علمی فرض می‌شود که ارتباط چندانی با دنیای واقعی ندارد. اما کمترین آشنایی به علمی چون فیزیک یا رشته‌های مهندسی کافیست تا به نادرستی این تصور پی ببریم. از گالیله نقل شده که «کتاب طبیعت به زبان ریاضیات نوشته شده است.» ریاضیات نه تنها ابزاری بنیادی برای علوم تجربی است بلکه گاهی یک نظریه ریاضی می‌تواند نگرش ما به واقعیت را نیز دگرگون کند. شاید اگر چنین ریاضیاتی وجود نداشت ما همچنان در جهان ماقبل نسبیتی به سر می‌بردیم. ابزار ریاضی لازم برای نظریه‌ای چون نسبیت اینشتین وقتی فراهم شد که برخی اذهان خلاق توانستند به تصوراتی فراتر از آنچه که از زمان اقلیدس به بعد بر افکار ریاضیدانان تسلط داشت، بپردازند. پیشگام این تحول که منجر به تولد هندسه‌های نااقلیدسی شد، ریاضیدانی روسی به نام نیکلای ایوانوویچ لباچفسکی بود.

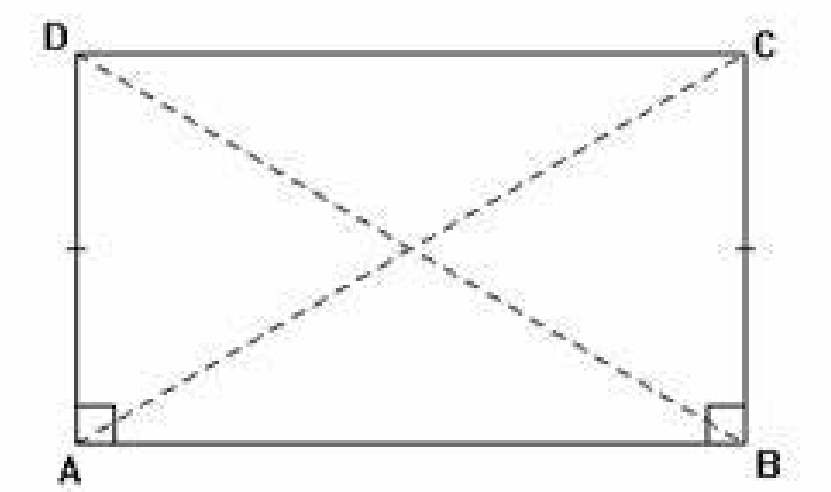
تا زمان اقلیدس در قرن سوم پیش از میلاد، یافته‌های هندسه پراکنده بود و نظم و انسجام خاصی نداشت. کار بزرگ اقلیدس آن بود که تمام قضایای هندسی زمان خود را در کتابش به نام «اصول» جمع‌آوری و به طور منطقی و مستدل انسجام بخشید. هدف او این بود که مجموعه‌ای هماهنگ و منطقی از هندسه مقدماتی فراهم کند که هر قضیه آن را بتوان از قضایای قبلی نتیجه گرفت. اقلیدس که سعی کرد ضمن جمع‌آوری قضایای هندسی موجود به اثبات برهانی آنها بپردازد، با چهار اصل اولی که فرض کرد توانست ۲۸ قضیه هندسی را اثبات کند اما برای اثبات قضایای بیشتر مجبور شد اصل پنجمی را نیز اضافه کند. با اینکه هندسه اقلیدس بیش از دو هزار سال به عنوان هندسه‌ای سرشار از زیبایی استنتاج منطقی و سازگار با تجارب روزمره با اقبال و ستایش و اعتبار همراه بود و گالیله، کپرنیک و نیوتن و حتی فیلسوف بزرگی چون کانت نظریات خود را بر اساس آن بنیان نهادند، اما ابهام در ماهیت اصل پنجم، همواره موضوع تفکر ریاضیدانان باقی ماند.

اصل دردسرساز

بر اساس اصل پنجم اقلیدس، از یک نقطه در خارج یک خط، یک خط و فقط یک خط می‌توان به‌موازات خط مفروض رسم کرد. چند مسئله باعث شد که پذیرش اصل پنجم یا اصل توازی برای ریاضیدانان بعدی

دشوار باشد. یکی اینکه این اصل بداهت و ایجاز چهار اصل اول را نداشت. دوم اینکه این اصل بیشتر به یک قضیه شباهت داشت تا یک اصل موضوعه. سوم اینکه اقلیدس پس از اثبات ۲۸ قضیه با چهار اصل اول و ناکامی در اثبات قضایای بیشتر با آن اصول و ۲۸ قضیهٔ اثبات‌شده، ناگزیر به افزودن اصل پنجم شد. پس از اقلیدس ریاضیدانان بسیاری از جمله خواجه نصیر طوسی و عمر خیام به بررسی این اصل پرداختند و سعی کردند این اصل آزاردهنده را با استفاده از چهار اصل اول به اثبات برسانند. خیام در رسالهٔ «در شرح مشکلات کتاب اصول اقلیدس» سعی کرد اصل توازی را اثبات کند. هر چند تلاش خیام در این زمینه ناکام ماند اما روشی که برای این منظور به‌کار برد، ۷۰۰ سال بعد مورد توجه ریاضیدانان اروپایی قرار گرفت. آنچه که امروزه در هندسه به «چهار ضلعی خیام-ساکری» معروف است اشاره به تلاش خیام برای اثبات اصل پنجم اقلیدس دارد.

هندسه اقلیدسی در طول قرن‌ها آنچنان اعتباری یافته بود که ادعای فرضی بر خلاف مفروضات آن، حرکتی بسیار جسورانه و انقلابی و از طرفی جنون‌آمیز و حماقت‌بار محسوب می‌شد. اما تاریخ علم




نمونه‌های بسیاری از نظریات جنون‌آمیز را ثبت کرده که در نهایت به انقلابی در علم منجر شده و مورد پذیرش عمومی قرار گرفته‌اند. شاید از این روست که اینشتین گفته «به ایده‌ای که در نگاه اول احمقانه به نظر نرسد، امیدی نیست.» بالاخره پس از گذشت دو هزار سال ایده‌ای از این نوع به تولد جهان‌های جدیدی در هندسه منجر شد.

پیشرفت غیرعادی

نیکلای ایوانوویچ لباچفسکی دومین فرزند کارمندی معمولی بود که در اول دسامبر (دهم آذر) سال ۱۷۹۳ در ناحیه ماکاریف در روسیه به دنیا آمد. پدرش در هفت سالگی او درگذشت و مادرش برای سرپرستی سه کودک خود با مشکلات مالی شدیدی روبرو گشت. از این رو به شهر کازان رفت و سعی کرد هر طور شده امکان تحصیل کودکان خود را فراهم کند. تلاش او نتیجه داد و هر سه کودک او توانستند در مدرسه شبانه‌روزی به عنوان شاگرد جیره‌بگیر پذیرفته شوند. نیکلا در هشت سالگی وارد این مدرسه شد. او بویژه در ریاضیات و ادبیات کلاسیک به طور غیرعادی سریع پیشرفت کرد. در چهارده سالگی وارد دانشگاه کازان شد و چهل سال بعدی زندگی خود را با عناوین دانشجو، دانشیار، استاد و بالاخره رئیس دانشگاه در آنجا سپری کرد. در بیست و سه سالگی استاد دانشگاه کازان شد و غیر از ریاضیات، نجوم و فیزیک نیز تدریس می‌کرد. او همواره با مشلغه‌های اداری بسیاری در دانشگاه

درگیر بود؛ از ریاست کتابخانه و موزه گرفته تا ریاست دانشگاه. در سال ۱۸۲۸ به ریاست دانشگاه کازان برگزیده شد. لباچفسکی در اوج قدرت فکری و شهرت علمی در سال ۱۸٤٦ بدون هیچ توضیحی از طرف حکومت روسیه از تمام مشاغل دانشگاهی چه به عنوان استاد و چه به عنوان ریاست دانشگاه عزل شد. او در اواخر عمر بینایی خود را از دست داد و در ۲٤ فوریه ۱۸٥٦ در ٦۳ سالگی در شهر کازان درگذشت.

انقلاب هندسی

بسیار عجیب به نظر می‌رسد که با وجود مشغله‌های بسیار دانشگاهی، لباچفسکی چگونه می‌توانست به کار پژوهش علمی بپردازد. وی آهسته و پیوسته و هر وقت که امکانش را می‌یافت به مدت بیست سال یا بیشتر به تحقیقات ریاضی پرداخت. او در سال ۱۸۲٦ کتابی را در دانشگاه کازان منتشر کرد که تا سال ۱۸٤۰ که گوس آن را کشف کرد، کسی به ارزشش پی نبرد. لباچفسکی به جای اینکه برای اثبات اصل پنجم اقلیدس تلاش کند، فرض کرد که از یک نقطه در خارج خط به جای یک خط موازی با خط مفروض، دو خط به موازات آن بتوان رسم کرد و نتایج بعدی را مبتنی بر این فرض استنتاج کرد و هر چه جلوتر رفت نه تنها با هیچ تناقضی مواجه نشد بلکه در کمال شگفتی دریافت که هندسه‌ای جدید، هماهنگ و قائم به ذات را کشف کرده است.

اصول موضوعه هندسه اقلیدسی

اصول موضوعه فرضیاتی هستند که بدیهی شمرده‌شده و پذیرفته می‌شوند و مبنای اثبات سایر قضایا قرار می‌گیرند. اصول موضوعه هندسه اقلیدسی شامل پنج اصل زیر است:

اصل اول: از هر دو نقطه فقط یک پاره خط مستقیم می‌گذرد.

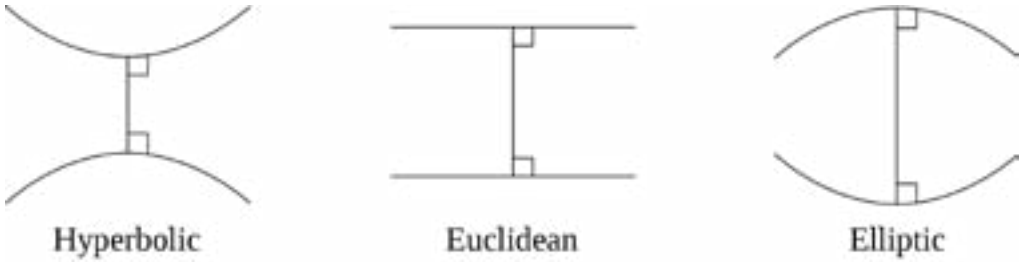
اصل دوم: هر پاره خط را می‌توان در امتداد آن به طور نامحدود ادامه داد.

اصل سوم: برای هر پاره خط دلخواه می‌توان دایره‌ای به شعاع آن پاره خط و به مرکز یک سر آن رسم کرد.

اصل چهارم: همهٔ زوایای قائمه بر هم منطبق می‌شوند.

اصل پنجم: از یک نقطه در خارج یک خط، یک خط و فقط یک خط می‌توان به‌موازات خط مفروض رسم کرد.

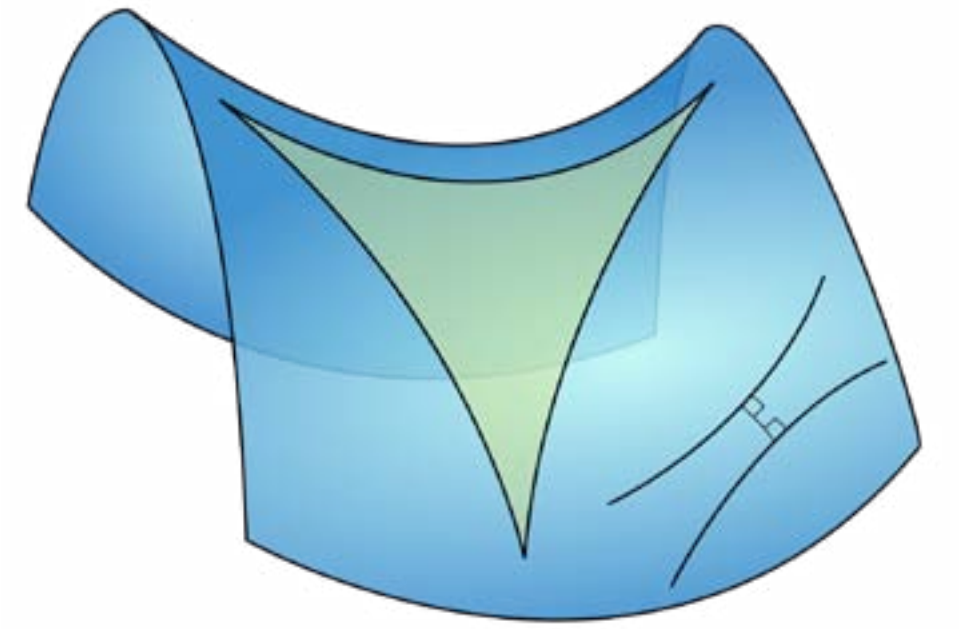
هندسه نااقلیدسی




همان طور که اشاره کردیم، هندسه نااقلیدسی از بررسی و تلاش برای اثبات اصل پنجم اقلیدس ناشی شد. اگر دو نیم خط عمود بر یک پاره خط را مطابق شکل در نظر بگیریم، در هندسه اقلیدسی فاصله عمودی بین دو خط با حرکت به طرفین آن ثابت باقی می‌ماند. در هندسه‌های نااقلیدسی با حرکت به طرفین، فاصله مذکور تغییر می‌کند. به طوری که در هندسه لباچفسکی (هندسه هذلولوی یا هیپربولیک) این فاصله افزایش می‌یابد و در هندسه بیضوی یا ریمانی فاصله کم می‌شود. از لحاظ تجسمی می‌توان فرض کرد که خطوط مذکور در هندسه اقلیدسی روی سطحی با انحنای صفر، در هندسه هذلولوی روی سطحی با انحنای منفی و در هندسه بیضوی روی سطحی با انحنای مثبت قرار دارند. یانوش بویویی، ریاضیدان مجاری، نیز دو سال پس از لباچفسکی و به طور مستقل هندسه هذلولوی را کشف کرد و در کنار لباچفسکی به عنوان یکی از کاشفان هندسه نااقلیدسی شناخته می‌شود.

وجه انقلابی کشف لباچفسکی این بود که هندسه اقلیدسی را که از طرف متفکران بزرگی چون نیوتن و کانت به عنوان حقیقتی مطلق و تنها هندسه منطبق بر واقعیت شمرده می‌شد، صرفا به عنوان یکی از هندسه‌های ممکن معرفی کرد. جسارت لباچفسکی در به پرسش کشیدن مفروضاتی که در طول

دو هزار سال به عنوان حقیقت مطلق انگاشته می‌شد و نتایج بدیع حاصل از کار وی، ریاضیدانان و دانشمندان را بر آن داشت که به سایر اصول یا حقایق پذیرفته شده حمله کرده و به نتایج جدیدی



دست یابند. سی سال پس از آن بود که ریمان هندسه غیراقلیدسی دیگری (هندسه ریمانی یا بیضوی) را کشف کرد که مبنای نظریه نسبیت اینشتین قرار گرفت و به انقلابی در فیزیک منجر گردید. با این وصف و تغییر نگرشی که در معرفت بشری تحت تاثیر کشف هندسه غیراقلیدسی توسط لباچفسکی روی داد، اغراق‌آمیز نیست اگر او به عنوان «کپرنیک جهان هندسه» نامیده شود.

# مخترعی که می‌خواست از نفرت انسان‌ها برق تولید کند!

نیکولا تسلا؛ مهندس، مخترع و فیزیکدان

هفدهم دی‌ماه (هفتم ژانویه) سالروز درگذشت نابغه‌ای است که زندگی او سراسر از ماجراهای پرشور و افسانه‌وار در مورد نبوغ، جنون، وسواس، اختراع، تخیل، انزوای خودخواسته، خلاقیت، رؤیاهای جسورانه، تلاش طاقت‌فرسا، مبارزه برای احقاق حق و مداومتی مثال‌زدنی برای تحقق افکار عجیب‌وغریب و به‌ظاهر ناممکن است. کسی که باوجوداینکه در زمان حیات خود به دلیل پافشاری صادقانه بر پیگیری علم و ابداع و بی‌توجهی به برخورداری از مزایای مادی آن، مورد جفا قرار گرفت و توسط دانشمندان و مخترعان ثروتمند و بانفوذ به حاشیه رانده شد و در فقر و تنهایی مرد، اما امروزه به قهرمانی افسانه‌ای

بدل شده و الهام‌بخش بسیاری از مخترعان و دانشمندان امروزی است. در ماجرای کشف این ماه به زندگی و ابداعات نیکولا تسلا می‌پردازیم.

در سال ۱۸۵٦ میلادی وقتی‌که توماس آلوا ادیسون کودکی ده‌ساله بود و در آزمایشگاه خود در زیرزمین خانه‌شان واقع در پرت هورن در ایالت میشیگان آمریکا به ترکیب کردن انواع مواد شیمیایی مشغول بود؛ در دهکده‌ای در آن‌سوی دنیا در گوشه‌ای از کشور کرواسی کودکی به دنیا آمد که پنجمین فرزند یک کشیش ارتدکس به نام میلوتین تسلا بود. این کودک که قرار بود روزی به‌عنوان بزرگ‌ترین رقیب ادیسون با او وارد نزاعی بر سر جریان برق شود، نیکولا نام داشت. مادرش، دوکا ماندیک، استعداد بالایی در بافتن پارچه‌های ظریف و زیبا با دستگاهی داشت که خود ابداع کرده بود و اشعار صربستانی

را به‌راحتی به خاطر می‌سپرد. این استعدادهای مادر به‌صورت حافظه تصویری و تخیلی قوی به نیکولا منتقل شد. او در هشت‌سالگی به علاقه خود به مهندسی و فیزیک پی برد.

رفتن به دانشگاه و ترک آن

تسلا در سال ۱۸۷۵ وارد دانشگاه پلی‌تکنیک شهر گراتس در اتریش شد. او با اشتیاق و تلاش بی‌وقفه در سال اول در تمام دروس نمره عالی گرفت. در سال بعد با یکی از اساتید خود در مورد موتورهای جریان مستقیم وارد اختلاف‌نظر و مشاجره شد. تسلا معتقد بود که می‌توان موتورهای بهتری تولید کرد که ولتاژهای بالاتری تولید کند و بتواند آن‌ها را تا فواصل بیشتری بفرستد. اعتیاد به قمار باعث شد که او در سال سوم به دلیل بی‌پولی دانشگاه را ترک کند.

از پاریس تا نیویورک

در سال ۱۸۸۱ در یک شرکت تلگراف در بوداپست، پایتخت مجارستان شروع به کار کرد. او توانست سیستم برق و تلفن ایستگاه مرکزی آن شرکت را تا حدود زیادی بهبود دهد. در جستجوی کار بهتر در سال ۱۸۸۲ توسط کارفرمای خود برای کار در شعبه پاریسِ شرکت بین‌المللی ادیسون معرفی شد. مدیران شرکت در مدت کوتاهی متوجه استعداد بالای او در امور فنی شدند. به همین دلیل طراحی دینام و موتورهای پیشرفته و تعمیر تجهیزات شعبه‌های دیگر را نیز به او واگذار کردند. مدیر شعبه پاریسِ شرکت ادیسون در سال ۱۸۸٤ برای اداره کارخانه ادیسون به نیویورک فراخوانده شد. او به تسلا نیز پیشنهاد مهاجرت به آمریکا داد، تسلا پذیرفت و در کارخانه بزرگ ادیسون که درزمینهٔ ساخت تجهیزات بزرگ الکتریکی در مقیاس شهری فعالیت می‌کرد، مشغول شد.

بحران روانی و ایده اِلقایی

تسلا در همان زمانی که در شرکت تلگراف در بوداپست کار می‌کرد دچار بحران عصبی شد که خود آن را ناشی از حس‌های به‌شدت قوی خود می‌دانست. او ادعا می‌کرد که می‌تواند صدای تیک‌تیک

ساعت را از سه اتاق آن‌طرف‌تر بشنود یا لرزش قطاری که از فاصله ۳۰ کیلومتری می‌گذرد باعث دردی غیرقابل‌تحمل در او می‌شود. در دوران نقاهت این بیماری بود که ایده‌ای سرنوشت‌ساز را کشف کرد.

همچنان که در پارک قدم می‌زد ایده یک موتور بهبودیافته به ذهنش رسید: موتور

نمونه‌ای از موتور القایی تسلا که در موزه نیکلولا تسلا در بلگراد نگهداری می‌شود

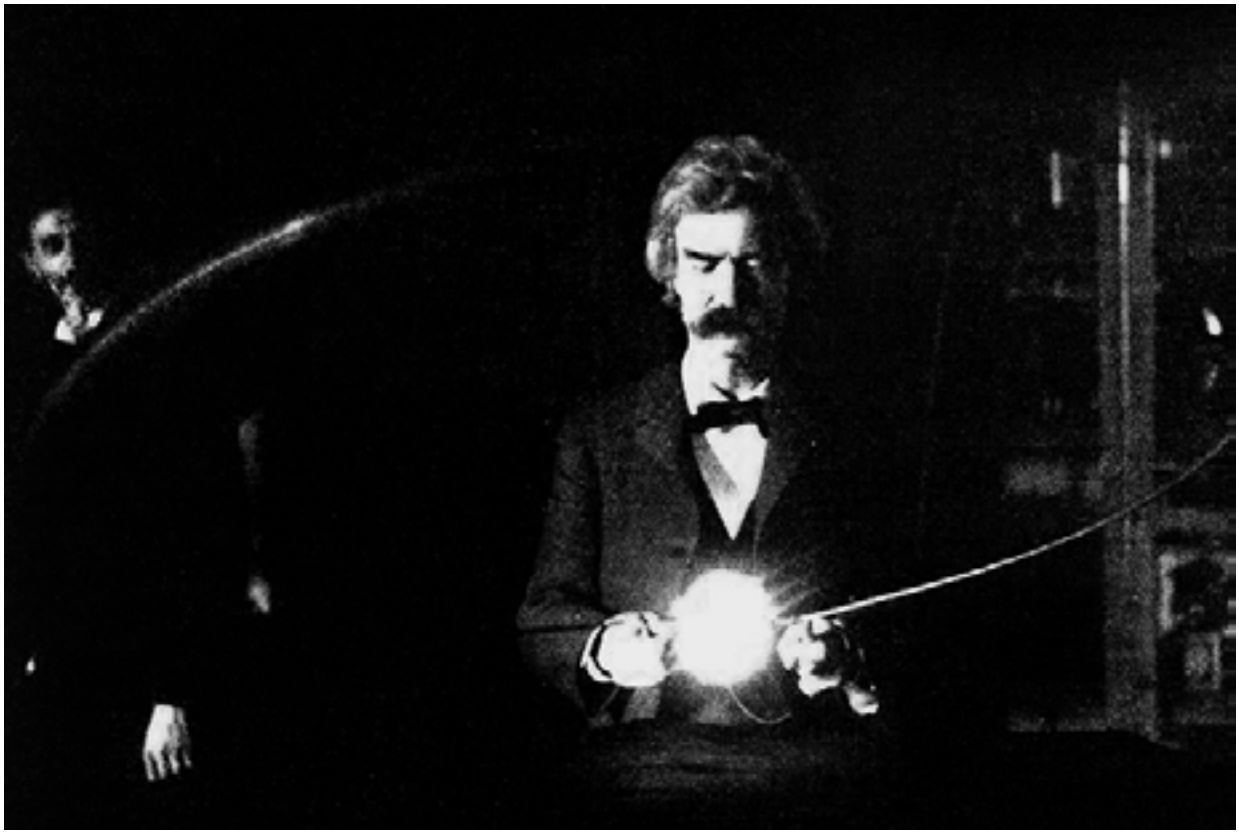
القایی! موتوری که برخلاف موتور جریان مستقیم تک‌داره از دو یا چند جریان متناوب برای ایجاد یک میدان مغناطیسی چرخان و تولید برق استفاده می‌کرد. او بی‌درنگ دریافت که این موتور می‌تواند انقلابی در جهان صنعت ایجاد کند: سیستمی چند فازه که توانایی تولید و توزیع نیروی بسیار بیشتری را داشت. حال فقط باید روش عملی کردن آن را پیدا می‌کرد.

شوخ‌طبعی آمریکایی و فریب ۵۰ هزار دلاری

از ملاقات دو مخترع نامدار و آنچه میان آن‌ها پیش آمده، روایت‌های متفاوتی نقل شده که در جزئیات

اندکی باهم متفاوت‌اند. اما اصل ماجرا این است که تسلا در اولین برخورد با ادیسون، ایده خود را با او در میان گذاشت و به او پیشنهاد کرد که به‌جای موتورهای موجودِ جریان مستقیم (DC) از موتورهای جریان متناوب (AC) استفاده کند. ادیسون ایده‌های او را مزخرفات خواند و یادآوری کرد که مدت‌ها از سیستم جریان مستقیم استفاده کرده و آن را ادامه خواهد داد. ادیسون همان روز تعمیر سیستم روشنایی یک کشتی بخار را به تسلا سپرد و او قبل از طلوع آفتاب کار را به اتمام رساند. ادیسون تحت تأثیر نبوغ فنی و پشتکار او قرار گرفت و پیشنهاد کرد که اگر بتواند طراحی ژنراتورها را بهبود دهد، مبلغ ۵۰ هزار دلار به او پرداخت خواهد کرد. تسلا از این پیشنهاد استقبال کرد و نه‌تنها ۲٤ دستگاه ژنراتور را بازطراحی کرد و بهبود بخشید بلکه حتی کنترل‌های خودکار هم روی آن‌ها نصب کرد. اما وقتی‌که زمان دریافت دستمزد رسید، ادیسون بهانه‌تراشی کرد و به او گفت که «تو شوخ‌طبعی آمریکایی را درک نمی‌کنی.» او در عوض پرداخت ۵۰ هزار دلار، پیشنهاد کرد که حقوق هفتگی او را که ۱۸ دلار بود به ۲۸ دلار افزایش خواهد داد. تسلا که فهمید فریب خورده، با ناامیدی استعفا داد و از این کشور جدید دلسرد شد.

تسلا از اینکه در آزمایشگاهش با نمایش‌های برقی‌اش حضار را سرگرم کند لذت می‌برد. یکی از دوستان



محبوبش در نیویورک که اغلب به دیدن آزمایشگاه او می‌رفت، مارک تواین بود. عکس بالا که در بهار ۱۸۹٤ گرفته‌شده، مارک تواین را در آزمایشگاه تسلا نشان می‌دهد.

از شکست بزرگ تا شاهکار اِلقایی

باوجود سرخوردگی از برخورد ناجوانمردانه ادیسون، تسلا بلافاصله به پیگیری ایده‌های خلاقانه خود پرداخت. طولی نکشید که ایده‌های هوشمندانه‌اش موردتوجه سرمایه‌گذاران فناوری قرار گرفت. به کمک دو سرمایه‌گذار «کارخانه ساخت تجهیزات تسلا» را راه‌اندازی کرد. ژنراتور DC پیشرفته او از طرف رسانه‌های فناوری آن دوران موردستایش قرار گرفت. اما پس از مدتی، سرمایه‌گذاران به این بهانه که بخش ساخت و تولید شرکت، بازدهی کافی ندارد، این کارخانه را رها کردند و با تأسیس یک شرکت دیگر، تسلا را تنها گذاشتند. این در حالی بود که تسلا حق اختراع‌های خود را به کارخانه واگذار کرده

بود و با تعطیلی آن در سال ۱۸۸٦، دچار مشکلات فراوانی مالی شد و حتی به‌عنوان تعمیرکار به مشاغل پاره‌وقت پرداخت. او از آن سال به‌عنوان سخت‌ترین دوران زندگی‌اش یادکرده است.

اما تسلا که مداومتی عجیب و روحیه‌ای شکست‌ناپذیر داشت دوباره به پا خاست و شرکای جدیدی یافت و موفق شد شرکت برق تسلا (Tesla Electric Company) را در آوریل ۱۸۸۷ تأسیس کند. هدف اصلی آن‌ها کار بر روی همان ایده بزرگ تسلا بود که ازنظر ادیسون چیزی جز مزخرفات نبودند: تولید موتوری که با جریان متناوب کار کند. تسلا موفق شد در همان سال ایده خود را عملی کند. او موتوری القایی اختراع کرد که از برق جریان متناوب استفاده می‌کرد. این نوع جریان الکتریسیته که در آن سال‌ها درحال‌توسعه بود، قادر بود ولتاژ بالا را برای فواصل دور تأمین کند. موتور AC تسلا که با القای الکترومغناطیسی کار می‌کرد نیاز به قطعات سنگ‌زنی را که در موتورهای DC در زمان کوتاهی دچار جرقه و فرسایش می‌شدند، رفع کرد. اختراع نبوغ آمیز تسلا موردتوجه تاجر قدرتمندی به نام جورج وستینگهاوس که در اندیشه رقابت با ادیسون بود، قرار گرفت. آن‌ها به‌زودی به توافق رسیدند و چنین بود که جنگ جریان‌ها میان دو غول الکتریکی آمریکا آغاز شد.

جنگ جریان‌ها و پیروزی بزرگ

تسلا که برخلاف ادیسون و سایر دانشمندان و مخترعان ثروتمند و بانفوذ، از امکانات تبلیغاتی برخوردار نبود در سال ۱۸۹۳ یک فرصت استثنایی در مقیاس جهانی برای نمایش قابلیت‌های سیستم توزیع جریان متناوب (AC) به دست آورد. در مناقصه برق‌رسانی به نمایشگاه جهانی ۱۸۹۳ در شیکاگو، شرکت وستینگهاوس که قیمت کمتری از شرکت جنرال الکتریکِ ادیسون، داده بود، برنده شد. قابلیت و اثربخشی جریان متناوب بر همگان آشکار شد و ثابت شد که برخلاف ادعا و تبلیغات ادیسون، نیروی برق متناوب غیرقابل‌کنترل و خطرناک نیست. ۲۵ میلیون نفر از این نمایشگاه بازدید کردند و تسلا شاهکار خود را به نمایش گذاشت. او با کنترل ولتاژ برق با فرکانس بالا، روشن کردن لامپ‌ها به‌صورت بی‌سیم و فرستادن جریان‌های برق به داخل بدن خود به‌صورت کاملاً اَمن، بازدیدکنندگان را شگفت‌زده

کرد. در دهه ۱۸۹۰ تسلا اجراهای شگفت‌انگیز خود را در سراسر دنیا انجام داد.

رؤیاهای بزرگ؛ از نیروگاه نیاگارا تا انتقال بی‌سیم برق

یکی از اولین کاردستی‌های تسلا در مدرسه ساخت یک توربین آبی بود. او از همان زمان رؤیای استفاده از نیروی یکی از معروف‌ترین آبشارهای جهان را داشت. وقتی‌که جرج وستینگهاوس موفق به بستن قرارداد اولین ژنراتور برق در آبشار نیاگارا شد، تسلا خود را در نزدیکی رؤیای کودکی‌اش دید. تسلا نظارت بر پروژه را بر عهده گرفت و در ۱۸۹٦ اولین نیروگاه تأسیس و راه‌اندازی شد. با شروع به کار ژنراتور برق، در فاصله ۳٤ کیلومتری آنجا در شهر بوفالو در ایالت نیویورک، چراغ‌ها روشن شد و در طی چند سال بعد برق تولیدشده در آبشار نیاگارا به ٦٤٤ کیلومتر آن‌طرف‌تر یعنی تا شهر نیویورک رسید و رؤیای کودکی تسلا به واقعیت پیوست.

یکی از بزرگ‌ترین و جسورانه‌ترین ایده‌های تسلا، انتقال بی‌سیم برق از طریق لایه‌های جوی یا خود زمین به سراسر جهان بود که تا پایان عمر برای تحقق آن تلاش کرد اما موفق نشد. او در ذهن خود روزی را می‌دید که با پیاده‌سازی ارتباط بی‌سیم در سراسر جهان، زمین به یک شبکه عصبی بزرگ تبدیل‌شده که تمام نقاط آن را به‌صورت آنی به هم مرتبط می‌سازد. ایده‌های او زمینه را برای مخترعان بعدی برای توسعه فناوری کنترل بی‌سیم و ارتباطات رادیویی هموار ساخت. او حدود صدسال قبل (۱۹۲٦)، پیش‌بینی کرد که «در آینده‌ای نه‌چندان دور روزنامه‌ها به‌صورت بی‌سیم در خانه چاپ خواهد شد و مردم دستگاه‌های جیبی با خود حمل خواهند کرد که در مقایسه با تلفن‌های فعلی ما بسیار ساده‌تر خواهد بود.» بسیاری از ایده‌های او دزدیده شد و بسیاری از قِبَل اختراعات او ثروت‌های کلانی اندوختند. اما روح او بزرگ‌تر از آن بود که به اعمال حقیرانه دیگران مشغول شود. شاید از دشمنان و رقبای حقیر و فریبکارش متنفر بوده باشد اما معتقد بود که «اگر نفرت شما بتواند به الکتریسیته تبدیل شود، تمام جهان را روشن خواهد کرد.» او در همه‌چیز فرصت‌های نوآوری را جستجو می‌کرد. نیکولا تسلا که تمام ثروتش را صرف تحقق ایده اختراعاتش کرد، در ۷ ژانویه (هفدهم دی) ۱۹٤۳ در ۸٦ سالگی

در فقر و تنهایی در هتلی در نیویورک درگذشت.

تسلای الهام‌بخش با وای فای رایگان

نبوغ منحصربه‌فرد، پشتکار بی‌بدیل، ایده‌های جسورانه و اشتیاق سوزان نیکولا تسلا برای عملی ساختن ایده‌های عجیب‌وغریب، همچنان الهام‌بخش مخترعان و دانشمندان است. ایلان ماسک، تولیدکننده خودروهای تمام برقی نام او را بر شرکت خود (Tesla Motors) گذاشت و لری پیج بنیان‌گذار گوگل او را الهام‌بخش خود می‌داند. در سال ۲۰۱۳ موسسه عام‌المنفعه Kickstarter که از استارتاپ‌های نوین و خلاقانه حمایت می‌کند، به‌افتخار نیکولا تسلا مجسمه او را که به وای فای رایگان مجهز است! در دره سیلیکون در کالیفرنیا نصب کرد.

# روح زدایی از طبیعت به روش نابغهٔ خوش‌خواب

رنه دکارت؛ ریاضیدان، فیلسوف و دانشمند

بنیان‌گذار هندسه تحلیلی، فلسفه مکانیکی و پدر فلسفه مدرن

قرن هفدهم میلادی یکی از نقاط عطف و یکی از پیچ‌های بزرگ در مسیر تاریخ علم و حتی تفکر بشری است. قرنی که فلسفه به مفهوم مدرن در آن شکل گرفت و نطفهٔ علم جدید در آن بسته شد. غول‌های علمی چون گالیله و نیوتن در این قرن ظهور کردند و بنیان علم جدید را بنا نهادند. اما غول فکری دیگری در این قرن زاده شد که شاید بیشترین نقش را شکل‌گیری فلسفه و علم جدید ایفا کرد: رنه دکارت.

«قطب‌نما انگشت خداست و آهنِ محروم از مغناطیس انگار گم‌گشته و بی‌جهت و سرگردان است. روح زمین که نزدیک خورشید قرار گیرد، میدان مغناطیسی خورشید را دریافت می‌کند، و چون اگر حرکت نکند یک‌طرف آن می‌سوزد و طرف دیگرش یخ می‌بندد، چرخش به دور محور خود را انتخاب می‌کند، حتی طوری انتخاب می‌کند که محورش تحت زاویه‌ای متمایل شود تا موجب تغییر فصل‌ها باشد.»

طبیعت روح زدهٔ رنسانس

قطعه بالا، نقل‌قولی است از کتابی که حدود چهارصد سال پیش نوشته‌شده و نویسنده آن به‌عنوان پایه‌گذار علم جدید مغناطیس شناخته می‌شود: دربارهٔ مغناطیس نوشته پزشک انگلیسی ویلیام گیلبرت که در سال ۱۶۰۰ میلادی منتشر شد. در قرن شانزدهم مغناطیس را تجلی نیروهای نهان و اسرارآمیزی می‌دانستند که جهان از آن‌ها آکنده بود. دربارهٔ کوه‌های مغناطیسی که از دریا سر برمی‌آوردند، و میخ‌های کشتی‌های نزدیک را بیرون می‌کشیدند، داستان‌ها نقل می‌کردند. برخی معتقد بودند که مغناطیس می‌تواند طلسم جادوگران را باطل کند. کلوخه مغناطیس را به‌صورت گرد درمی‌آوردند، و برای درمان برخی از بیماری‌ها به‌عنوان دارو آن را می‌خوردند. هدف گیلبرت از نوشتن آن کتاب این بود که با تحقیق تجربی در مورد مغناطیس، واقعیت را از افسانه جدا کند.

بااین‌حال همان‌طور که در نقل‌قول بالا می‌بینیم توصیف او از مغناطیس همچنان آغشته به میزان زیادی از طبیعت‌گرایی دوره رنسانس است. نگرشی که بر این فرض مبتنی بود که در طبیعت روح و

اصل فعالی هست که پدیده‌های طبیعی را به وجود می‌آورد. ازنظر آن‌ها، همه مواد دارای حیات و ادراک بودند. آنان با کنار نهادن منطق‌گرایی افراطی ارسطوگراهای مَدرسی، به‌نوعی تجربه‌گرایی افراطی روی آورده بودند. فلسفه طبیعیِ سده شانزدهم، برخلاف مَدرسیان که عقل آدمی را قادر به درک نظم عقلانی طبیعت می‌دانستند، بر این باور بود که عقل هرگز نمی‌تواند اصول حیاتی طبیعت را درک کند و فقط تجربه و شهود بی‌واسطه می‌تواند عمل جادویی چیزهای طبیعی را بشناسد. طبیعت‌گرایی رنسانس، فرافکنی روح آدمی به طبیعت بود، و سراسر طبیعت به‌صورت خانهٔ اشباح نیروهای روحی تصویر می‌شد. در چنین شرایطی بود که قهرمان فکری ما برای روح زدایی از طبیعت و مهیا ساختن بنیان و روشی عقلانی برای علم جدید پا به جهان گذاشت.

فیلسوفک خوشخواب

چهار سال قبل از انتشار کتاب گیلبرت یعنی در سال ۱۵۹۶ رنه دکارت در یکی از شهرهای کوچک فرانسه در خانواده‌ای از طبقه اشراف متوسط به دنیا آمد. پدرش که قاضی و آدمی با ذهنی باز و طبعی بلند بود، در همان سال‌های نخست به ذهن کنجکاو و پرسشگر این کودک مریض‌احوال و حساس مزاج پی برد و ازاین‌رو او را فیلسوفک خطاب می‌کرد. جثه ضعیف او باعث شد که دیرتر از معمول و در سن هشت‌سالگی به مدرسه برود. مدیر مدرسه مهر خاصی به این کودک نحیف داشت و به دلیل ضعف جسمی‌اش و نیاز او به استراحت بیش‌تر، به دکارت اجازه داد که صبح‌ها تا هر ساعتی که میل دارد در رختخواب بماند و هر موقع که خواست و اراده کرد به کلاس درس و نزد همسالان خود برود. به‌مرور تفکر صبحگاهی در رختخواب به عادتی تبدیل شد و این عادت در شکل‌گیری آثار فلسفی و علمی او نقشی اساسی داشت. او بااینکه شاگردی سخت‌کوش و برجسته بود اما چون از کودکی عادت کرده بود که هیچ‌چیزی را بی‌علت و استدلال نپذیرد، از چهارده‌سالگی در این ساعات طولانی تفکر در رختخواب به‌مرور به حقیقتِ تمام دانش گذشتگان و آنچه در مدرسه آموخته می‌شد، شک کرد.

می‌اندیشم پس هستم

دکارت جوان با شک در تمام دانسته‌های پیشین، تصمیم گرفت که فقط آنچه را یقینی و غیرقابل‌تردید

است، بپذیرد. او می‌دانست که حواس ممکن است ما را فریب دهد بنابراین قابل‌اعتماد نیستند. او به جز ریاضیات، همهٔ یافته‌های منطق، فلسفه و دانش قدیم را بی‌ارزش و بی‌اعتبار یافت و تصمیم گرفت که دانش خود را بر پایه‌ای استوار و عقلانی و با روش استدلال ریاضی بنا نهد. او در همه‌چیز شک کرد جز در یک گزاره و آن این بود که «من می‌اندیشم پس هستم.» او فهمید حتی شک در این جمله نیز خود دلیل بر وجود موجودی شک کننده و متفکر است. بنابراین او آن را اساس فلسفه خود قرار داد.

دوگانه‌گرایی دکارتی و اخراج ارواح از طبیعت

دکارت از یافتهٔ یقینی «می‌اندیشم پس هستم» نتیجه گرفت که کل واقعیت از دو جوهر تشکیل‌شده است. آنچه غیرمادی است و آن را ذهن یا نفس نامید که ویژگی آن تفکر است و جوهر مادی که ماهیت آن امتداد است. شیء متفکر و شیء ممتد (ماده) ازنظر دکارت دو جوهر متمایز و مستقل بودند. ازلحاظ علوم طبیعی، نتیجه این دوگانه‌گرایی دکارت، کنار گذاشتن  قاطع هرگونه خصوصیت روحی در مورد طبیعت مادی بود. روح مغناطیسی جهان گیلبرت در دنیای فیزیکی دکارت جایی نداشت. درحالی‌که ذهن و ماده در طبیعت‌گرایی رنسانس جدایی‌ناپذیر بود و هر جسمی دارای نوعی روح و ادراک تلقی می‌شد؛ ازنظر دکارت طبیعت مادی خنثی، فاقد ادراک و عاری از هرگونه منبع فعالیت بود.

فلسفه مکانیکی دکارت؛ بنیانی برای علم جدید

دوگانه‌گرایی دکارت با دقت و جدیتی سخت‌گیرانه، هرگونه رد پای روح را از طبیعت مادی زدود و طبیعت مادی را به عرصهٔ بی‌جانی مبدل ساخت که فقط شامل ضربه‌های خشن تکه‌های ماده می‌شد. این برداشت از طبیعت بااینکه در آن زمان بسیار عجیب و شگفت‌انگیز می‌نمود اما به گونهٔ بسیار تحسین‌برانگیزی برای مقاصد علم جدید مفید واقع شد. هر دانشمند مهمی در نیمه دوم قرن هفدهم، دوگانگی جسم و روح را پذیرفت. به‌این‌ترتیب طبیعت مادی علم جدید متولد شد. فلسفه مکانیکی دکارت، گسست قاطعی از برداشت رایج زمان، یعنی طبیعت‌گرایی رنسانس ازیک‌طرف و ارسطو گرایی مَدرسی از طرف دیگر بود. فلسفه مکانیکی طبیعت تأکید داشت که همه پدیده‌های طبیعت از ذرات

مادهٔ متحرک است و علت حرکت نه روح یا خدا یا اصل فعال، بلکه وابسته به اصل اینرسی است.

زمینه دکارتی برای مکانیک نیوتنی

بااینکه قبل از دکارت کپرنیک و گالیله گام‌های اولیه در مسیر علم مکانیک را برداشته بودند اما هیچ‌یک از آن‌ها مبنایی فلسفی متناسب با آن را برای طبیعت ابداع نکرد. دکارت گامی را برداشت که گالیله هیچ‌گاه به آن توفیق نیافته بود. درحالی‌که همواره در ذهن گالیله حرکت اینرسیایی (دایره‌ای) به دور مرکز، متمایز از حرکت به‌سوی مرکز باقی ماند که او با عنوان «حرکت طبیعی» از آن یاد می‌کرد، دکارت تمام حرکت‌ها را یکسان تلقی کرد. ازنظر دکارت همهٔ تغییرهای حرکت، ناشی از علت یکسانی قلمداد شد که همان تأثیر یک جزء مادی بر دیگری بود. دکارت نتیجه گرفت که هر جسم متحرک همواره میل دارد که در مسیر مستقیم حرکت کند و فقط وقتی مسیر منحنی را طی می‌کند که چیزی آن را منحرف سازد. دکارت کوشید برخورد را بر اساس اصل بقای کلِ مقدار حرکت تحلیل کند، که بعداً نیوتن آن را در قالب اصل بقای اندازه حرکت ارائه کرد. تعابیر دکارت از حرکت، مفهوم اینرسی و اصل بقای آن، تأثیری قاطع در تنظیم قوانین حرکت توسط نیوتن و شکل‌گیری مکانیک نیوتنی داشت.

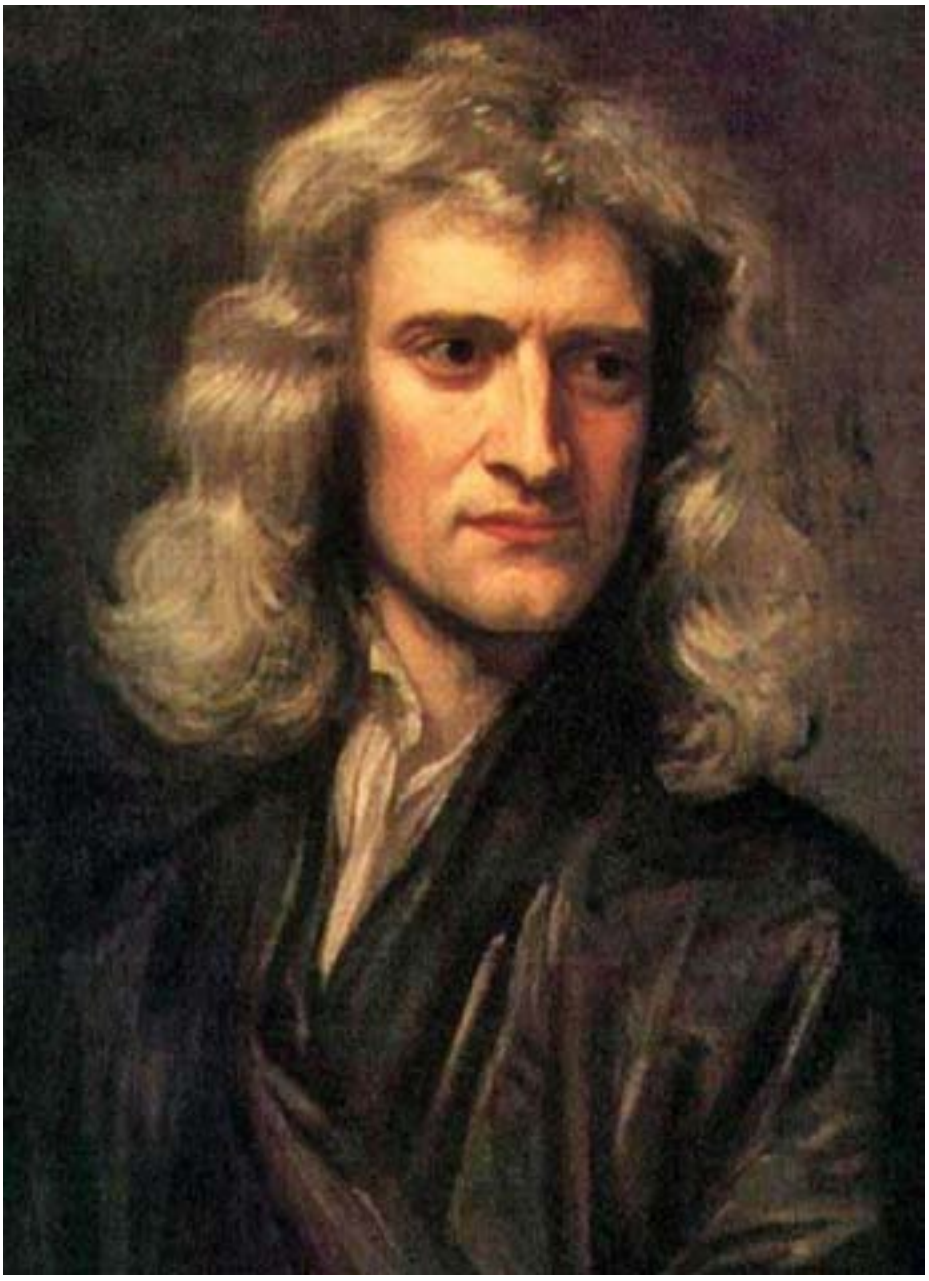
از ملأ تا مکانیک پزشکی

جهانی که دکارت تصور می‌کرد، ملأ بود یعنی تمام فضا که نامتناهی فرض می‌شد، آکنده از ماده است و خلائی وجود ندارد. بنابراین تمام پدیده‌های طبیعی با بر این مبنا توجیه می‌شدند. بر اساس نظریه گردشاری (گردابی) او، عالم از شمار بی‌نهایتی گردشار تشکیل‌شده و منظومه خورشیدی

آیزاک نیوتن

به‌صورت گردابی از ماده در داخل آن قرار دارد. او سعی کرد با نظریه گردشار توصیفی مکانیکی از پدیده‌های عظیم آسمانی به دست دهد. دکارت تلاش کرد پدیده‌هایی چون نور، رنگین‌کمان و ثقل زمین را با آن نظریه توضیح دهد. دکارت سعی کرد برای فیزیولوژی نیز از مبنای فلسفه مکانیکی خود استفاده کند. او حرکت قلب را ناشی از فرآیندهای شناخته‌شدهٔ فیزیکی دانست. او در اواخر قرن

هفدهم در زیست‌شناسی مکتبی مکانیکی به وجود آورد که به‌عنوان مکانیک پزشکی معروف شد.



روشی برای علم

دکارت علاوه بر ابداعات ریاضی و تبیین بسیاری از پدیده‌های فیزیکی و بنیان‌گذاری فلسفه مکانیکی، ابزار اساسی دیگری را نیز در اختیار پژوهندگان علم قرار داد. ناکارآمدی فلسفه‌های قدیمی طبیعت و سرخوردگی ناشی از آن متفکران عصر جدید را بر آن داشت که در روش پژوهش قدما تردید کنند.

پیشگام این متفکران فرانسیس بیکن بود که در کتاب ارغنون نو سعی کرد روشی سیستماتیک برای پژوهش علمی ارائه دهد. گام بزرگ بعدی را دکارت با کتاب گفتار درباره روش برداشت. درحالی‌که بیکن بر مشاهده خام طبیعت و آزمایش تأکید داشت، دکارت بر این بود که آزمایش فقط درخور جزئیات علم است و فقط عقل می‌تواند اصول کلی فلسفه طبیعی را استقرار بخشد. سخن جسورانه او در مورد قدرت عقل در کاوش مرزهای طبیعت تأثیر بسیاری بر متفکران قرن هفدهم و هجدهم داشت.

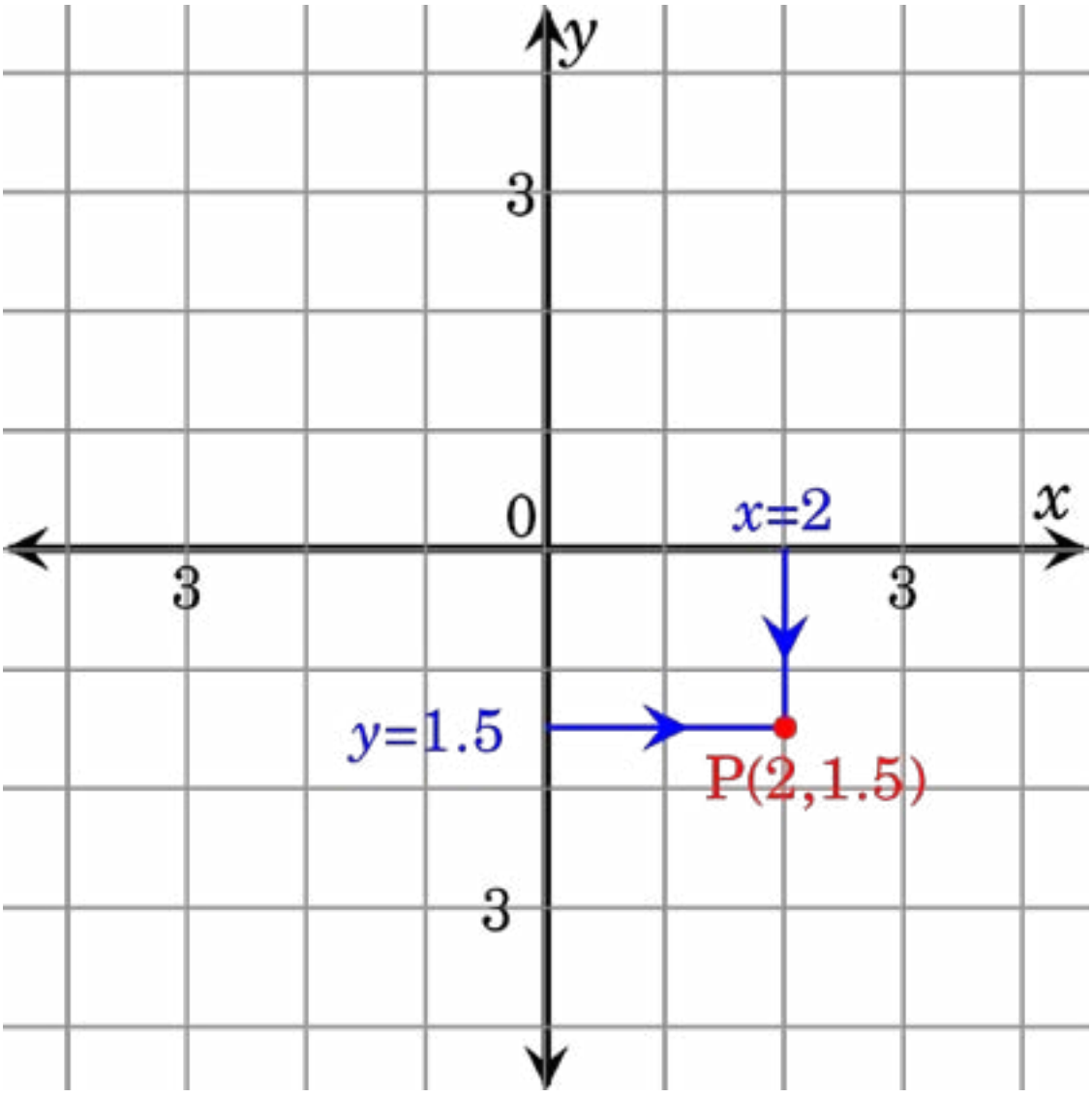
ترک عادت و مرگ زودرس

برخی محققان معتقدند، ترک اجباری عادت به تفکر صبحگاهی در رختخواب در اواخر عمر دکارت، برای تدریس فلسفه و ریاضی به کریستین، ملکه سوئد، در ساعت ۵ صبح، باعث مرگ زودهنگام او در سال ۱۶۵۰ در ۵۳ سالگی شده است!

هندسه دکارتی

هندسه تحلیلی یا هندسه جبری بااینکه در قرن هفدهم به‌طور مستقل توسط دکارت و فرما ابداع شد اما پیشرو بودن ریاضیدانان ایرانی در تلفیق جبر با هندسه امر پذیرفته‌شده‌ای در تاریخ علم است.

خوارزمی ضمن بررسی معادلات درجه اول و درجه دوم زمان خود به اثبات هندسی آن‌ها نیز پرداخت. اما دو قرن پس‌ازآن، کار بزرگ بعدی در جبر را خیام به انجام رساند. استفاده خیام از مقاطع مخروطی برای حل معادلات درجه سوم او را به پیشگام تحولات بعدی در این زمینه بدل کرد. ازاین‌رو به نحوی می‌توان خیام را پیشگام هندسه تحلیلی به شمار آورد. هندسه دکارتی با در تعریف محور مختصات و اختصاص یک جفت عدد (طول و عرض) به هر نقطه از صفحه، روشی جبری برای حل مسائل هندسی ارائه کرد.



از نخستین نسخه های کتاب در باب روش دکارت

DISCOURS
DE LA METHODE
Pour bien conduire ſa raiſon, & chercher
la verité dans les ſciences.
PLUS
LA DIOPTRIQVE.
LES METEORES.
ET
LA GEOMETRIE.
*Qui ſont des eſſais de cete* METHODE.

A LEYDE
De l'Imprimerie de IAN MAIRE.
CIↃ IↃ C XXXVII.
*Auec Priuilege.*

# دانشمند ایرانی که الهام‌بخش کوپرنیک شد

خواجه نصیر طوسی؛ فیلسوف، ریاضیدان و منجم

در میان دانشمندان بزرگ ایرانی، خواجه‌نصیرالدین طوسی یکی از چهره‌های شاخص و برجسته است. او از چند لحاظ در تاریخ ایران نقشی مؤثر داشته است. طوسی در هنگام تسلط مغول‌ها به ایران، توانست به‌عنوان وزیر هلاکو نقشی تعیین‌کننده را در جهت حفظ و انتقال میراث علمی و فرهنگی عصر طلایی تمدن ایرانی اسلامی به نسل‌های بعد ایفا کند. ساختن رصدخانه مراغه، تأسیس کتابخانه و حمایت از دانشمندان عصر خود، خدمات علمی و فرهنگی بزرگی بود که به انجام رساند. از طرف دیگر خود حکیم و دانشمندی چندبعدی و جامع‌الاطراف بود. آثار او درزمینهٔ نجوم، ریاضیات، فلسفه، منطق، کلام و اخلاق همواره جزو کتاب‌های درسی مراکز علمی بوده است. خواجه نصیر را به همراه ابوریحان بیرونی به‌عنوان نخستین کسی می‌شناسند که مثلثات را به‌عنوان یک علم مستقل معرفی کرد. پنجم اسفند زادروز این دانشمند بزرگ ایرانی به‌عنوان روز بزرگداشت خواجه‌نصیرالدین طوسی و روز مهندسی نام‌گذاری شده است.

ابوجعفر محمد بن محمد بن حسن الطوسی ملقب به نصیرالدین و معروف به محقق طوسی یا خواجه طوسی یا خواجه نصیر که القاب استاد بشر، عقل حادی عشر و معلم ثالث را نیز به او داده‌اند، در پنجم اسفند سال ۵۷۹ هجری شمسی در شهر طوس در نزدیکی مشهد به دنیا آمد و در یازدهم تیرماه ٦٥٣ شمسی در بغداد درگذشت. پدرش محمد بن الحسن از فقها و محدثین طوس بوده و خواجه قرآن، علوم مذهبی، منطق، هندسه، نجوم و ریاضیات را در پیش وی فراگرفت. سپس در جوانی برای تکمیل تحصیلات به نیشابور، که در آن عصر یکی از شهرهای بزرگ خراسان و یکی از مراکز مهم علمی در ممالک اسلامی محسوب می‌شد، عزیمت کرد. پس از چند سال سرآمد علوم زمانه شد و با حمله مغول به نیشابور، به دعوت محتشم فاضل و عالم دوست قهستان در قلعه‌های اسماعیلیه در خراسان که از غارت مغول در امان مانده بود، به آنجا رفت و مورد تکریم و احترام قرار گرفت. در همین اقامت طولانی در قهستان بسیاری از آثار خود ازجمله اخلاق ناصری، رساله معینیه در علم هیئت و شرح فارسی آن، اساس الاقتباس و چند کتاب دیگر را تألیف و ترجمه کرد. سپس به دعوت علاءالدین محمد، پادشاه اسماعیلیه، به قلعه الموت رفت. پس از تسلط هلاکوی مغول بر اسماعیلیه، خواجه نصیر به سبب مقام علمی و

وجهه سیاسی اجتماعی خود به‌عنوان مشاور و وزیر هلاکو برگزیده شد.

آثار طوسی و تأثیرات آن

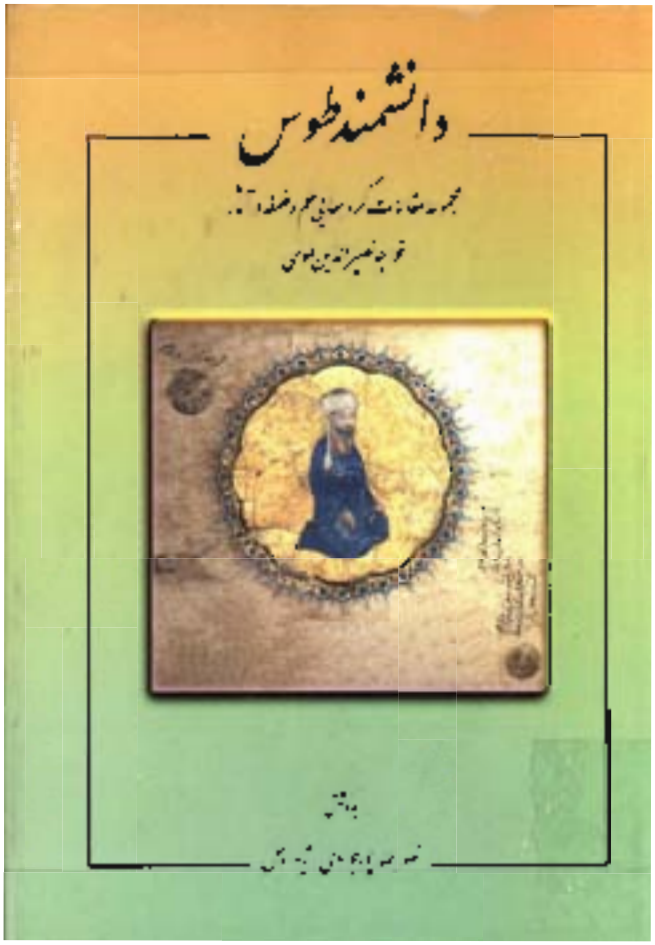
خواجه نصیر کتاب‌های زیادی را تألیف، تصنیف، تحریر، ترجمه و شرح کرده است. بااینکه وی در دورانی بسیار پرآشوب می‌زیست اما این تحولات و فراز و نشیب‌های زندگی او هرگز باعث وقفه در کار علمی و فلسفی‌اش نشده است. با توجه به شرایط بی‌سامان آن دوران که خطر نابودی میراث فرهنگی و علمی ایرانی و اسلامی را به همراه داشت، یکی از اهداف خواجه نصیر، جمع‌آوری و تنقیح و تهذیب مجموع معارفی بود که از گذشتگان بازمانده بود، تا بتواند آن‌ها را به صورتی که در کار تدریس قابل‌استفاده باشد به آیندگان بسپارد. درزمینهٔ آثار علمی به نظر می‌رسد که طوسی، گردآوری و شرح و تنقیح را بر نوشتن رساله‌ها و آثار جدید و نو ترجیح می‌داده است و از این لحاظ بیشتر درصدد شرح و تفسیر آثار علمی موجود بوده است. آثار علمی طوسی دارای چند ویژگی است: اول اینکه آثار علمی او، دائره‌المعارف علم دوران اوست. دوم، ترکیب این دائره‌المعارف طوری است که هم نمایندهٔ تصور خواجه از علم و حدود معرفت شخص او و هم تصور حاکم از علم در زمان او را نشان می‌دهد. و سوم اینکه آثار خواجه نصیر به‌نوبه خود موجب ظهور تلقی‌ای از علم گردیده که تا زمان ورود علم جدید به ایران، در حوزه‌های سنتی مدت‌ها پس‌ازآن رایج بوده است.

در تأثیر آثار خواجه نصیر طوسی در تاریخ علم پس از خود در جهان اسلام و به‌ویژه در ایران، همان‌طور

که یکی از مورخان علم (دکتر حسین معصومی همدانی) اشاره‌کرده «درست است که درمجموع آثار علمی او (با چند استثنا) کار بدیع علمی کمتر وجود دارد، و درست است که این آثار نمایندهٔ علم اسلامی در شکوفاترین صورت آن نیستند، اما این آثار به‌هیچ‌وجه آثار پیش‌پاافتاده‌ای هم نیستند. گذشته از این، تأثیر خواجهٔ طوسی بیش از آنکه به دلیل ارزش علمی محض آثار او باشد، به سبب نقش اجتماعی‌ای است که این آثار ایفا کرده‌اند و این با شخصیت خواجه ارتباط دارد. شاید مهم‌ترین نقش آثار خواجه این باشد که با نهادی کردن این علوم، آن‌ها را در دورانی که جامعه به‌طورکلی در انحطاط نهاده بود، از نابودی نجات داد.» (مقاله استاد بشر، در دانشمند طوس:مجموعه مقالات گردهمایی علم و فلسفه در آثار خواجه نصیر طوسی، گردآوری و تنظیم توسط نصرالله پورجوادی و ژیوا وسل، مرکز نشر دانشگاهی، ۱۳۷۹)

تأسیس رصدخانه مراغه

رصدخانه مراغه به ابتکار  و پیشنهاد خواجه نصیر و جلب موافقت هلاکوخان بر روی پشته‌ای بلند



در شمال شهر مراغه احداث و با بهترین آلات رصدی آن روزگار تجهیز شد به‌طوری‌که تا سیصد سال بعد نیز نه در شرق و نه در غرب هیچ رصدخانه‌ای ازلحاظ امکانات رصدی به‌پای آن نرسید. منجمان و ریاضیدانان بزرگی برای تحقیق در رصدخانه دعوت شدند. ازجمله این دانشمندان که تحت سرپرستی خواجه نصیر به فعالیت می‌پرداختند می‌توان به قطب‌الدین شیرازی، محی‌الدین مغربی، نجم‌آباد دبیران قزوینی و اثیرالدین ابهری اشاره کرد. مأموریت اصلی رصدخانه مراغه از دیدگاه هلاکوخان تنظیم یک زیج بود. این زیج که امروزه به «زیج ایلخانی» معروف است پس از حدود دوازده سال مطالعهٔ پیگیر خواجه نصیر و همکارانش در رصدخانه مراغه تنظیم شد.

رصدخانه مراغه به‌صورت یکی از مراکز علمی و فرهنگی معروف زمان خود درآمد به‌طوری‌که از هر سو

دانش‌پژوهان و دانشمندان برای آموزش و پژوهش به آنجا روی می‌آوردند. علاوه بر رصدخانه، خواجه نصیر کتابخانهٔ بزرگی را تأسیس کرد که به‌فرمان هلاکو کتاب‌های نفیس فراوانی که از بغداد، دمشق، موصل و خراسان غارت‌شده بود و برای محققان رصدخانه ضروری بود، به آن کتابخانه منتقل شد. تعداد کتاب‌های این کتابخانه به چهارصد هزار جلد می‌رسیده است.

مکتب مراغه

مکتب مراغه نامی است که مورخان علم جدید در غرب، بر جریان نقد الگوهای بطلمیوسی و عرضه الگوهای هندسی جدید توسط منجمان مسلمان داده‌اند، هرچند که این جریان بسیار قبل از تأسیس رصدخانه مراغه، با ابن هیثم و ابن‌سینا آغازشده است. اما ازآنجاکه برخی از نخستین آثاری که درزمینهٔ الگوهای غیر بطلمیوسی تألیف شده اثر کسانی چون خواجه نصیر طوسی و همکاران او که در رصدخانه مراغه کار می‌کرده‌اند، بوده است، این نام‌گذاری موجه به نظر می‌رسد.

ترویج زبان علمی فارسی

زبان علم در دوران شکوفایی علوم در تمدن اسلامی تقریباً به‌طور انحصاری عربی بود. خواجه نصیر

از دانشمندان ایرانی است که هم به عربی و هم به فارسی می‌نوشته است. در میان آثار علمی او اثری چون اساس‌الاقتباس هست که یکی از مهم‌ترین و مفصل‌ترین متون منطق به زبان فارسی است. درزمینهٔ نجوم نیز، زیج ایلخانی او، که یکی از مهم‌ترین زیج‌های دوران اسلامی است، به فارسی نوشته‌شده است. ازاین‌رو، برخی از آثار علمی خواجه نصیر اولین نمونه‌های به‌کارگیری زبان فارسی در حوزه‌ای به شمار می‌آیند که قبل از آن در انحصار زبان عربی بوده است.

## ریاضیات خواجه نصیر

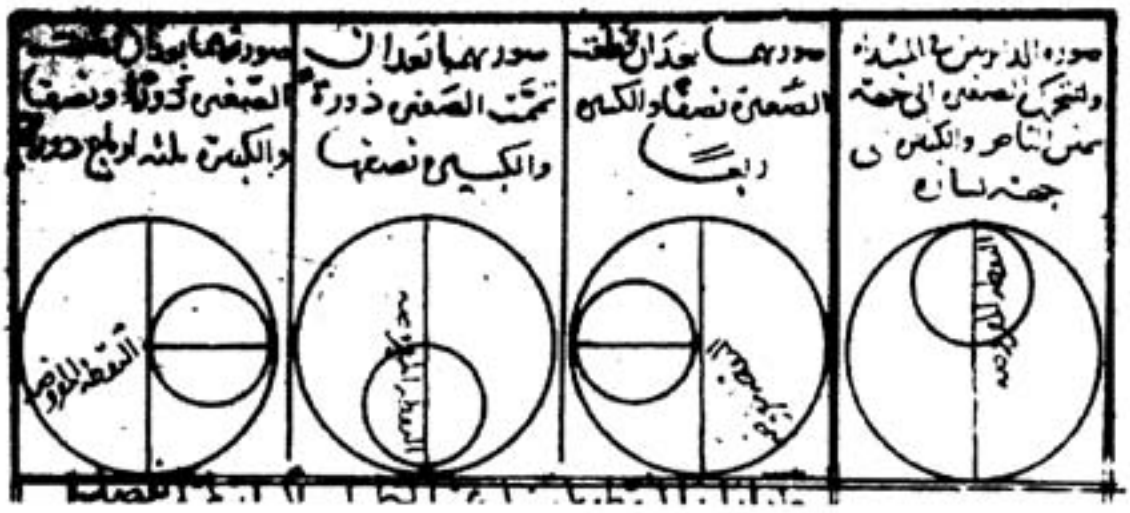
در انبوه آثار طوسی، غلبه با آثار ریاضی است که عمدتاً شامل تحریرهای او از آثار ریاضی است. در ریاضیات نیز غلبه با آثار هندسی است. در بحث اصل توازی در هندسه اقلیدسی، خواجه نصیر آثار خیام در این زمینه را در رساله تحریر اقلیدس و رساله الشافیه تحریر نموده و با انتشار آن به یونانی در اروپا در اواخر قرن شانزدهم بر روی ریاضیدانانی مثل ساکری مؤثر بوده و از طریق مبحثی که امروزه به چهارضلعی خیام-ساکری معروف است زمینه‌های کشف هندسه‌های نااقلیدسی در قرن هفدهم را فراهم کرده است.

## تدوین علم مثلثات

یکی از مهم‌ترین رساله‌های خواجه نصیر رسالهٔ کشف القناع عن اسرار شکل القطاع که پس از اثری از ابوریحان بیرونی، نخستین تألیفی است که در آن مثلثات از صورت یکی از مقدمات علم نجوم بیرون آمده و به یک رشته علمی مستقل تبدیل‌شده است. این رساله در مثلثات مسطحه و کروی بحث می‌کند. مثلثات مسطحه و کروی در نجوم هندی و یونانی به‌عنوان بخشی از دانش ستاره‌شناسی محسوب می‌شدند و با آثار بیرونی و طوسی بود که به‌عنوان یک علم جدید قوام یافتند.

تأثیر کوپرنیک از ابتکار طوسی

رسالهٔ تذکرهٔ خواجه نصیر، ازلحاظ تاریخی، نخستین متنی است که مورخان جدید علم (اوتو نویگه باوئر و ای. اس. کندی) به وجود الگوهای غیر بطلمیوسی در آن پی بردند. تحقیق در مورد این الگوها و توجه به سایر آثار منجمان مکتب مراغه به‌خصوص به این دلیل قوت گرفت که معلوم شد که الگوی معروف به «جفت طوسی» دقیقاً یکی از الگوهایی است که کوپرنیک هم به کار گرفته است. امروزه تقریباً مسلم است که الگوی طوسی به نحوی به کوپرنیک رسیده بوده است و شک نیست که کوپرنیک در الگوهای خود از مکتب مراغه متأثر بوده است.البته باید اشاره کرد که این به مفهوم دستیابی طوسی به



نظریه خورشید مرکزی نیست چراکه اصحاب مکتب مراغه به نظریهٔ زمین مرکزی ارسطویی پایبند بودند، بنابراین شباهت کار آن‌ها صرفاً در حوزه‌های هندسی بوده است نه ازلحاظ کیهان‌شناختی.

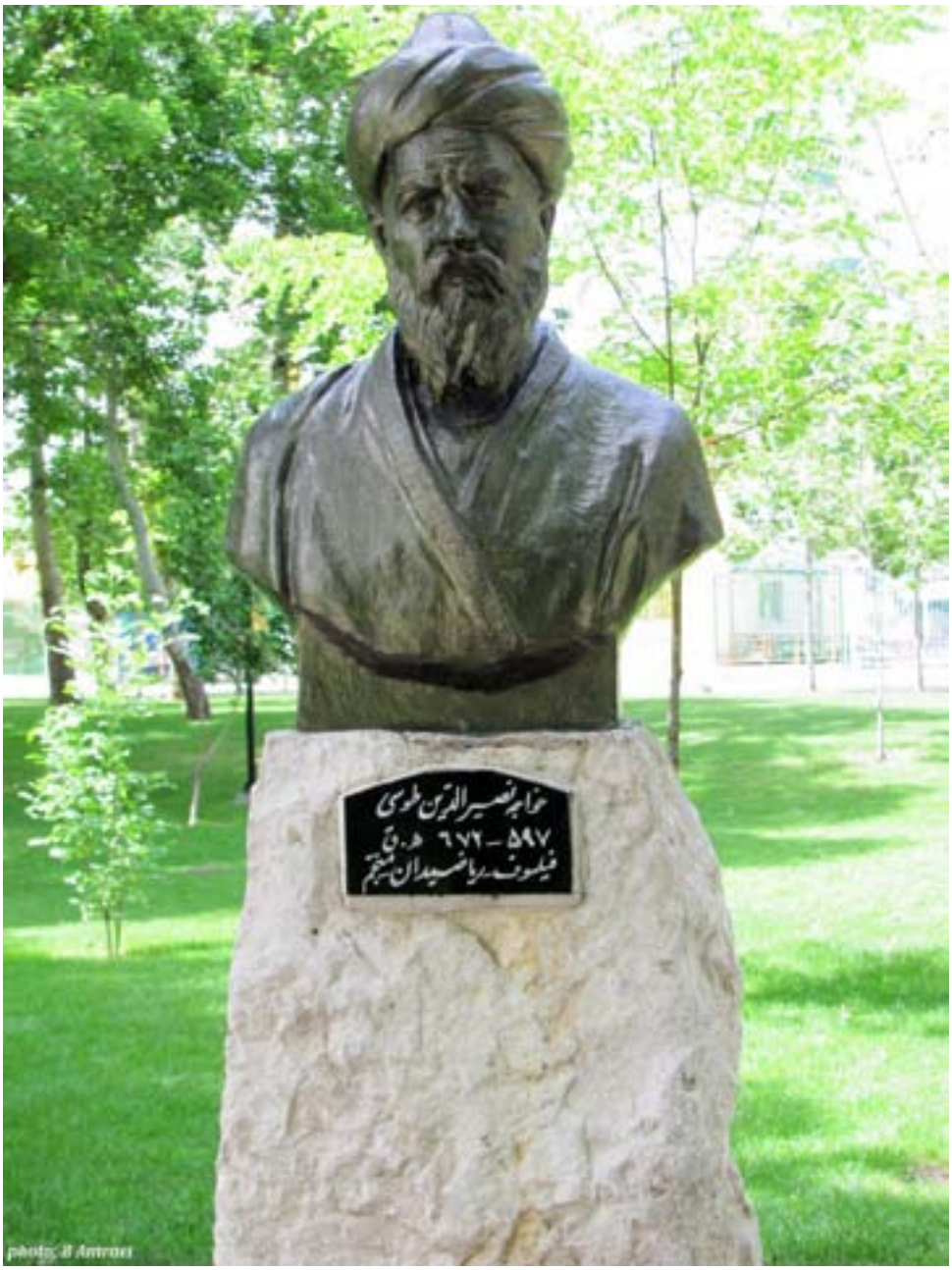
علم‌جویی از نظر خواجه نصیر

خواجه نصیر معتقد است که انسان دارای استعدادی برای شناخت و معرفت دارد که آن را «قوه علمی» می‌نامد. از نظر خواجه نصیر این توانایی در دو مرحله تکامل می‌یابد. در مرحله اول انسان به ادراک علوم و معارف دست می‌یابد و بر حقایق موجودات اطلاع و علم حاصل می‌کند و در مرحله دوم به معرفتی بالاتر که همانا شناخت مطلوب حقیقی و غرض کلی است نائل می‌شود. بخشی از اصل بیان خواجه نصیر در این زمینه در اوصاف‌الاشراف چنین است: «کمال قوت علمی آن است که شوق او به سوی ادراک معارف و نیل علوم باشد تا بر مقتضای آن شوق احاطت به مراتب موجودات و اطلاع بر حقایق آن به حسب استطاعت حاصل کند، و بعد از آن به معرفت مطلوب حقیق و غرض کلی، که انتهای جملگی موجودات با او بود، مشرف شود تا به عالم توحید بل مقام اتحاد برسد و دل او ساکن و مطمئن گردد و غبار حیرت و زنگ شک از چهرهٔ ضمیر آینهٔ خاطر او سترده شود.»

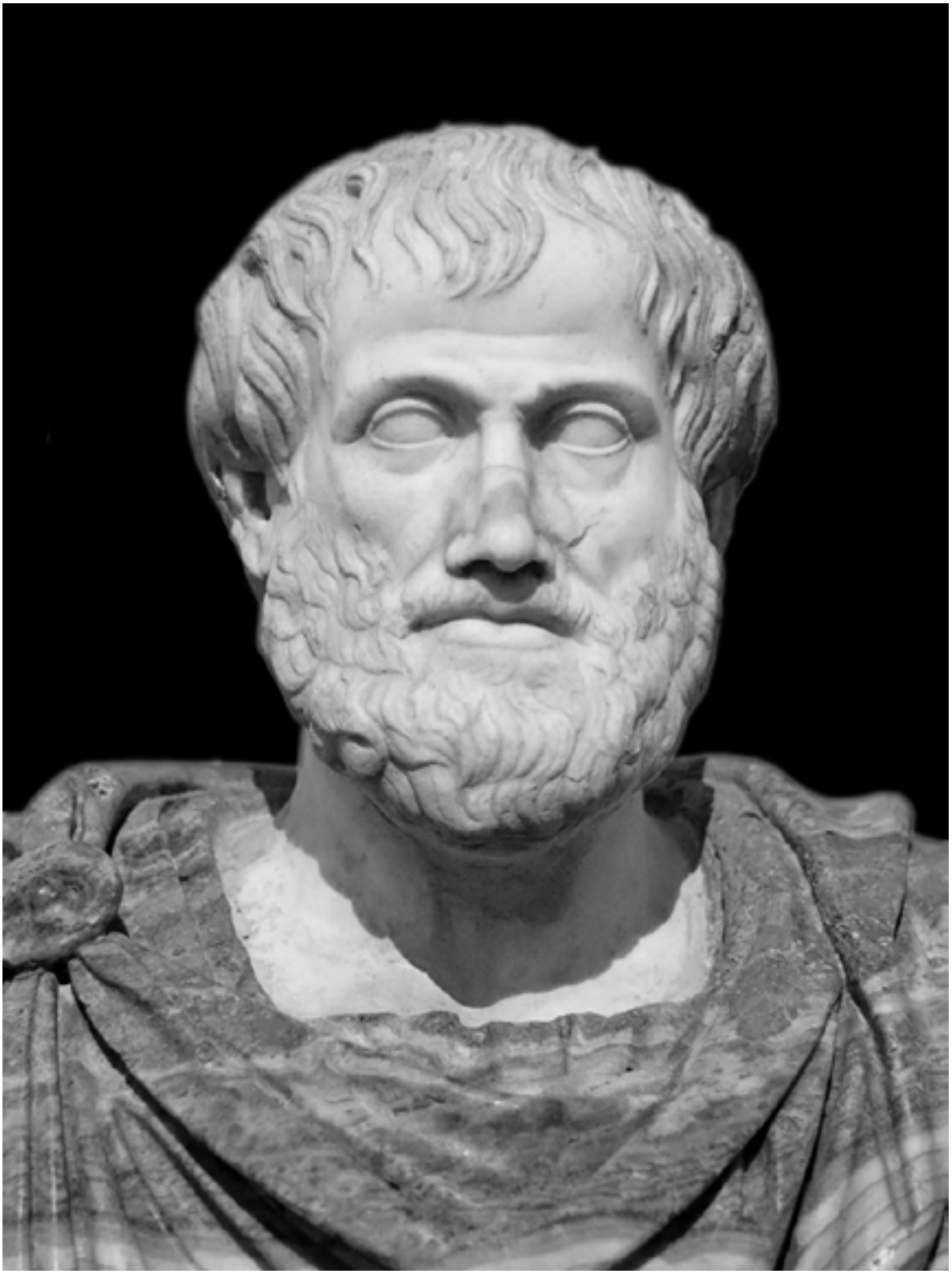
رصد خانه خواجه نصیر الدین طوسی

رصدخانه خواجه نصیرالدین طوسی پژوهشکدهٔ پژوهشکده فیزیک کاربردی و ستاره شناسی دانشگاه تبریز: این رصدخانه در ٤٥ کیلومتری جنوب شهر تبریز  بر فراز کوه بلیندی با عرض جغرافیایی تقریبی ۳۸ درجه شمالی و طول جغرافیایی تقریبی ٤٦ درجه شرقی مستقر است. این رصدخانه دارای یک تلسکوپ خورشیدی انکساری ( ٦ اینچی ) است که جهت بررسی پدیده های خورشیدی و لکها و شراره ها استفاده می شود و مجهز به فیلتر $H\alpha$ است.  همچنین وجود دو تلسکوپ ٤٠ و ٦٠ سانتی متری کاسگرین با پانل الکترونیکی و رصد ستارگان تا قدر ۱۱ ، ساختمان پژوهشگران، ژنراتور ۳۲ کیلوات و ژنراتور ٥ کیلوات و ... از جمله امکانات موجود در این رصدخانه است که باید به اینها یک تلسکوپ فعال٢٤ اینچی  نیز اضافه شود که در سال ۲۰۱٦ راه اندازی شده است و در حال حاضر بزرگترین تلسکوپ فعال ایران است. هر کدام از این تلسکوپ ها درگنبدهای جداگانه قرار دارند و هر گنبددارای سه طبقه است. رصد خانه خواجه نصیر الدین طوسی در حال حاضر بزرگترین رصدخانه فعال کشور

است که می تواند پاسخگوی نیازهای رصدی محققین از سراسر کشور باشد.



# این سه معلم: ارسطو، فارابی، میرداماد



ارسطو ملقب به معلم اول

شاید عجیب باشد که از میان هزاران دانشمند، فیلسوف و متفکر در طول تاریخ چرا فقط سه نفر به‌عنوان «معلم» ملقب شده‌اند. ارسطو به‌عنوان معلم اول، فارابی به‌عنوان معلم ثانی و میرداماد به‌عنوان معلم ثالث شناخته می‌شود. چرا دو نفر از این سه نفر ایرانی هستند؟ ارسطوی یونانی و دو ایرانی دیگر چه جایگاه علمی، فرهنگی یا فلسفی داشته‌اند که با کنار زدن متفکران بزرگی چون سقراط و افلاطون در غرب یا مثلاً زرتشت، بودا یا کنفوسیوس در شرق، مفتخر به دریافت چنین لقبی گشته‌اند؟ و اینکه آیا در آینده ممکن است کسانی به‌عنوان معلم رابع، خامس و ... شناخته شوند؟ و گزینه احتمالی برای معلم بعدی چه کسی می‌تواند باشد؟ آیا اصلاً این نوع نام‌گذاری معنی و اهمیتی دارد؟ به بهانه ۱۲ اردیبهشت، روز معلم، به این مسئله پرداختیم.

لقب «معلم اول» نه توسط غربیان بلکه توسط متفکران اسلامی به ارسطو داده شد. اما غرض از «معلم» نامیدن ارسطو توسط مسلمین چه بود و چرا این لقب را به فیلسوفان بزرگی چون افلاطون که معلم ارسطو بود یا به سقراط که معلم افلاطون بود، ندادند؟ این مسئله به تلقی خاصی که مسلمین از اصطلاح «معلم» داشتند، مربوط می‌شود. چنانکه دکتر سید حسین نصر اشاره‌کرده، «معلم» در نزد مسلمین به شخصی اطلاق می‌شده که تعیین‌کننده حدود علوم و روش‌های مختلف کسب علم بوده و آن‌ها را در سلسله مراتبی که وحدت و پیوستگی بخش‌های مختلف دانش را حفظ می‌کرد، قرار می‌داد (دانش‌پژوه، محمدتقی، (۱۳۹۰)، فارابی‌شناسی (گزیده مقالات) به اهتمام میثم کرمی، تهران، مؤسسه انتشارات حکمت، چاپ اول). بنابراین از دیدگاه اسلامی، معلم حقیقی صرفاً کسی نیست که علم را می‌آموزد بلکه او کسی است که حدود علم، روش‌شناسی علوم و سلسله‌مراتب آن را با یک رویکرد وحدت‌گرا ترسیم می‌کند. این وحدت‌گرایی از اهمیت توحید در معارف اسلامی و سرچشمه گرفتن تمام علوم از وحی قرآنی ناشی می‌شود.

ارسطو؛ معلم اول

می‌دانیم که ارسطو (۳۸٤ – ۳۲۲ ق.م) شاگرد افلاطون بود اما برعکس افلاطون که بیشتر به عالم

نامحسوس مُثُل نظر داشت توجه خود را به تبیین عقلانی جهان فیزیکی معطوف کرد. بااین‌حال جهان فیزیکی از نظر ارسطو در سیر و تحولی غایت‌مند در جهت کسب کمالی که علت نخستین (آفریدگار) بر مخلوقات تعیین کرده بود، قرار داشت. علاوه بر این نگرش فلسفی به خلقت که به‌طور کلی با باورهای مسلمین سازگاری داشت، ارسطو اولین متفکری بود که ضمن تدوین علم منطق، به روش‌شناسی و طبقه‌بندی علوم نیز پرداخت. ارسطو یک تقسیم‌بندی وحدت‌گرا از علوم عرضه کرد که به‌طور کلی با دیدگاه توحیدی مسلمانان سازگار بود. ازاین‌رو ارسطو در میان مسلمین به‌عنوان نخستین کسی که به تحدید علوم، ترسیم روش‌شناسی آن و طبقه‌بندی وحدت‌گرا و توحیدی علوم پرداخته بود، به «معلم اول» معروف شد.

فارابی؛ معلم ثانی

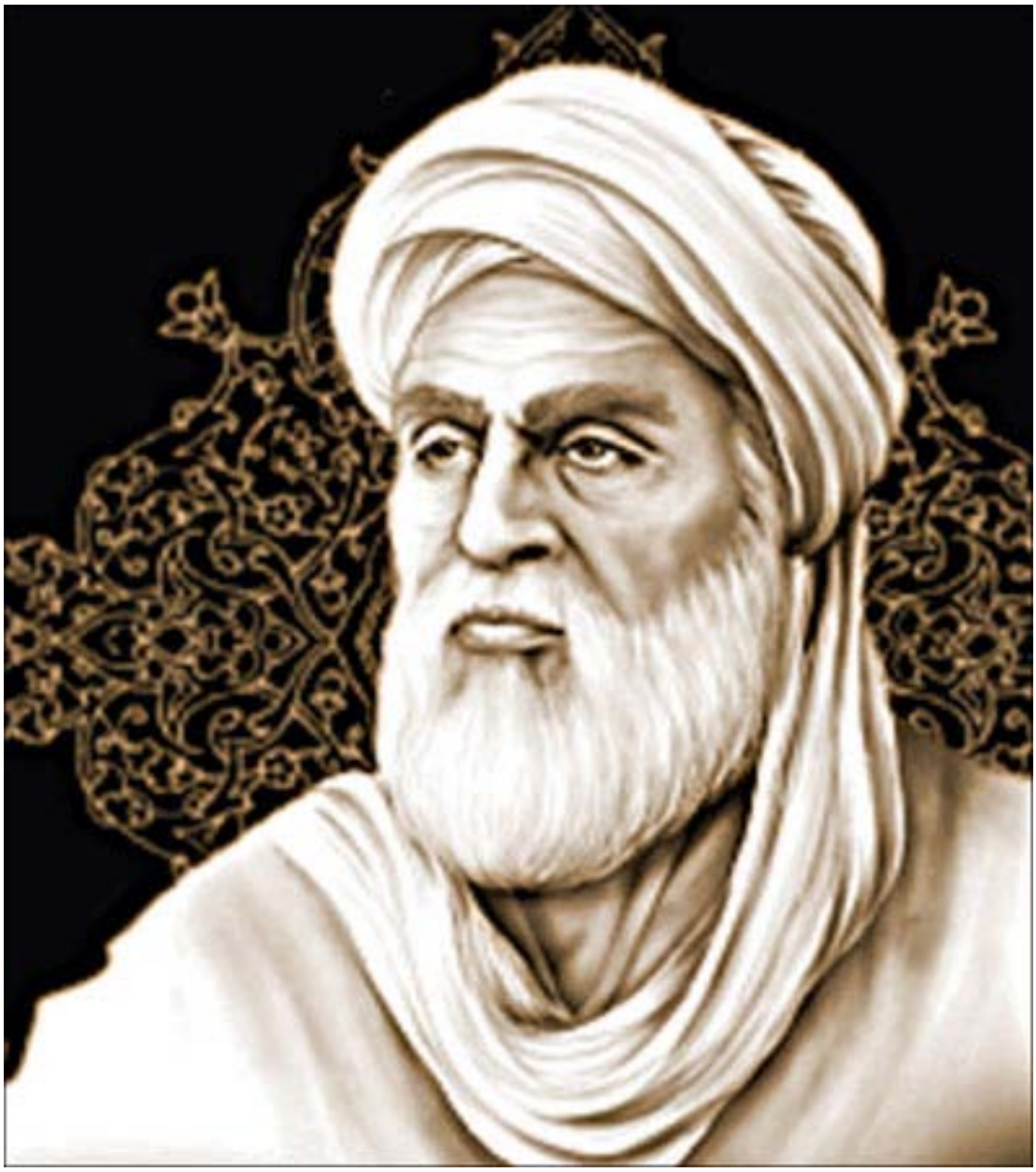
ابونصر فارابی (۲۵۹ – ۳۳۹ قمری) بااینکه از پیشگامان و بنیان‌گذاران فلسفه و علوم اسلامی است اما نخستین آن‌ها نیست. ابو یوسف کندی قبل از فارابی به‌عنوان نخستین حکیم اسلامی به بنیان‌گذاری فلسفه اسلامی پرداخت و حتی آثاری در منطق و تقسیم‌بندی علوم خلق کرد. بااین‌حال تلاش‌های وی از پختگی کافی برای تأثیرگذاری بر تمدن اسلامی برخوردار نبود اما کار فارابی از چنین پختگی و کمالی را در خود داشت. به همین دلیل فارابی به‌عنوان پدر منطق اسلامی شناخته شده و با لحاظ معنایی که منطق در علوم اسلامی دارد، او را می‌توان واضع طبقه‌بندی علوم به‌صورت مدون آن نیز دانست (همان منبع). از طرف دیگر فارابی مؤلف کتاب بسیار معروف احصاءالعلوم در تقسیم‌بندی علوم است که نه تنها در عالم اسلامی، بلکه در غرب شهرت بسیار پیدا کرد و در برنامه درسی دانشگاه‌های مغرب‌زمین بسیار تأثیرگذار بود. در تمدن اسلامی این کتاب سرآغاز تلاش بسیاری از متفکران اسلامی برای نظم بخشیدن به علوم و طبقه‌بندی آن و ایجاد هماهنگی و وحدت بین عقل و ایمان و یا فلسفه و دین گردید. بنابراین هم آثار فارابی در علم منطق که پیش‌درآمد علوم در تمدن اسلامی است و هم کتاب احصاءالعلوم بیش از هر چیز معطوف به توجیه و تعریف روش‌های مختلف کسب معرفت و دانش و ارتباط علوم ناشی از این روش‌ها و پیوستگی این علوم با جنبه‌های مختلف معارف اسلامی و

با یکدیگر بود. به همین دلیل با توجه به روحیه توحیدی حاکم بر تمدن اسلامی آنچه فارابی در تمدن اسلامی و ارسطو قبل از او در یونان انجام داده بود آن چنان از دیدگاه اسلامی بنیانی و مهم بود که ایجاب می‌کرد لقبی به متفکرانی که این تحول را باعث شدند، اعطا گردد. چنین بود که فارابی پس از ارسطو به‌عنوان معلم ثانی شناخته شد.

فارابی؛ معلم ثانی

میرداماد؛ معلم ثالث

میر برهان‌الدین محمدباقر استرآبادی (۹۶۹ – ۱۰۴۰ ق) مشهور به میرداماد از فلاسفه، متکلمان و فقهای برجسته دوره صفویه بود. میرداماد با تألیف آثار ارزشمند در حکمت، فلسفه و علوم اسلامی و مهم‌تر از آن با تربیت شاگردان برجسته‌ای چون ملاصدرا و ملامحسن فیض کاشانی توانست شعله‌ای در تاریکی پانصدسالهٔ دوران افول تمدن اسلامی برافروزد. دوران صفویه دوره رسمیت یافتن، انسجام و بسط تشیع در ایران بود. این وضع باعث ظهور عالمان بزرگی چون میرداماد در جهان تشیع گشت. در این دوران بود که میرداماد موفق شد فلسفه و علوم عقلی را با تأسیس «مکتب اصفهان» احیاء کند و به آن نظم



و انسجام جدیدی بخشد. ازاین‌رو بود که او را «معلم ثالث« نامیده‌اند. بااینکه میرداماد نیز چون دو متفکر قبلی دانشی وسیع داشت و به نوعی بحرالعلوم بود اما آنچه در شخصیت علمی او غالب بود، مهارت و تسلط وی بر حکمت و فلسفه بود و شهرت «معلم ثالث» بیشتر از این لحاظ به او اعطا شده است. او شخصاً نیز خود را «معلم» می‌نامید و شأنی در حد فارابی برای خویش قائل بود.

ضرورت ظهور معلم رابع!

با این اوصاف چه کسی می‌تواند «معلم رابع» باشد؟ اصلاً چه لزومی دارد که معلم چهارمی کشف کنیم یا در انتظار ظهورش باشیم؟ هانری کربن، اسلام‌شناس و فیلسوف فرانسوی، در تحقیقات خود دربارهٔ اهمیت امروزی فلسفه اسلامی به اهمیت «معلم رابع» برای آینده جهان اسلام اشاره کرده است. دکتر سیدحسین نصر نیز در مقاله‌ای در بزرگداشت فارابی معتقد است که: «امروزه با هجوم علوم غربی به درون مرزهای فرهنگی و جغرافیایی ممالک اسلامی من جمله ایران، هر کس به فکر اساسی از برای آینده فرهنگ خود باشد در مقابل خود وظیفه‌ای می‌بیند مشابه به آنچه فارابی با آن روبرو بود. متفکران این عصر موظف‌اند به‌عنوان اندیشمندان جامعه بین علوم پیوندی حاصل کنند و به ایجاد وحدت بین علوم و نیز بین این علوم و فرهنگ اصیل خود بپردازند. به این دلیل است که فکر و روش اندیشهٔ فارابی اهمیتی خاص از برای نسل معاصر دارد و معلم ثانی متفکری است زنده که نفوذش همچنان محسوس است. در واقع جهان اسلامی بیش از هر چیز دیگر محتاج به یک «معلم رابع» است که بتواند انسان کنونی را از پیچ و خم دنیای پر آشوب فکری جهان امروز نجات بخشد. باشد که بزرگداشت معلم ثانی کمکی به توجه به این امر و ضرورت ایجاد وحدت و نظم در علوم باشد و با رواج بیشتر تفکر فارابی پیدایش «معلم رابع» به مرحلهٔ تحقق نزدیک تر شود.» (همان منبع)

در جستجوی معلم رابع

برخی اندیشمندان مصادیق خود را برای معلم چهارم معرفی کرده‌اند. از جمله ایشان می‌توان به دکتر سیدحسن حسینی، استاد گروه فلسفه علم دانشگاه شریف، اشاره کرد که دکتر سیدحسین نصر را

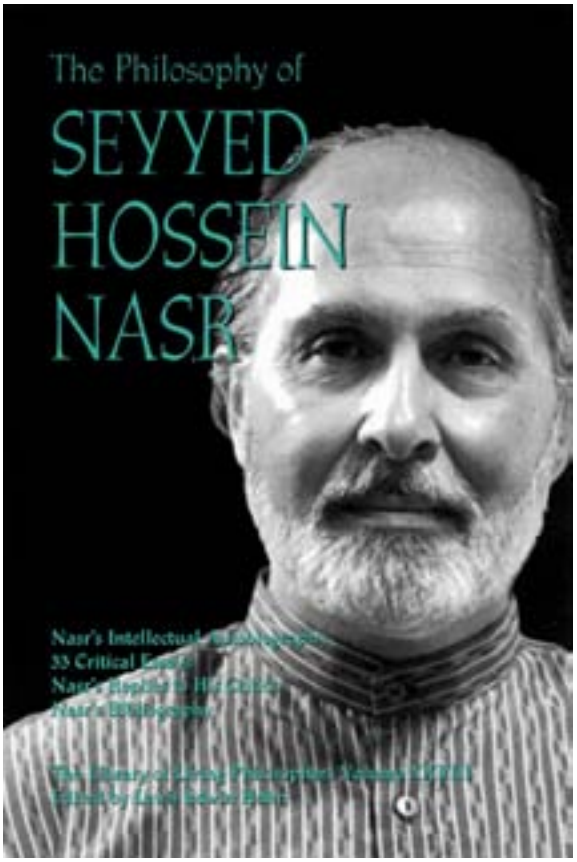
به‌عنوان «معلم رابع» معرفی نموده است. از نظر ایشان، که خود از شاگردان دکتر نصر است، «حکمت خالده، جاودان خرد، و یا سنت‌گرایی سیّد حسین نصر، در سایه منابع سه‌گانه اصلی قرآن، سنت عقلانی اسلام، و تمدن‌های اصیل (الهی و دینی)، در فضای فکری انگلیسی‌زبان رشد و کمال یافته است، و خود را تبدیل به الگوی فکری مبتنی بر وحدت مطلق، و جهان‌بینی الهی کرده است که شئون مختلف آن، علوم و دانش و معارف عقلی و حکمت عملی را با اصول منابع و روشمندی خود (با حفظ اصل وحدت) در برگرفته است. و امروز نه‌تنها در دنیای انگلیسی‌زبان که در بسیاری از حلقه‌های فکری در سراسر جهان به حکمتی جامع و فراگیر تبدیل شده است. طرح و بررسی و نقد عالمانهٔ این اندیشه در مجامع مختلف دنیا خود حکایت از این ادعا دارد. سخنرانی‌های گیفورد و یا اختصاص یک مجلد از مجموعهٔ ارزشمند کتابخانهٔ فیلسوفان زنده به تنها نمایندهٔ مسلمان و شیعی و ایرانی تا به امروز در کنار ده‌ها شاهد و قرینهٔ دیگر نشانگر زنده‌بودن و نشاط این تفکر حکمی است.» و همهٔ این‌ها از نظر وی حتماً به این معناست که بتوان گفت: «سیدحسین نصر، معلم رابع» (سایت اندیشکده راهبردی مهاجر؛ سیدحسین نصر معلم چهارم) اما علیرغم ارزش فی‌نفسهٔ معرفی دستاوردهای بزرگان و ستایش معقول از آنان، درس‌آموزی از «معلمان نامدار یا بی‌نام دیروز» برای حل مسائل امروز، احتمالاً بسیار مهم‌تر از کشف و انتساب القاب به افراد باشد.

درس‌های «معلمان»

چنانکه دیدیم غیر از ارسطو دو معلم دیگر بیشتر به دلیل تأثیرگذاری فکری و فلسفی بر تمدن اسلامی با ارائه تفکر وحدت‌گرا و توحیدی به علوم اسلامی ملقب به‌عنوان «معلم» گشته‌اند. بنابراین این لقب همان‌طور که اشاره شد در دایره رویکرد خاصی به علوم و معارف اسلامی واجد اهمیت و ارزش ویژه است. اما سیر این نام‌گذاری که از یک فیلسوف یونانی آغازشده می‌تواند معنای مهمی برای امروز ما در بر داشته باشد. آن معنی شاید بتواند این باشد که حقیقت را در هیچ محدوده جغرافیایی، قومی و فرهنگی نمی‌توان محبوس کرد. تلقی ارسطویی از علم، که برای آن ارزش فی‌نفسه قائل بود، در کنار تشویق کتاب و پیامبر دین اسلام به علم‌آموزی و حقیقت‌جویی بدون محدود شدن به مرزهای جغرافیایی و عقیدتی (که در احادیثی چون «علم را بجویید حتی در چین باشد» تبلور یافته است) در

کنار مرزهای گشوده و فضای سیاسی روادارانه آن دوران و ارج نهادن به علم و دانش، بدون توجه به عقاید و مرام شخصی عالمان و دانشمندان، باعث اوج گرفتن علم و معرفت در جهان اسلام شد و دوران طلایی آن را رقم زد. از تجربه آن دوران طلایی و دوران تاریک پس از آن چه می‌توان آموخت؟ شاید بیشترین اهمیت بازخوانی آثار معلمان گذشته، در آموختن چنین درسی باشد و شاید این عبرت‌آموزی راه را برای شکوفایی مجدد حکمت، معرفت و علم و دانش در این سرزمین هموار سازد.

سید حسین نصر



# در قامت یک دانشمند اصیل: منش و شخصیت علمی اسطورهٔ جهانی ریاضی مریم میرزاخانی

نگاهی به تاریخ علم نشان می‌دهد که مردان به نسبت توفیق بیشتری در فتح قله‌های علم و دانش داشته‌اند اما گاه نیز زنانی توانسته‌اند بر اوج دانش بشری برآیند و به توسعهٔ مرزهای علم همت گمارند. مریم میرزاخانی بی‌شک یکی از آن‌هاست. اما این فاتحان خوش‌اقبال نیز، مثل هر قشری از جامعه، هر یک خصال، مرام و منش خاص خود را دارند و به دلایل مختلفی در این مسیر پای نهاده‌اند. اینکه بر اساس چه معیارهایی، کدام‌یک از آن‌ها را بتوان «دانشمند اصیل» نامید، شاید تلاشی بی‌حاصل به نظر آید اما مطمئناً بی‌اهمیت نیست. این نوشته تلاشی است برای برشمردن خصایل و منش و شخصیت علمی مریم میرزاخانی که در تلفیق با نبوغ یگانه‌اش، او را در قالب دانشمندی اصیل و بزرگ نمودار می‌سازد.

آلبرت اینشتین در یادبود درگذشت ماری کوری نوشت: «در این موقع که شخصیت پرعظمتی همچون ماری کوری به پایان عمر خود رسیده است، جای آن دارد که فقط به یادآوری خدمات او به بشریت اکتفا نکنیم. خصال اخلاقی شخصیت‌هایی چنین برجسته شاید برای یک نسل و برای جریان تاریخ بسی مهم‌تر از دستاوردهای صرفاً علمی و فکری آنان باشد.» امروزه دانشمندان نقشی سرنوشت‌ساز در جامعه بشری ایفا می‌کنند و این میزان تأثیرگذاری، ما را از تأمل در منش و شخصیت آن‌ها ناگزیر می‌سازد. مریم میرزاخانی خصایل برجسته‌ای داشت که او را در جمع انسان‌های بزرگ و دانشمندان اصیل قرار می‌دهد و به‌عنوان یک الگوی شاخص به‌ویژه برای زنان و دانشمندان آینده مطرح می‌سازد.

سادگی و تواضع

برای دانشمند اصیلی که شیفتهٔ علم بوده و خود را وقف آن کرده است، زمان، بسیار گران‌بهاست. عکس‌های مریم میرزاخانی، زنی را نشان می‌دهد درنهایت سادگی؛ از مدل موی کوتاه و مردانه‌اش، تا پیراهن‌های ساده و راحت و چهره‌ای فاقد آرایش. معلوم است که نمی‌خواست وقت ارزشمندش را صرف همرنگی با معیارهای مرسوم کند. فروتنی و تواضع او نیز مثال‌زدنی بود. وقتی‌که از مشارکتش در

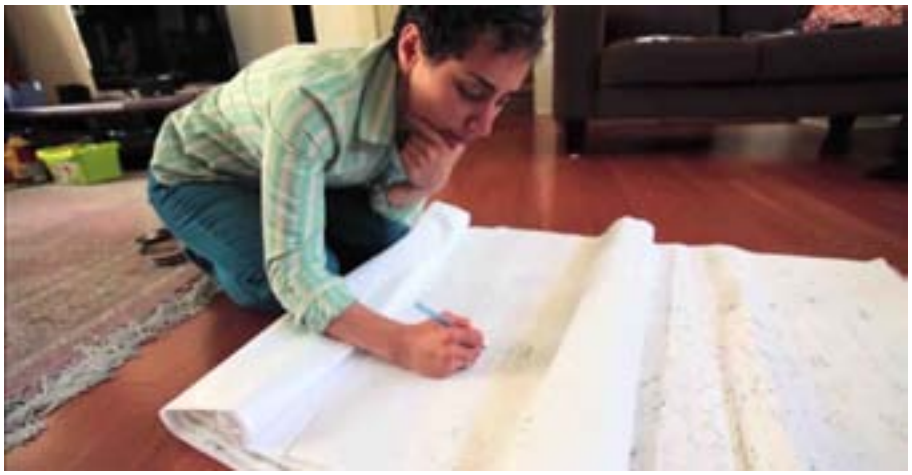
پیشبرد علم درزمینهٔ تحقیقاتش می‌پرسیدند، می‌گفت: «صادقانه بگویم، فکر می‌کنم مشارکت خاصی نداشته‌ام!» تواضع او به حدی بود که وقتی اطلاعیه انتخابش به‌عنوان برنده مدال فیلدز به‌صورت ایمیل به دستش رسید اولین فکری که به ذهنش رسید این بود که احتمالاً حساب کاربری فرستنده ایمیل هک شده و این فقط یک ایمیل دروغین است. پروفسور کارولاین سریز از دانشگاه وارویک انگلیس این خصیصه مریم میرزاخانی را چنین توصیف می‌کند: «وی درباره دستاوردهای خود بسیار متواضع بود، بسیار متواضع بود.»

خلوص و فداکاری علمی

برای یک دانشمند اصیل، پژوهش علمی در اولویت اول قرار دارد و این رویکرد نیازمند ازخودگذشتگی و فداکاری زیادی است. اینکه هم‌زمان یک ریاضیدان درجه‌یک، مادر و همسر باشی کار ساده‌ای نیست و نیازمند ایثار است. پروفسور میرزاخانی در این مورد گفته بود: «خیلی سخت است. البته شدنی است و ارزش انجام دادنش را دارد. خواه‌ناخواه میزان کار را کم می‌کند. یعنی اگر کسی فکر کند که هم می‌توانم یک خانواده خیلی خوب و با ارتباط قوی داشته باشم، هم کارم به همان سرعت قبل پیش برود این‌طور نیست، باید به‌هرحال هزینه بکند. البته برای پدر هم سخت است و این کمی بستگی دارد که پدر و مادر چقدر تقسیم‌کار بکنند، چقدر برای بچه‌شان وقت بگذارند.» او با خلوصی فراوان در پی حل دشوارترین مسائل ریاضی بود و حاضر بود بهای آن را نیز بپردازد و معتقد بود: «در طول مسیر خودت را شکنجه می‌کنی، اما قرار هم نیست که زندگی آسان باشد.» او راه دشوار را در پیش گرفت اما آن را برای ریاضیدانان بعد از خود آسان‌تر ساخت.

پشتکار بی‌نظیر: آهستگی و پیوستگی

معمولاً سرعت عمل در حل مسائل یکی از امتیازاتی است که ریاضیدانان به آن مباهات می‌کنند. اما پروفسور میرزاخانی رویه‌ای معکوس داشت. او برخلاف بیشتر ریاضیدانان که تمایل دارند هوش خود را



در حل سریع و پشت سرهم مسائل به نمایش بگذارند، اکثراً مجذوب مسائل و موضوعاتی می‌گردید که بتواند سال‌ها روی آن‌ها کار کند. او معتقد بود که کار کردن بر روی یک مسئله برای چند ماه و چند

سال، این فرصت را به او می‌داد که تا باهمه ابعاد آن آشنا شود. او بیش از ده سال بر روی مسائلی کار می‌کرد درصورتی‌که هنوز نتیجه‌ای از آن‌ها نگرفته بود. او کسی نبود که تسلیم و ناامید شود، آهسته اما پیوسته همواره درحرکت بود. او کارایی این شیوه را در یک مسابقهٔ دویدن، به همسرش، جان وندارک، ثابت کرد. همسرش می‌گوید: «مریم خیلی ریز جثه بود، ولی من که وزن مناسب و بدن

ورزیده‌ای داشتم، فکر می‌کردم که برای دویدن با مریم، مشکلی نخواهم داشت و برای همین جلوتر می‌دویدم. اما مریم سرعتش را اصلاً کاهش نمی‌داد و بعد از نیم ساعت، من دیگر انرژی نداشتم و از پا افتادم، ولی مریم دقیقه باهمان سرعت قبلی‌اش می‌دوید و برنده شد.» این روش پژوهش کُند اما عمیق، مداوم و خستگی‌ناپذیر او بود که باعث شد که بتواند بسیاری از مسائل دشوار را به شیوه‌ای بدیع و شگفت‌انگیز حل کند.

بلندپروازی و جسارت علمی

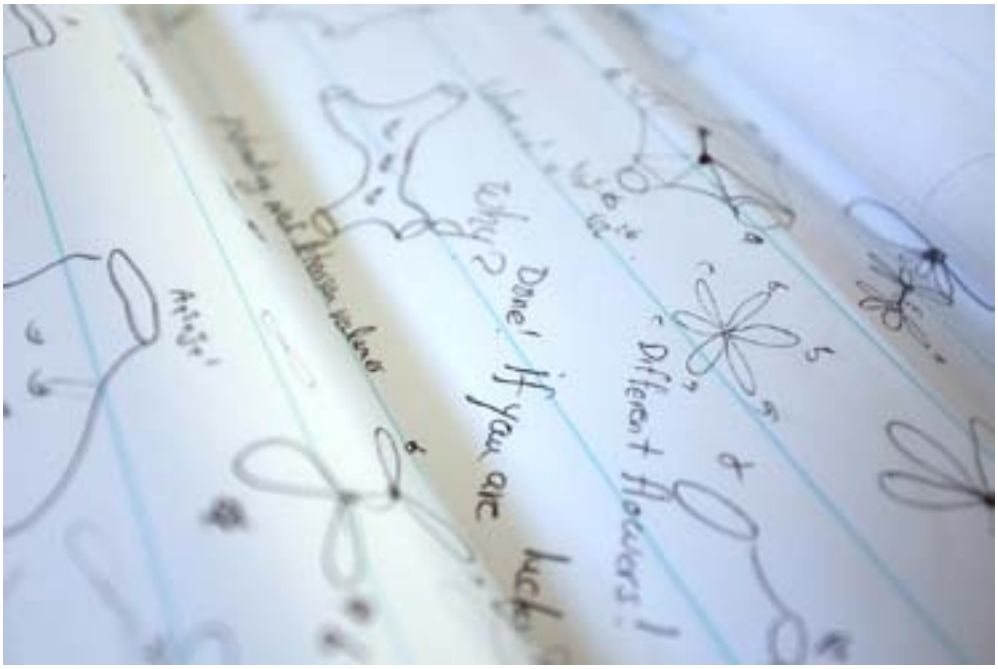
«مریم در ریاضیات بی‌پروا و بلندهمت است.» این توصیفی است که استاد راهنمای دوره دکترایش در دانشگاه هاروارد، کرتیس مک‌مولن، از او ارائه می‌کند. خانم میرزاخانی همتی عالی و جسارتی عظیم

داشت و همواره در پی حل مسائل چالشی، بسیار دشوار و طاقت‌فرسای ریاضی بود. استادان او بارها این جاه‌طلبی و اعتمادبه‌نفس او را در پیگیری دشوارترین مسائل ریاضی ستوده‌اند. او صرفاً نمی‌خواست به اکتشافات ریاضی بپردازد. او به دوردست‌ها و دستاوردهای بزرگ نظر داشت. به همین دلیل بود که می‌گفت: «باید میوه‌های شاخه‌های پایین را ندیده گرفت، نباید گذاشت که این میوه‌ها ما را فریب دهند و از شاخه‌های بالاتر غافلمان کنند. راستش من مطمئن نیستم این نگاهی که من دارم درست باشد، اما این را می‌دانم که من از این سبک زندگی لذت می‌برم و تصور می‌کنم که زندگی قرار نیست خیلی هم راحت باشد.» از وارد شدن به جنگل‌های تاریک و ناشناختهٔ ریاضیات انتزاعی و گم‌شدن در آن واهمه‌ای نداشت و چنانکه خودش گفته: «تحقیق و مطالعه پیرامون موضوعات چالشی در حوزه ریاضی شبیه به گم‌شدن در یک جنگل بزرگ است که برای پیدا کردن راه فرار باید از همه آموخته‌ها و اطلاعاتی که در ذهن دارید استفاده کنید.» این جسارت و بلندپروازی بی‌باکانه و مثال‌زدنی بود که او را قادر ساخت، در پرتو نبوغ یگانه‌اش، بخش‌هایی از جنگل تاریک ریاضیات را روشنی بخشد.

خلاقیت شگفت‌انگیز: تلفیق حوزه‌های مختلف ریاضی

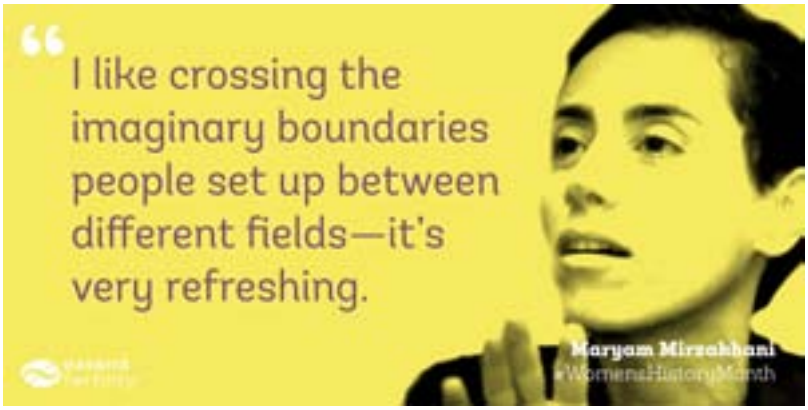
تلفیق حوزه‌های مختلف و  به‌ظاهر نامرتبط ریاضی، یکی از وجوه خلاقیت پروفسور میرزاخانی است. کارولاین سریز، استاد دانشگاه وارویک دراین‌باره معتقد است: «فکر می‌کنم توانایی خاصی که او داشت این بود که می‌توانست با موفقیت ایده‌هایی را باهم تلفیق کند که شاید دیگران آن ایده‌ها را می‌دانستند اما او این ایده‌ها را به شیوه‌ای غیرمنتظره و قابل‌توجه با یکدیگر تلفیق می‌کرد.» در اطلاعیه رسمی کمیته مدال فیلدز نیز به این ویژگی او اشاره‌شده است: «چیره‌دست در گستره قابل‌توجهی از تکنیک‌ها و حوزه‌های متفاوت ریاضی، او تجسم ترکیبی کمیاب است از توانایی تکنیکی، بلندپروازی جسورانه، بینش وسیع و کنجکاوی ژرف.» در این بیانیه همچنین «شهود هندسی قوی» او موردستایش قرارگرفته است. بهرنگ نوحی، استاد دانشگاه کویین مری، درباره اهمیت کار علمی مریم میرزاخانی می‌گوید: «نه‌فقط مسائلی که حل کرده مسائل مهمی هستند، بلکه روش‌هایی که برای حل آن‌ها ابداع کرده به دیگر ریاضیدان‌ها ابزار و دیدگاه‌های خوبی برای حل مسائل دیگر می‌دهد.»

استاد راهنمایش در هاروارد، کرتیس مک‌مولن، درباره توانایی ذهنی میرزاخانی معتقد بود: «او قدرت تخیل بسیار قوی‌ای داشت، تمام محاسبات را در ذهنش انجام می‌داد و تصویری کلی از کاری که باید انجام می‌شد در ذهنش ایجاد می‌کرد و بعد به اتاق من می‌آمد و همه آن تصورات را برای من بازگو می‌کرد، در پایان که توضیحاتش تمام می‌شد از من می‌پرسید، درست می‌گویم؟ راستش احساس خوبی داشتم وقتی می‌دیدم میرزاخانی تصور می‌کند من جواب سؤال‌هایش را می‌دانم.» در مورد پایان‌نامه او نیز یکی از اساتید گفته که: «حل کردن هرکدام از آن سؤال‌ها خودش یک رویداد در علم ریاضی بود، از طرف دیگر ربط دادن آن مسائل به یکدیگر هم یک رویداد علمی بود که میرزاخانی هردوی این‌ها را انجام داد.»



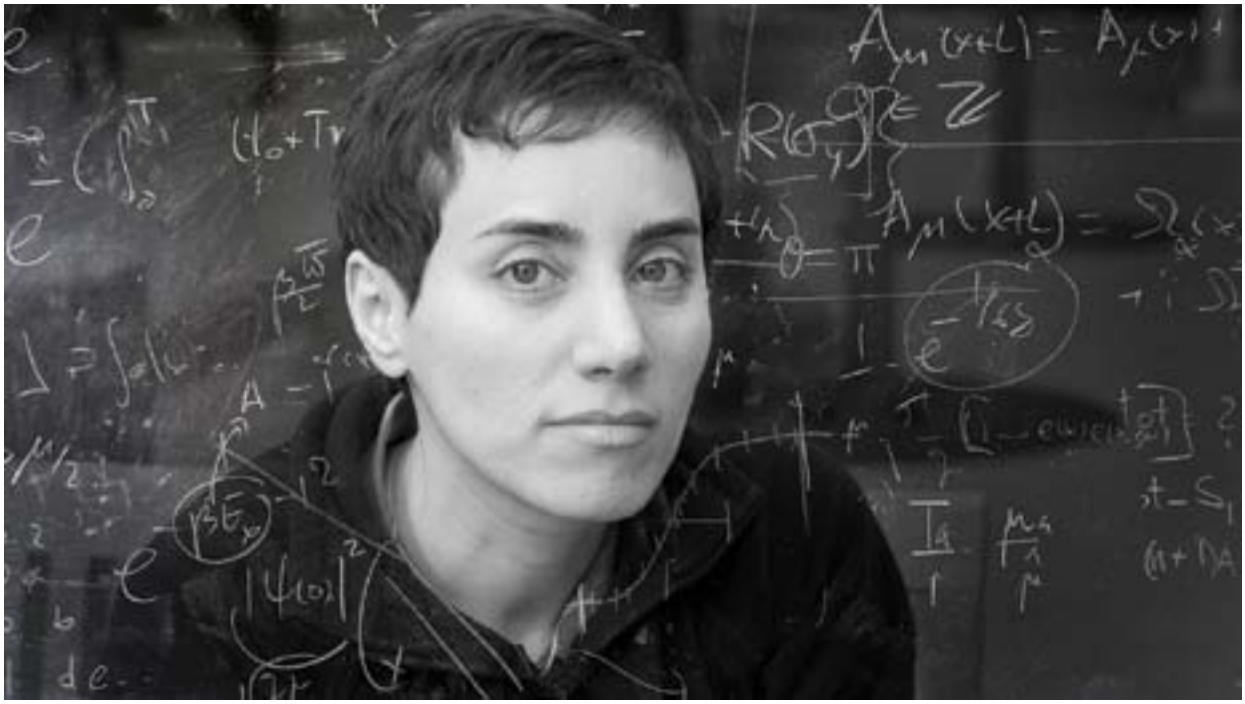

خود خانم میرزاخانی در مورد این برهم زدن مرزهای میان شاخه‌های ریاضی معتقد بود که: «عبور کردن از مرزهای خیالی‌ای که افراد برای موضوعات مختلف ترسیم کرده‌اند، برایم جالب و خوشایند است. روش‌های زیادی برای حل مسئله وجود دارد که هیچ‌وقت نمی‌دانید کدام‌یک از آن‌ها واقعاً جواب

می‌دهد. برای همین باید خوش‌بین باشیم و سعی کنیم موضوعات جدید را به هم مرتبط سازیم.» بیژن ظهوری زنگنه، استاد ریاضي دانشگاه صنعتي شریف درباره تأثیری که میرزاخاني در ریاضیات گذاشته است می‌گوید: «او در ریاضیات پیشرفته تلفیق‌هاي جدیدي به وجود آورده است که پیش‌زمینه کشف‌هاي آینده را ایجاد مي‌کند، رشته تخصصي او یك نوع ریاضي تلفیقي از چندین رشته پیچیده است. کشفیات او در حوزه فیزیك نظري تأثیر زیادي خواهد داشت ضمن اینکه ایشان نظریه‌هاي مختلفي را تلفیق کرده‌اند که در آینده باعث به هم پیوستگي رشته‌ها خواهد شد.» اگر این پیش‌بینی به حقیقت

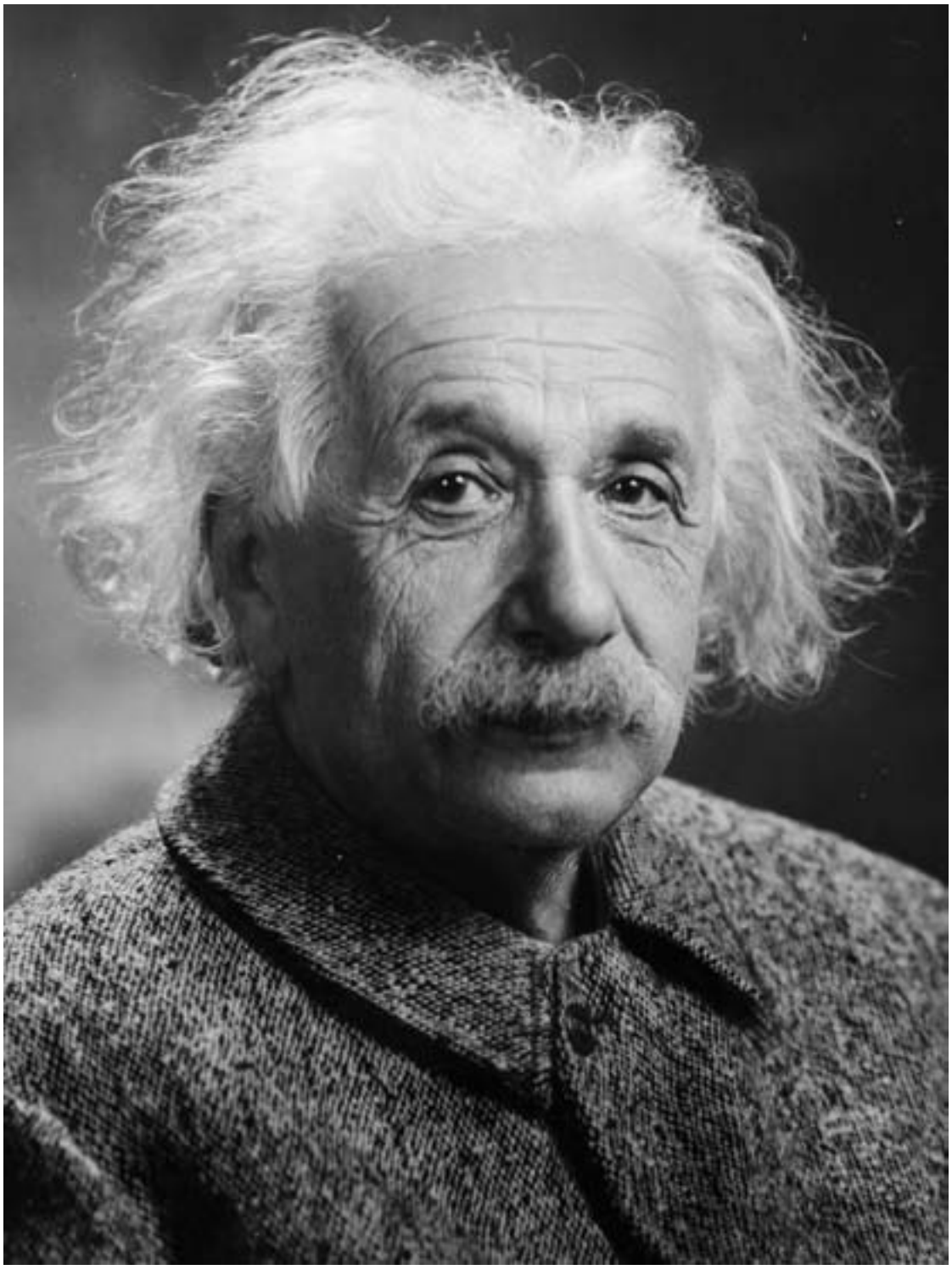



بپیوندد، سهم پروفسور میرزاخانی در پیشبرد علوم در آینده بسیار بیشتر از اکنون خواهد بود.

مارک تسیه لاوینی، رئیس دانشگاه استنفورد، جایی که مریم میرزاخانی استاد دپارتمان ریاضی آن بود، در پیام تسلیت خود برای درگذشت این نابغهٔ ایرانی، ویژگی‌های وی را به‌عنوان یک انسان بزرگ و دانشمند اصیل به‌خوبی خلاصه کرده است. پس این نوشته را به‌عنوان حسن ختام با این پیام به پایان می‌بریم: «مریم خیلی زود رفت اما تأثیر او بر روی هزاران زنی که از او الهام گرفته‌اند تا ریاضیات و علم را دنبال کنند، زنده خواهد ماند. مریم یک نظریه‌پرداز درخشان و یک انسان فروتن بود که افتخارات را تنها با این امید که ممکن است دیگران را به دنبال کردن راه او تشویق کند، می‌پذیرفت. خدمات او هم به‌عنوان یک دانشمند و هم یک الگو، قابل‌توجه و ماندگار هستند. یاد او اینجا در استنفورد و در سراسر جهان همیشه گرامی خواهد بود.»



# حکایت دوستی من با اینشتین



اولین بار وقتی کودکی پنج شش ساله بودم با اینشتین آشنا شدم. برادرم که آن موقع دانش‌آموز دبیرستان بود و نقاشی خوب می‌کشید، چهره‌ای را روی جلد یکی از دفترهایش رسم کرده بود. موهای پُرپشت پریشانِ، پیشانی بزرگ پُرچین، چشمان سیاه نافذ، بینی کشیده، سبیل پُر و گندمی؛ همه و همه جاذبهٔ خاصی به این چهره بخشیده بود و البته ذوق هنری نقاش هم بر تاثیر آن می‌افزود. این چهره برای من جذابیت ویژه‌ای داشت. او به طرز عجیبی فراتر از یک شخص به نظر می‌رسید و تخیلات من را به سوی عجایب و رموز پرواز می‌داد. من بلافاصله از برادرم در مورد آن شخص پرسیدم. برادرم گفت او اینشتین و یک دانشمند است.

بازی تخیلی فلسفی من

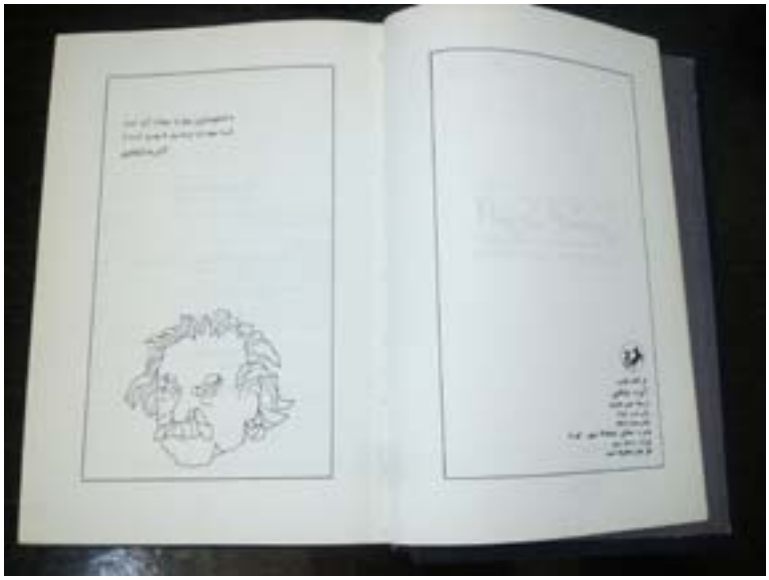
دنیای واقعی که در آن می زیستم، برایم در همان دهکده و دشت‌های اطراف آن خلاصه می‌شد، اما دنیای تخیلات من هیچ حد و مرزی نداشت. یادم می‌آید که شب‌ها موقعی که چراغ‌ها خاموش می‌شد و همه‌جا در تاریکی و سکوت رازآمیزی فرو می‌رفت، بازی خیالات من آغاز می‌شد. یکی از بازی‌های خیالی من این بود که دایره‌ای را در ذهنم تصور می‌کردم و سپس شروع می‌کردم که تمام چیزهایی که وجود داشت را داخل آن قرار دهم. از چیزهای دور و برم شروع می‌کردم: خودم، افراد خانواده، همسایه‌ها، حیوانات، درختان، خانه‌ها و... تا اینکه می‌رسیدم به کل روستایمان و بعد همه‌ی روستاها،

شهرها، کشورها، زمین، ماه، ستارگان و در نهایت به کل جهان می‌رسیدم. با قراردادن کل جهان در داخل آن دایرهٔ خیالی احساس عجیبی پیدا می‌کردم و دنیا به نظرم خیلی کوچک می‌آمد. اما احساس عجیب‌تر وقتی به سراغم می‌آمد که خدا را هم (که در آن سن به عنوان خالق همهٔ اشیاء داخل آن دایره می‌شناختم) در دایره قرار می‌دادم. این کار احساس غیرقابل وصفی در من ایجاد می‌کرد. اینکه خارج از دایره هیچ‌چیزی وجود نداشت و تمام زندگی در داخل آن دایره خلاصه می‌شد، که با تمام بزرگی‌اش در ذهن من جا می‌گرفت، نوعی احساس بی‌معنایی و پوچی عمیق کل زندگی را در درون من ایجاد می‌کرد. گویا این بازی ذهنی شکل خام آغاز علایق علمی و فلسفی من بوده است. بعدها فهمیدم که اینشتین هم عاشق این‌جور بازی‌های خیالی بوده و بنابراین به او احساس نزدیکی بیشتری کردم.

شیفتگی من برای شناخت اینشتین

در آن سالها حسرت بزرگم این بود که به کتاب‌هایی که می‌خواستم دسترسی نداشتم. خیلی دوست داشتم در مورد اینشتین و افکارش بیشتر بدانم. کتابخانه کانون پرورش فکری و کتابخانه عمومی شهر بندرترکمن، که من سال دوم و سوم راهنمایی را در آنجا تحصیل می‌کردم، کتابی در این زمینه نداشت. در سال دوم دبیرستان (۱۳۷۱) در شهر گرگان، روزی در یک کتابفروشی به کتابی با عنوان «زندگینامهٔ آلبرت اینشتین و تاریخ سیاسی و اجتماعی دوران او» برخوردم. کتاب قطوری بود که بسیار جامع به نظر می‌رسید و قیمت قابل توجهی هم داشت.

من در آن زمان دانش‌آموز دبیرستان شبانه‌روزی بودم و باید هفته‌ها مقداری از پول توجیبی ناچیزم را جمع می‌کردم تا بتوانم آن کتاب را بخرم. اما اشتیاق شدیدم به مطالعه باعث می‌شد که بارها و بارها به آن کتابفروشی مراجعه و مقداری از آن را سرپایی مطالعه کنم؛ اما فروشنده از این کار من خوشش نمی‌آمد و هر بار با چهره اخم‌آلود من را می‌پائید. وقتی پولم به قیمت کتاب نزدیک شد، شاید هشتاد



درصد قیمت کتاب، به کتابفروشی رفتم و خواستم که الباقی را به من تخفیف دهد. کتابفروش قبول نکرد. گفتم بقیه‌اش را بعدا می‌آورم، بازهم قبول نکرد و گفت: «از این کتاب فقط همین یک جلد مانده اگر واقعا می‌خواهی بخریش زودتر بقیه پولتو جور کن». با ناامیدی از فروشگاه خارج شدم و مجبور شدم دو سه هفته  دیگر هم صبر کنم. بعد از جور شدن کل پول با هیجان و شوقی بسیار به کتابفروشی رفتم. وارد شدم و به سمت آن قفسهٔ همیشگی رفتم، اما کتاب آنجا نبود. باورم نمی‌شد. به سراغ کتابفروش رفتم. او که تبسمی بر لب داشت گفت: «نگران نباش پسرم، من کتاب را برایت نگه داشتم» و از زیر میزش کتاب را درآورد و به من داد.

از آن روز با حرص و ولعی شدید شروع به خواندن کتاب کردم. در کتاب بسیاری مطالب فنی درباره نظریه نسبیت وجود داشت که با اینکه به شکلی عامه‌فهم بیان شده بود هنوز در سطح درک

من که دانش‌آموز سال دوم دبیرستان بودم، نبود.

همنشینی دیرین من با اینشتین!

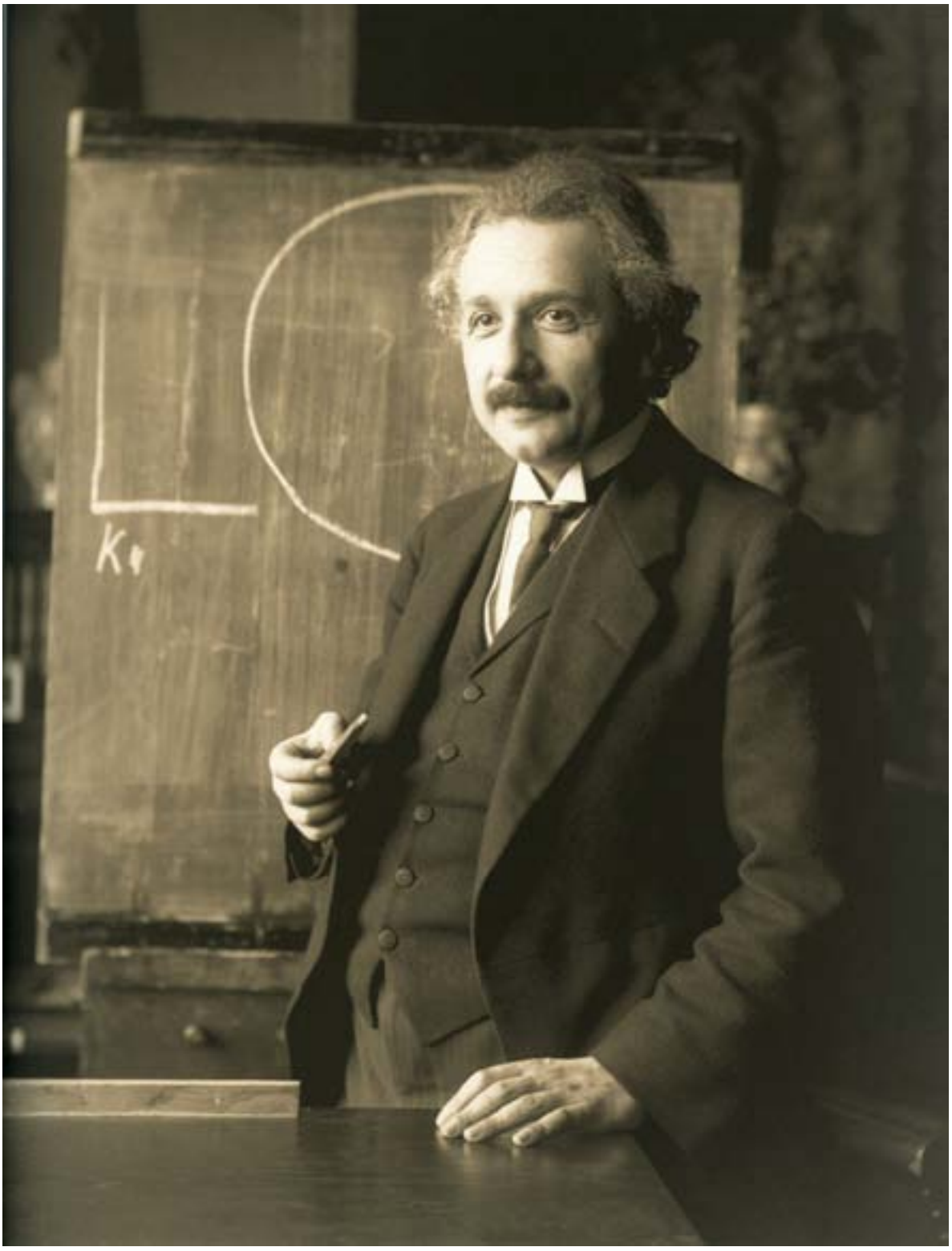
حالا ۲۳ سال از روزی که آن کتاب را خریدم گذشته و در طول این سال‌ها، من بارها و بارها این کتاب و بسیاری کتابهای مشابه دیگر را خوانده‌ام. اینشتین همیشه یکی از متفکران مورد علاقه من بوده و در طول این سال‌ها شناختم از منش و نظریات او بیشتر و عمیق‌تر شده است.

با مطالعه بیشتر، به شأن والای انسانی و عمق تفکراتش بیشتر پی بُردم. او نمونهٔ بسیار اصیل انسانی است که در کنج خلوت و فقط به اتکای اشتیاق و کنجکاوی سیری‌ناپذیر و قدرت افکار خلاقه‌اش هم فهم ما از جهان و هم خود جهان ما را برای همیشه تغییر داد. از طرفی کشفیاتش آنچنان انقلابی بود که باعث شد نگرش و درک ما از جهان طبیعت به طور بنیادی توسعه یابد و از طرف دیگر بواسطه ابعاد فنی یافته‌هایش کیفیت زندگی بشر و حتی مناسبات سیاسی تاریخ جهان برای همیشه متحول شود. اما گذشته از همهٔ این تاثیرات، افکار اینشتین دارای پتانسیل بالایی برای الهامبخشی به ما برای فهم و نگاه عمیق‌تر به زندگی، حل مسائل امروز جهان و ساختن آینده‌ای بهتر می‌باشد.

فرانک، فیلیپ
آلبرت اینشتین
ترجمهٔ حسن صفاری
چاپ دوم: ۱۳۵۲
چاپ سوم: ۱۳۷۱
چاپ و صحافی: چاپخانهٔ سپهر، تهران
تیراژ: ۴۴۰۰ نسخه
حق چاپ محفوظ است.

# نظریهٔ صلح اینشتین!

نگاهی به نقش دانشمندان در جنگ و صلح



علم و فناوری با پیشرفت خیره‌کننده خود، به یکی از شاخصه‌های اصلیِ جهان امروزی بدل شده است. علم و نتایج آن همزمان باعث هراس و امیدواری و مایهٔ تحسین بیکران و بیزاری عمیق می‌شود. تشدید عوارض زیست‌محیطیِ ناشی از توسعهٔ روزافزون صنایعِ مبتنی بر علم و فناوری در دهه‌های اخیر و همچنین نگرانی‌های ناشی از کاربردهای  نظامی و مخرب یافته‌های علمی؛ یونسکو را بر آن داشت که در آغاز هزاره سوم (۲۰۰۱) روز ۱۰ نوامبر،۲۰ آبان، را به‌عنوان «روز جهانی علم در خدمت صلح و توسعه» نام‌گذاری کند تا ضمن آگاهی‌بخشی عمومی در مورد علم و نقش آن در توسعه پایدار بر استفاده صلح‌آمیز از علم و فناوری تاکید ورزد. به این مناسبت در این مقاله به شرایطی پرداختیم که دانشمندان را وادار به همکاری در پروژه ساخت بمب اتمی کرد و تلاشی که آنان، و در رأس آنها آلبرت اینشتین به‌عنوان سمبل دانشمندی آزاده و صلح‌طلب، برای تحقق صلح جهانی و استفاده صلح‌آمیز از دستاوردهای علمی به عمل آوردند.

فرانسیس بیکن (۱۶۲۱-۱۵۶۱م)، که به پدر علم نوین نیز معروف است، از نخستین و تأثیرگذارترین اندیشمندانی بود که از امید و ایمان به علم برای دستیابی به پیشرفت، رفاه و رستگاری سخن گفت. حالا پس از چهارصد سال از عصر بیکن شاهد هستیم که آرزوی او تا حدود زیادی تحقق پیدا کرده است.

مواهب علم

امروزه علم و فناوریِ منتج از آن، تمام عرصه‌های زندگی انسانی را به طور چشمگیری متحول ساخته است. به مدد یافته‌های علمی، بسیاری از امراض و بیماری‌ها ریشه‌کن شده و پیشرفت فناورانه و صنعتی، رفاه و آسایش بی‌سابقه‌ای را برای انسان به ارمغان آورده است. در اواخر قرن نوزدهم همچنان این خوش‌خیالی عمومی وجود داشت که به‌زودی با اتکای به علم و فناوری به صلح پایدار، پیشرفت، سعادت و کامیابی همه‌جانبه دست خواهیم یافت.

اما رویاهای رنگارنگ تحقق یک آرمانشهر علمی با جنگ جهانی اول و سپس با استفاده از بمب اتمی در جنگ جهانی دوم  بر باد رفت و  مشخص شد که اکتشافات علمی چه قدرت مخربی را ممکن است در اختیار کاربردهای نظامی قرار دهد: از دینامیت و گازهای سمی گرفته تا تسلیحات شیمیایی، بیولوژیکی و موشک‌های مجهز به کلاهک‌های هسته‌ای که شاید برای نابودن کردن آنی کل تمدن بشری و حیات زمینی کفایت کند. اثرات جانبیِ توسعهٔ روزافزون صنایع مبتنی بر علم شامل آلودگی‌های زیست‌محیطی، نابودی گونه‌های جانوران و گیاهان، زباله‌های رادیواکتیو، تخریب لایه ازن، گرم شدن زمین و امکان استفاده از قدرت دانش و تکنولوژی برای تسلط و کنترل بر افکار و رفتار انسانی و امکان سوءاستفاده از مهندسی ژنتیک و بسیاری امکان‌های منفی دیگر، چهرهٔ کابوس‌وار علم را آشکارتر کرده است.

## جنگ و دانشمندان

در ۳۰ ژانویه ۱۹۳۰، هیتلر به‌عنوان صدراعظم آلمان سوگند یادکرد. سیاست‌های نژادی حزب نازی به‌زودی اجرا شد. تحریم کار یهودیان در سراسر کشور اعلام و مبارزهٔ عمومی برای اخراج یهودیان از همه نوع کارهای دولتی آغاز شد. بدین‌ترتیب بسیاری از مشهورترین دانشمندان آلمان مجبور به

مهاجرت شدند. ماکس پلانک از معدود دانشمندان طراز اولی بود که با تصور امکان برکنار داشتن علم از سیاست، ماندن را انتخاب کرد. او در ملاقاتی با هیتلر سعی کرد به او بفهماند که اخراج دانشمندان یهودی باعث تخریب دانشگاه‌های آلمان خواهد گردید، اما موفق نشد. هایزنبرگ نیز به توصیه پلانک در آلمان ماند. با آغاز جنگ جهانی دوم، در سال ۱۹۳۹، حالا بسیاری از بزرگ‌ترین دانشمندان اروپایی در آمریکا حضور داشتند. تقریباً همزمان با شروع جنگ امکان شکافت هسته‌ای زنجیره‌ای توسط گروهی از فیزیکدانان از جمله اتو هان، فریتس اشتراسمان، لیزه مایتنر و اُتو فریش در آلمان کشف شد. فریش اخبار این کشف را به نیلس بور رساند و او نیز آن خبرها را به‌سرعت به آمریکا برد. واکنش زنجیره‌ای شکافت را می‌شد کنترل کرد و آن را به‌عنوان منبع انرژی در نیروگاه به‌کار گرفت و اگر کنترل‌شده نبود، می‌توانست امکان تولید بمب هسته‌ای با قدرت تخریبی بی‌مانندی را فراهم کند. تصور امکان دستیابی هیتلر به سلاح هسته‌ای، برای دانشمندان فراری در آمریکا، هولناک بود و آنها را در برابر تصمیمات سختی قرار داد.

ساخت بمب: بیم‌ها و امیدها

سه نفر از فیزیکدانان پناهندهٔ مجارستانی لئو زیلارد، یوجین ویگنر و ادوارد تلر نامه‌ای به رئیس‌جمهور روزولت نوشتند و اینشتین را متقاعد کردند که نامه را امضا کند. مضمون نامه هشدار درباره امکان و خطرات پیش‌دستی آلمانی‌ها در دستیابی به سلاح هسته‌ای بود. ابتدا این اخطار، جدی گرفته نشد اما در حدود یک سال بعد، پیشروی ارتش آلمان در اروپا و سپس بمباران پرل هاربر در اواخر سال ۱۹٤۱ به‌وسیلهٔ ژاپنی‌ها باعث سرمایه‌گذاری هنگفتی توسط دولت آمریکا روی این پروژه شد. تولید بمب اتمی، که بعدها به پروژه منهتن معروف شد، با گروه عظیمی از فیزیکدانان، شیمیدانان، مهندسان و ریاضیدانان با مدیریت رابرت اوپنهایمر و تحت نظارت و کنترل ارتش آمریکا آغاز شد. مشارکت در چنین پروژه‌ای برای برخی دانشمندان تصمیم دشواری بود. انریکو فرمی، به‌عنوان یکی از بزرگ‌ترین دانشمندان هسته‌ای مهاجر در آمریکا، آن را مفسده‌ای ضروری و وظیفه‌ای ناخوشایند دانست. اوپنهایمر آن را «نه تنها یک خطر بزرگ بلکه یک امید بزرگ» اعلام کرد. نیلس بور از عواقب انسانی تهدید هسته‌ای

در آینده بسیار نگران بود. اینشتین، که ذاتاً شخصی آرام و صلح‌طلب بود، ضرورت طرح بمب هسته‌ای را پذیرفت اما از آیندهٔ آن نگران بود. هرچند که دانشمندانی نیز با نیات سیاسی یا شخصی در پروژه حضور داشتند که خود را بیشتر در موضع یک سرباز یا کارمند می‌دیدند تا دانشمندی با دغدغه‌های صلح‌طلبانه. در ۱۶ ژوئن ۱۹۴۵ زمان آزمایش اولین بمب ساخته‌شده فرارسید و دانشمندان از دیدن

انفجار مهیب آنچه خود ساخته بودند به وحشت افتادند. اما وحشت بزرگ‌تر و هولناک‌تر با بمباران اتمی شهرهای هیروشیما و ناکازاکی ژاپن توسط ارتش آمریکا و مشاهدهٔ عمق و وسعت فاجعهٔ انسانی و محیطی ناشی از آن جهانیان را فراگرفت. بااینکه با این فاجعه، جنگ جهانی دوم پایان یافت اما نوع دیگری از تهدید دائمی آغاز شد که همچنان ادامه دارد.

## دانشمندان در عصر تهدید هسته‌ای

با پایان جنگ جهانی دوم، جنگ سرد و رقابت برای تولید بمب‌های هسته‌ای و هیدروژنی میان ایالات‌متحده

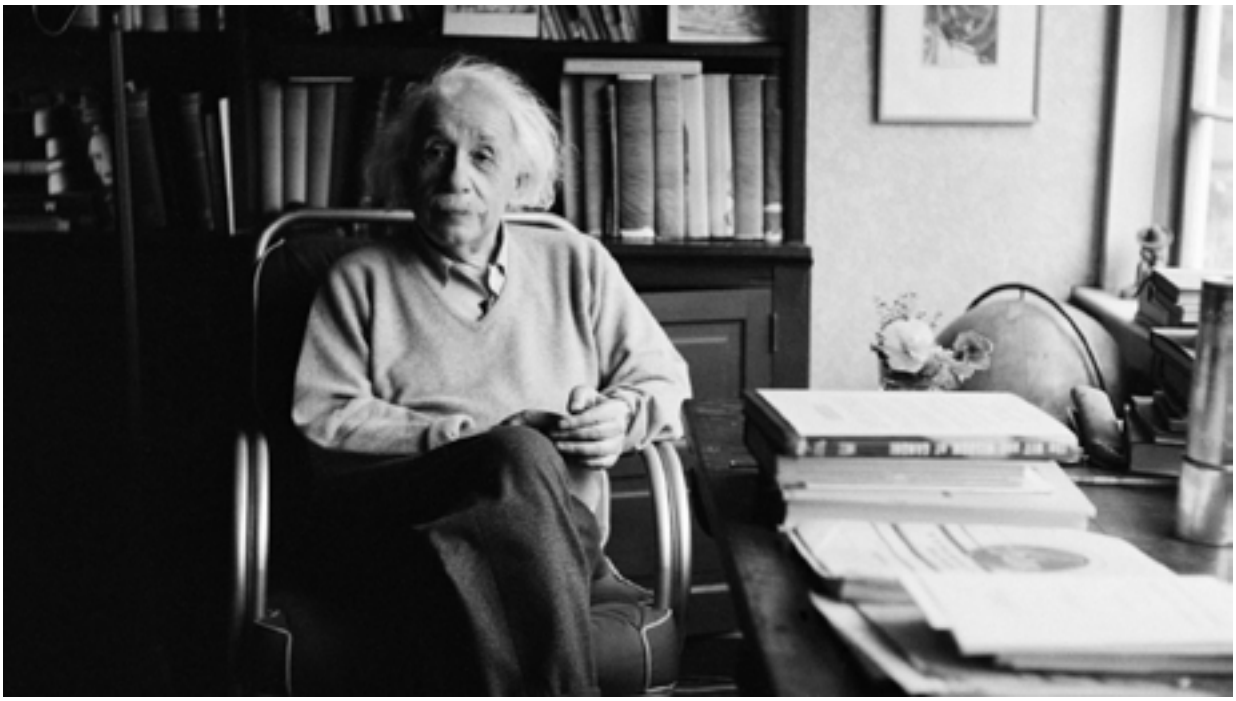
آمریکا و اتحاد جماهیر شوروی آغاز شد. هر لحظه ممکن بود جرقهٔ یک جنگ اتمی فاجعه‌بار زده شود. اکثر دانشمندان بی‌غرضی که بمب را ساخته بودند از بار سنگین مسئولیتی که بر دوششان بود آگاه شدند. بااینکه هم دولت و هم مردم آمریکا از پیروزی خود خرسند بودند، دانشمندان سعی کردند آنان را از خطری که در پیش بود، آگاه کنند. آنها می‌دانستند که اسرار ساخت بمب اتمی بالاخره عیان خواهد شد و مسابقهٔ تسلیحات هسته‌ای کشورها می‌توانست، جهان را برای همگان ناامن‌تر سازد. نیلس بور با نفوذی که داشت شخصاً با نخست وزیر انگلیس و رئیس جمهور آمریکا مذاکره کرد. برای اینشتین، که هم با ارائه فرمول هم ارزی جرم و انرژی (۱۹۰۵) و هم با نوشتن نامه به روزولت، به طور علمی و عملی در ساخته‌شدن بمب نقش داشت، بار مسئولیت از همه سنگین‌تر بود. او با دانشمندان دیگری از قبیل اوپنهایمر و نیلس بور و متفکرانی چون برتراند راسل همراه گردید تا برای جلوگیری از رقابت تسلیحاتی و تحقق صلح پایدار تلاش کنند و در این مسیر نهضت منع استفاده از تسلیحات هسته‌ای را راه انداختند.

حکومت جهانی اینشتین

اینشتین ذاتاً انسانی آزاداندیش و جهان‌وطنی بود و احساسات ملی‌گرایانه و ناسیونالیستی در وجودش جایی نداشت. او ناسیونالیسم را بیماری دوران طفولیت بشر می‌دانست و معتقد بود که با بلوغ بشر این بیماری درمان خواهد شد. به خاطر این روحیه جهان‌وطنی، جنبه‌های تشکیلاتی مسئلهٔ ممانعت از جنگ، برایش ساده می‌نمود. با این نگرش بود که او ایدهٔ یک «حکومت جهانی» را مطرح کرد. نوعی نهاد فوق‌ملی تا اختلاف‌های میان ملل را از طریق تصمیم‌گیری‌های قضایی حل و فصل کند. حکومت جهانی باید بر پایه قانون اساسی دقیق و روشنی استوار می‌شد که به تصویب تمام دولت‌ها می‌رسید و اختیار سلاح‌های نظامی کشورها به این حکومت تفویض می‌گردید.

او معتقد بود که «سازمان ملل متحد» نه نیروی نظامی لازم را برای تأمین امنیت بین‌المللی در اختیار

دارد و نه مبانی حقوقی لازم را برای این کار. علاوه بر این، «سازمان ملل، ناظر بر توزیع واقعی قدرت در جهان کنونی نیست و قدرت واقعی در حال حاضر در دست تعدادی محدود از کشورها است.» بااینکه اینشتین در سال ۱۹٤٦ این سخنان را مطرح کرد می‌بینیم که ساختار حقوقی سازمان ملل (از جمله حق وتو) همچنان دست‌نخورده باقی مانده است. او سازمان‌های بین‌المللی از قبیل «جامعه ملل» (تأسیس ۱۹۲۰) و بعد «سازمان ملل متحد» (۱۹٤٥) و یا دادگاه‌های بین‌المللی را به دلیل فقدان مرجعیت و



قدرت لازم برای به کرسی نشاندن تصمیمات خود، فاقد توان لازم برای برقراری صلح و امنیت جهانی می‌دانست. اینشتین از احتمال استبداد حکومت جهانی آگاه بود اما آن را بر شرّ بزرگ‌ترِ جنگ‌های با ویرانگری وسیع و بی‌سابقه، ارجح می‌دانست. پیش‌بینی او این بود که چنین حکومتی اگر با توافق استقرار نیابد سرانجام نوع خطرناک‌تری از آن با فائق آمدن یک قدرت بر سایر کشورها، مستقر خواهد شد که با نیروی نظامی کوبنده خود سایر ملل جهان را زیر سلطه خواهد گرفت.

باوجود تنوع فرهنگی و ایدئولوژیکی موجود در جهان و سطح تکامل اخلاقی که در آن قرار داریم، شاید ایدهٔ حکومت جهانی اینشتین (مثل تلقی عمومی از نظریه نسبیت در زمان ارائه آن) بسیار

انتزاعی و غیرواقع‌بینانه به نظر برسد اما با وجود چالش‌ها و تهدیدهای روزافزون جهانی، و گره‌خوردن هرچه‌بیشتر سرنوشت کشورهای جهان به همدیگر، یک اجماع و توافق جهانی و تشکلی واقعی و مقتدر از نوع حکومت جهانی اینشتین، شاید راه حل نهایی مسئله باشد. هرچند که تحقق این ایده در آینده نزدیک بسیار بعید به نظر می‌رسد چنانکه خود اینشتین در نامه‌ای به دانشجویان (۱۹٤٦) در این زمینه نوشت: «دوستان جوان من، در حال حاضر شما متاسفانه نمی‌توانید به چنین چشم‌اندازی دل ببندید. تنها این امیدواری وجود دارد که شما موفق شوید نسل جوان را متقاعد کنید که با تمام توان خود در راه تحقق سیاستی صلح‌آمیز به مقیاس وسیع کوشا باشد.»

اتحادیه جهانی دانشمندان

عقیده ثابت و شخصی اینشتین همواره این بود که دانشمندان می‌توانند نقشی اساسی در برقراری صلح و تفاهم بین‌المللی ایفا کنند.  و بر این باور بود که سنت علم، به‌عنوان نیرویی در پرورش فرهنگی آدمی، فکر را به‌سوی افق‌های وسیع‌تری می‌گشاید و از نظر ماهیتِ جهانی، که داراست، می‌تواند در خلاصی آدمی از چنگال ناسیونالیسم افراطی بسیار موثر باشد. ازاین‌رو پیشنهاد کرد که دانشمندان، هم برای حفظ استقلال فکری و اقتصادی خود و هم برای اعمال‌نفوذ در قلمرو اجتماعی و سیاسی، اتحادیه‌ای جهانی تشکیل دهند تا ضمن دفاع از آزادی و استقلال آکادمیک، برای پیشگیری از جنگ و برقراری صلح پایدار جهانی از طریق مشارکت در ایجاد نوعی نیروی سیاسی فوق‌ملی موثر و تعیین‌کننده باشند.

زندگی اینشتین، به مثابه سمبلی از یک دانشمند آزاده و جهان‌وطنی، گویای مبارزه‌ای طولانی و پایدار برای حفظ صلح، شرافت و ارزش‌های انسانی بود. او همفکر با متفکر آمریکایی، بنجامین فرانکلین، بر این باور بود که «هرگز جنگی خوب و صلحی بد وجود نداشته است» اما درعین‌حال خوش‌بینی خامی به برقراری صلح پایدار جهانی در کوتاه‌مدت نداشت و گفته بود که آدمیان در راه تفاهم با یکدیگر همان‌قدر با مشکلات مواجه خواهند بود که «ببری که بخواهد به گیاهخواری

بپردازد!».

آخرالزمان اتمی یا صلح جهانی؟

باوجود هزاران کلاهک هسته‌ای موجود در جهان، احتمال وقوع یک جنگ جهانی اتمی، شاید بزرگ‌ترین کابوسی باشد که بتوان برای آیندهٔ تمدن بشری و حیات زمینی تصور کرد. آیا این پیش‌بینی مورخ آمریکایی، هنری ادمز، در اواسط قرن هجدهم، که «روزی می‌رسد که علم شیشهٔ عمر بشر را در دستان خود خواهد داشت و نژاد انسان با نابود کردن جهان، خودکشی خواهد کرد» به وقوع خواهد پیوست؟

روز جهانی «علم در خدمت صلح و توسعه» زمان مناسبی است که تمام دانشمندان، متفکران، سیاستمداران و عامه مردم به این احتمال ناگوار بیندیشیم و علم را در جهت بهبود زندگی بشری و برای تحقق صلح جهانی پایدار به‌کارگیریم.

پایان