بنیاد بین المللی تئوری ها و دکترین ها The
International Foundation of
Theories and Doctrines

گزیده ای از کتاب :

آونگ گالیله

از نواخت زمان تا گوهر ماده

نویسنده : راجر.ج. نیوتون

ترجمه: بهرام معلمی

انتشارات مازیار

مجموعه گزیده کتب

درآمد:

این کتاب هم در مورد تاریخ باستان است وهم علوم جدید. هرچند موضوع آن اساطیر یونانی نیست، هدفش می تواند به راحتی در حکم توصیف تاثیر و نفوذ فراگیر و غالب تِرپ سیِکری ، الهه رقص و نواخت و نظم ، بر زندگی ما و چگونگی دست یازیدن علم، از طریق آونگ گالیه ، به مهار آن چیزی باشد که اوریپید آن را « بی معنی و وحشی » نامید؛ و آن چیزی نیست مگر زمان. حرکت دوره ای (متناوب) آن وزنهٔ (گلولهٔ) نوسانی تاثیر چشمگیری بر پیشرفت علم جدید و ریاضیات نهاده است.

این تاثیر سرانجام نه تنها تا فراسوی فهم دگرگون شوندهٔ ما با زمان گسترش یافت، بلکه حتی راه و رسم نگرش علم بر همین هستی جهان مادی را -ذراتی که اشیایی را تشکیل می دهند که آنها را لمس می کنیم و نیز نور و صوتی که با آنها پیرامونمان را حفظ می کنیم- در بر گرفت. به این ترتیب اساطیر کامل تلقی می شوند وقتی که ترپسیکری به کمک علم، سرانجام از پدرش زئوس قدرتمند و ارباب عالم، ساختار شکنی کرد.

این کتاب در بارهٔ ضرب آهنگ زمان، در این خصوص که چگونه آن ضرب آهنگ سرانجام به وسیلهٔ آونگ گالیله منظم شد، در زمینهٔ تاثیر نوسانهای این آونگ بر درک و دریافت از آن ضرب آهنگ، و بالاخره در این باره است که چگونه بعداً پی بردند که این نوسانها خود را در قالب بسیاری از پدیده های طبیعی دیگر بروز می دهند.

ساعت زیستی ، ضربآهنگ های بدن

فرض کنید بر روی صخره بزرگی زندگی می کنید که همواره با تمام توان به درون فضای بیکرانه در حرکت هستید . این صخره نه حول یک خورشید مرکزی می گرددو نه حول محور خودش، و قمری هم ندارد که را دور بزند .(مهم نیست که چنین دنیایی برای پایداری حیات ، نور و گرما داشته باشد. در این دنیا نه صبح وجود دارد ، نه غروب ، نه تابستان و نه زمستان ، و فقط دنیایی است یکنواخت ، و از لحاظ زمانی یکدست و نامتمایز.

مفهوم کلی ما از گذر زمان بر پایه مشاهده و درک تغییرات دوره ای ، برپایه گذر مکرر روز به شب ـ طلوع و غروب خورشید روز را ، و رویت ماه شب را به وجود می آورد ـ و بر شالوده تکرار و بازگشت فصول استوار است . زمان از ضربآهنگ زاده شده و دوره ای (متناوبی) بودن جزئی از موجودیت ما به شمار می آید.

ساعت درونی اصطلاحی است که حساب این دوره ای بودن بیست و چهار ساعتی را و حتی آن را در غیاب سرنخ ها و نشانه های خارجی نگه می دارد، در سال ۱۹۵۹ وضع شد، نظام شبانه روزی است. هرچند این ساعت و سایر ساعت های زیستی به مدت بیش از دویست سال کم و بیش برای زیست شناسان شناخته شده بود، اما طی نیم قرن اخیر پژوهش های گسترده ای در این زمینه در جریان بوده است. در این میان باید دو موضع به روشنی آشکار شود: آهنگ پیشروی(کار کردن) ساعت زیستی (که دوره تناوب ریتم و ضربآهنگ آن را تعیین می کند)، و مرحله (فاز) ریتم آن در یک زمان معین. ساعتی که کند کار می کند ـ یعنی ، آهنگ کار کردن آن کند است ـ نسبت به زمان شمارهای دقیق همچنان که زمان سپری می شود، کماکان ناهمفازتر خواهد بود؛ به علت آن که زمان تناوب مجدد مکرر آن قادر می سازد که زمان دقیق را نشان دهد.

استقلال و خودسامانی ساعت های زیستی اکنون دیگر واقعیتی است که جا افتاده است. شخصی که از نشانه و سرنخ های محیط پیرامون جدا افتاده و منزوی شده، دستگاه روزانه انسانی با سرعتی نسبتا یکنواخت به پیش می رود که طولانی تر از شبانه روز ۲۴

ساعتی است. شخصی که منزوی نباشد، این دستگاه از طریق همراه شدن دائمی با پاسخ به تغییرات محیطی ـ عمدتا تغییرات شدت نور ـ با چرخه حرکت خورشید همزمان می شود. به بیان دیگر، هرچند که ساعت درونی ما با آهنگ ثابت و پایداری کار می کند حدودا به اندازه یک ساعت در هرروز کند است، اما چون همواره خودبخود و از طریق چرخه های نور و تاریکی مجداد تنظیم می شود، تحت شرایط متعارف هدر رفتن زمان انباشتی نیست؛ به این صورت ساعت درونی ما با ریتم و ضرباهنگ خورشید همگام است.

البته ، انسان ها یکی از گونه های موجودات به شمار می آیند و ریتم شبانه روزی فقط یکی از ریتم های زیستی است. افزودن بر تپیدن قلب ، برخی وقت نگه دار (ساعت) های درونی دوره های تناوب کوتاه تری دارند ـ اینها را کوتاه ریتم (ultradian) می گویند ـ همچنین ریتم های باز هم طولانی تری یافت می شود مانند ساعت های سالانه که خواب زمستانی خرس ها تنظیم می کند ، احتمالا برخی ساعت های درونی دوره های تناوب طولانی تری دارند. رفتار موزون (ریتمیک) ظاهرا یکی از خاصیت های اکثر سامانه ها و دستگاه های زیستی است.

هر چند که تغییرات منظم دما نیز در مواردی کارساز است، علائم راهنمایی که برای همزمان کردن اکثر ساعتهای زیستی بکار می آیند- که فیزیولوژیست ها این ها را زمان بخشنده (زمان بخش) می گویند- به نظر می رسد سطوح متغیر شدت نور می باشد. این امر زیاد هم شگفت انگیز نیست، زیرا منشاء و خاستگاه ریتم شبانه روزی زندگی ما تجربهٔ توالی روز و شب است؛ این واقعیت محیطی باید در تکامل ساز و کار زمان سنجی درونی از اهمیت حیاتی برخوردار باشد.

شایان ذکر است که ریتم های شبانه روزی حتی در ساده ترین موجودات زنده، مانند جلبکهای تک یاخته ای آبی-سبز (سیانوباکتری ها) نیز برقرارند که در آنها یک ساعت درونی چرخه های ۲۴ ساعته تثبیت ازت و فتوسنتز را اندازه می گیرد.

هر چند که غالبا از رفتار منظم (ریتمیک) درون زا و بسیاری از سیستم ها تحت عنوان «نوسانی» یاد میشود، هیچکدام از نوسانگرهای فیزیکی در آنها وجود ندارند، که این امر علت اساسی است در توصیه ها این که چرا این ساعت های زنده فقط می توانند زمان تقریبی را اعلام کنند ئ هرگز زمان دقیق را به دست نمی دهند، اما حتی اگر موجودات زنده از امکان ایجاد ساعتی پایدارتر برخوردار بودند ، امتیاز سازگاری برتری آنها میسر نبود. سازوکارهای ضروری ضربان سازی روزانه هزاران سال خدمات رضایت بخشی ارائه کرده اند.

تقویم : طبال های مختلف

البته ، پاسخ به این سئوال که انسان های اولیه نسبت به جریان پیوسته زمان آگاه بودند یا خیر، ممکن است ؛ ظاهرا این مفهوم در هنگام برآمدن تمدن کاملا جا افتاده بوده است. تمدن های اولیه به سه دلیل از ماهیت موزون و منظم تجربه خود از زمان بهره می جستند: اندازه گیری طول مدت یک فرایند مفروض، مانند دارای زمان سفر از یک مکان به مکان دیگر؛ محاسبه مدت زمانی که از رویداد مهمی گذشته باشد، و مشخص کردن اکنون، و نیز اکنون آتی، برای نظم بخشیدن زندگی و روابطشان با دیگران.

نیاز به تعیین اوقات سال باید نخستین بار در میان جوامع شکارچی و گردآورندگان غذا پیدا شده باشد. چه موقع برای زمستان آینده آذوقه ذخیره کرد؟ همچنان که نیاز به دانشی رازورانه و پنهانی چون شناخت فصلهای مناسب افزایش می یافت، به همان نسبت هم قدرت مرموز کسانی که می توانستند این معرفت را در خود جمع آورند و بپرورانند دامن گستر می شد.

پدیده منظم و موزونی در طبیعت که برای مشاهده ، مطالعه و اندازه گیری کردن نیاز به هیچگونه کارشناس و متخصصی نداشت، توالی روزوشب بود. دوره های زمانی روشن و تاریک را ابتدا واحدهای جداگانه تلقی می کردند ، سرانجام در قالب یک هویت واحد، روز کامل، ترکیب کردند. در برخی فرهنگ ها روز از طلوع آفتاب و در فرهنگ هایی دیگر به هنگام غروب آغاز می شد. واحد طبیعی طولانی تر در ریتم حیات آدمی عبارت از چرخه ماه، زمانی از یک ماه کامل (بدر) تا بدر بعدی دوره زمانی تقریبا ۳۰ روزه را تشکیل می داد.

سرانجام، سال با تکرار فصل هایش، به سومین واحد نتاوبی محسوس برای همگان و انگیزه های برای ساختن سالنما تبدیل شد.از آنجا که طول دوازده ماه قمری از طول یک سال شمسی (خورشیدی)کوتاه تر است، گنجاندن مقداری زمان اضافی در تقویم قمری برای همگاه نگه داشتن طوی سال شمسی ضروری است ، این فرایند را کَبس (intercalation) می گویند. در تقویم مسلمانان اکیدا قمری است، که در آن ۶ ماه ۳۰ روزه و شش ماه ۲۹ روزه است که مجموع سال ۳۵۴ روز می شود.

ساعت اولیه : نبض های خانگی

ابتدایی ترین ابزار اندازه گیری بخش بندی روز سایه خورشید بود که تقریبا همیشه در خلال روز در مصر و بین النهرین قابل رویت بود. سه روش برای نشان دادن اوقات روز به کار میگرفتند. نخستین روش بر پایه طول سایه ای استوار بود که تکه چوبی مستقیم و عمود بر سطح زمین ، که بعدا یونانیان آن را چوبک یا مقیاس ساعت ظلی نامیدند، تشکیل می داد؛ یا از بنایی بلند برای تشکیل سایه بهره می گرفتند.روش دوم بر پایه جهت آن سایه نسبت به جهت اش در ظهر ، کوتاه ترین اندازه اش ، استوار بود. روش سوم بر مبنای موضع آن سایه استوار بود که به وسیله یک تیر (یا میله عرضی) بر روی یک تیر چوبی و میله انداخته می شد.از آنجا که این روش های زمان سنجی در تاریکی بلااستفاده بودند، باید شیوه های دیگری برای شب هنگام یافته می شد، تا قرن ها مصریان زمان شب را از ستارگان تعیین می کردند.در مقبره های رامسس ششم و نهم در اقصر ، جدول های زمانی ستاره ای یافته شده اند. روش تعیین زمان آنها عبارت است ازساعت آبی ، که یونانیان بعدا آن را کلپسیدرا (clepsydre)یا آب دزدک نامیده اند. این ساعت از یک مخزن آب تزئین شده تشکیل شده است که این امکان را فراهم می آورد که آب داخل آن از یک سوراخ کوچک در ته اش بیرون آید ، به طوری که سطح آب در مخزن ، که با علامت های حک شده برجدار داخلی ظرف اندازه گیری می شد ، زمان سپری شده را نشان می داد. نخستین سازنده ساعت آبی ـ ستاره شناس ـ فیزیکدان مصری به نام آمِنمهت (Amenemhet) بود.

ساعت آبی یک ایراد اساسی داشت: وقتی دما چندان پایین می آمد که به یخ زدن آب می انجامید، از کار می افتاد. بخصوص در عرض های جغرافیایی شمالی ، به یک وسیله صرفا مکانیکی نیاز پیدا کردند.

چندی بعد در قرن سیزدهم ساعت مکانیکی دست به رقابت با آن زد از کشش پایایی بهره می گرفت که گرانش بر وزنه ای وارد می آورد که آزادانه از ریسمانی پیچیده به دور یک محور آویخته بود. چرخش حاصل از طریق مجموعه ای از چرخ دنده ها به عقربه ها به عقربه ای بر روی یک صفحه ساعت و به انواع و اقسام سازوکارهای هرچه پیچیده تر کنترل کننده زنگ ها یا سایر ابزار شنیداری ، دیداری یا متحرک منتقل می شد. ترفندی که به کار می برد عبارت بود از ساختن محوری مرکزی که حتی الامکان به طور یکنواخت می گردید و وسیله هوشمندی طراحی شده برای این منظور تُنده (escapement) بود.

تا قرن ۱۷، هرکسی بیشتر از آنکه به دقت زمانی توجه کند که ساعت اعلام می کرد، به تفریح و سرگرمی هایی جلب می شد که پیکره های جادویی خود فراهم می آوردند و مهار صنعتگران سازنده این ابزار بسی تکامل یافت و به سنتی بدل شد که در خدمت سازندگان ساعت های دقیق تر ، بر پایه اصول مختلف ، در قرن های بعدی درآمد.

ساعت آونگی : ضربان طبیعت

گالیلئو گالیله متولد ۱۵۶۴ ، دو دوماه پیش از ولادت شکسپیر، مولفه علمی دوران بزرگی را که نوزایی یا رنسانس می نامیم ،به وجود آورد.وی که پسر یک ریاضیدان و موسیقیدان پیزایی بود ، در بزرگی به مردی پرخاشگر و تلخ بدل شد که به علت مواضع فلسفی نامتعارف و شخصیت بدخلقش ، برای خود دشمنان زیادی تراشید.در حوزه علم مکانیک قاطعانه با میراث ارسطویی غالب مخالفت می ورزید ، و از طریق آزمایش هایی که امروزه در درس فیزیک در خصوص سقوط آزاد اجسام یا اجسامی انجام می دهند که از سطوح

شیبدار پایین می روند ، از دیدگاه های خود دفاع می کرد. وی به مدت هفده سال به عنوان استاد ریاضیات در پادوا در اوج شکوفایی بود و قسمت اعظم اوقات خود را بر سر پژوهش در خصوص حرکت وقف کرد، اما در زمینه اصول شناوری اشیای غوطه ور ارشمیدس نیز مهارت یافت و برحسب اتفاق دماسنج را اختراع کرد.همچنین او بی درنگ به دست خودش تلسکوپی ساخت ـ و نخستین کسی بود که از آن برای مطالعه افلاک سود جست. وی علاوه بر بسیاری چیزهای دیگر، بزرگترین قمرهای مشتری را کشف کرد وگزارش مفصلی از حرکت آن ها را به عنوان اقماری که آن را سیاره عظیم را دور می زنند ، ارائه کرد.

هرچند گالیله به بیضوی بودن مدار سیارات اعتقادی نداشت ، اما با رصد های نجومی خود متقاعد شد که منظومه خورشیدی مرکزی که نیکولاکوپرنیک مطرح کرده بود؛ درست است و دست به انتشار کتابی به نام محاوره در باب دومنظومه بزرگ جهان زد که کلیسا بی درنگ آن را ممنوع کرد، در نهایت وی را به حبس دائم خانگی محکوم کردند و گالیله نابینا در سال ۱۶۴۲ درگذشت.

نخستین کشف علمی و مهم وی عبارت است از پی بردن به خاصیت آونگ ساده، که در حالت آرمانی از یک گوی سنگین آویخته از یک رسیمان سبک تشکیل می شود: هرگاه طول آونگ آنقدر باشد که تاب خوردنش خیلی پردامنه نباشد ، دورع تناوبش (زمان برای هر تاب یا نوسان) از دامنه نوسان (طول کمان تاب خوردن) مستقل است .این آونگ به عنوان وسیله ای زمان سنج در حوزه طب بوده است ، آهنگ نبض بیمار را به وسیله نبض سنج تعیین می کردند و آونگ برای تعیین زمان ضربان نبض به کار می رفته است.

از یک چشم انداز جدید و امروزی ممکن است کسی بپرسد که مسیر یکنواخت زمان را چه چیزی تعریف می کند؟در واقع ، سیر زمان تعریف شده به وسیله ساعت آونگی ، چنان که امروز ما می فهمیم، به نحوی با آنچه که در وهله نخست به آگاهی ما از ریتم و نواخت سیر زمان انجامید ، یعنی گردش ظاهری خورشید به دور زمین و چرخش زمین حول محور خودش فرق می کند. چرا؟ وقتی زمین به خورشیدنزدیک تر است سرعتش بیشتر و وقتی دورتر است سرعتش کمتر است. در نتیجه ، فاصله زمانی طلوعی یک طلوع بعدی هم تغییر می کند ، و سیر زمانی ای که ساعت آفتابی تعیین می کند با زمان میانگین تعیین شده به وسیله آونگی با تاب خوردن یکنواخت فرق می کند . رابطه بین این دو وسیله سنجش زمان را معادله زمان می گویند.به کمک این فرمول ، می توان زمانی را که ساعت آونگی نشان می دهد به زمانی ترجمه کرد که ساعت مبتنی بر خورشید در هر موقع سال نشان می دهد، و برعکس و همچنین گالیله برای اندازه گیری طول جغرافیایی مکان کشتی ها در دریا ، استفاده از آونگ را برای تنظیم ساعت را پیشنهاد کرد.

در نیمه دوم قرن پانزدهم ، آنچه که اکنون فنر اصلی نام دارد ، در آن هنگام بدون وزنه بود. (اختراع فنر اصلی را گاهی به پیتر هنلاین نوربنرگی نسبت می دهند) . این فنر مارپیچ از جنس فولاد قابل ارتجاع را محکم به دور استوانه ای خاردار می پیچیدند، باز شدن آهسته آن در طول روز همان کاری را انجام می داد که وزنه متصل به یک ریسمان انجام می دهد. از آنجا که فنر اصلی پیش از ابداع آونگ ـ چرخ دنگ اختراع شد ، ساعت های حاوی فنر اصلی مستلزم سازوکار دیگری ـ امرود (fusee) ـ بود تا کار آن ها را موزون و یکنواخت کند. اختراع فنر اصلی امکان ساختن ساعت های قابل حمل و نقل را فراهم آورد که می توانستند آن را به آسانی به هرجا ببرند ، و حتی وارونه اش کنند.این نوع ساعت « ساعت های بغلی » که برخی از آنها کم و بیش تخم ومرغ شکل بودند ، ابتدا در قرن شانزدهم در نورنبرگ ساخته شدند. به این ترتیب ساعت جیبی پای به عرصه وجود نهاد، که تا قرن بیستم کماکان محبوب همگان بود.

جانشین ها : وقت نگه داری رایج

یکی از جانشین های قابل حمل و نقل آونگ های بلند و دست و پاگیر ، که نمی شد آنها را به راحتی جابه جا کرد ، سرانجام در نیمه دوم قرن هفدهم به دسا رابرت هوک و کریستیان هویگنس اختراع شد. نوآوری و اختراع آنان فنر رقاصک مارپیچ نامیده شد، که نوع اصلاح شده آن اکنون گاهی با نام فنر رقاصک نامیده می شود.مارپیچ فولادی بسیارنازکی است که بسته و باز شدن متناوب آن باعث

می شود یک رقاصک (چرخ لنگر) متصل به آن عقب و جلو بچرخد. اختراع فنر رقاصک مارپیچ در ظرف مدت کوتاهی چیزی به بار نیاورد.

در قرن هجدهم دریانوردان هنوز هم به جهت فقدان وسیله ای دقیق و قابل اعتماد برای تعیین مکان خود دچار ضعف و نقص زیادی بودند.جایزه طول جغرافیایی بریتانیایی سرانجام نصیب جان هریسون شد. وی با توصیه و دریافت وامی از جورج گراهام ، اقدام به ساختن آن چیزی کرد که اکنون H-1نامیده شد. جان هریسون در سال ۱۷۴۱ طرح H-2 را تکمیل کرد . این یکی با تزئین اندکی بیشتر از جنس برنج ساخته شده بود. این ساعت هرچند در برابر تغییرات دما و سایر مخاطرات دریا مقاوم تر بود ولی هرگز آزمایش نشد. در نتیجه وی کار روی H-3 را آغاز کرد و تکمیل آن ۱۹ سال طول کشید. ساعت جیبی H-4 جان هریسون که تنها پنج اینچ (۱۲/۵ سانتیمتر) قطر و سه پوند (حدود ۱/۵ کیلوگرم) وزن داشت سرشار از ریزه کاری های ابتکاری ، مانند یاتاقان های ساخته شده از جواهرات و یاقوت برای کاستن اصطکاک و نیز نقش و نگارهای تزئینی بود.طراحی کرونومتر دریایی که از قرار معلوم جان آرنولد آن را ابداع کرده است بر پایه ساعت راهگشای جان هریسون استوار است.

آنگاه که ساعت سازان بهره برداری از ارتعاش های دیاپازون موسیقیایی برای نشان دادن زمان را آغاز کردند ، بهره گیری مهمتری از الکتریسته به عمل آمد. همان اصول فیزیکی حاکم بر نوسان های فنر یا آونگ بر این ارتعاشات هم حاکم اند ؛ دیاپازون مانند اونگ ، بسامد ویژه خود را دارد که از بسامد هر وزنه نوسان کننده ساعت های دیواری بالاتر است.دیاپازون ، با تولید صدای همهمه مانند قابل شنیدنی با آهنگ چند صد سیکل بر ثانیه ارتعاش می کند. یکای ارتعاش هرتز است .بسامد ویژه ارتعاش یک آونگ ساعت حدود ۱Hz است در حالی که بسامد ارتعاش دیاپازون در گستره ۴۰۰Hz قرار دارد.این ارتعاشات را می توان به صورت مکانیکی به چرخش یک چرخ منتقل کرد تا عقربه های ساعت را از طریق سازوکاری مشابه با چرخ دنگ آونگی به کار اندازد، نام تجارتی این ماشین عجیب آکروترون (Accutron) می باشد.

به کمک نوسانگری کوارتزی حتی نتایج بهتری به دست آمده ، این نوسانگر بر شالوده یک بلور استواربود . طبیعت از طریق نیروهای بازگرداننده کشسان مشابه با نیروهایی که بر سر فنری فولادی یا دیاپازون وارد می آیند ، وجوه بلور را در جای خود حفظ می کند. در نتیجه مانند رقاصک فنری ساعت مچی ، و دیاپازون دارای بسامد نوسان ویژه ای مستقل از دامنه ارتعاش آن است ، با این تفاوت که مقدار چرخه ها بر ثانیه در این حالت میلیونها هرتز است. کوارتز ، پیزوالکتریک است ، یعنی وقتی فشرده می شود ولتاژ الکتریکی تولید می کند و هرگاه کشیده شود ولتاژی در جهت مخالف در آن برقرار است اصل بهره وری از تشدید کوارتزی در قلب ساعت مانند اصل به کارگیری آونگ با چرخ دنگ است. در مورد تشدیدگری کوارتز ولتاژ وارد آمده ارتعاش بلور را تامین می کند و بسامد ویژه کوارتز ارتعاشگر نوسان میدان الکتریکی تولید شده را تنظیم می کند.این نوسان گر بسیار کوچک و قابل حمل و نقل است و به دقت کار می کند. ساعت کوارتز رصدخانه گرینویچ چندان پایدار است که تعداد کل چرخه های آن در روز ـ برحسب میلیون بر ثانیه ـ از یک روز تا روز بعد بیشتر از دو سیکل تغییر نمی کند.

ایساک نیوتون: فیزیک آونگ

هرچند که گالیله تک زمانی (تک آهنگی) آونگ را در حکم یکی از حقایق طبیعت کشف کرد، درباره دلایل نهفته در پس مشاهدات دوران ساز خود چیزی ارائه نکرد. آن توضیحات موکول شد به کار عظیم ایساک نیوتون. ایساک نیوتون ، که پس از مرگ پدرش در وولستروپ ، لینکلن شایر ، در روز عید کریسمس ۱۶۴۲ به دنیا آمد.وی پسر بچه ای هشیار ، ساکت و متفکر بود که در بزرگسالی به مردی تنها ، گوشیه گیر و منزوی با خلق و خویی غیر قابل تحمل بدل شد.وی پس از گذاراندن دوره آموزشی مدرسه دستور زبان ، از

سوی یکی از دایی هایش تشویق به ادامه تحصیل شد در نتیجه وی وارد دانشگاه کمبریج شد. در سالهای پایانی تحصیلات وی دانشگاه ها به علت شیوع طاعون حدود دو سال تعطیل شد و وی در این مدت به زادگاه خود بازگشت. این ایام را سال های معجزه آسای عمر نیوتون نامیده اند، که در خلال آنها وی در انزوای تمام کار کرد و بنیانهای قسمت اعظم اثر دوران ساز و ماندگار خود در حوزه ریاضیات، مکانیک آسمانی و اپتیک را بنا نهاد.وی در ۲۶ سالگی به استادی لوکازی ریاضیات برگزیده شد. نیوتن در زمینه آزمایشهای کیمیاگری و برروی شاهکارش، اصول ریاضی فلسفه طبیعی(پرینکیپا-۱۶۸۷) ادامه داد. در این کتاب قانون گرانش عمومی، قوانین حرکت و حساب دیفرانسیل و انتگرال که به یکی از پربارترین شاخه های ریاضیات تبدیل شد، معرفی کرد.

در سال ۱۷۰۴ نیوتن نتایج تحقیقات خود را درباره خواص نور گردآوری کرد و در قالب همین کتاب اپتیک منتشر کرد. وی نخستین کسی بود که به ساختن تلسکوپ بازتابی دست یازید، و آزمایشهایش وی را به نتیجه جدید مهمی هدایت کرد که برپایه آن نور سفید از طیفی متشکل از چندین رنگ تشکیل می شود.

علم فیریک جدید نیوتن واپسین گسست با ارسطو را که گالیله آغاز کرده بود تکمیل کرد.نخستین قانون نیوتن بیان می کرد وقتی هیچ نیرویی بر شی وارد نیاید یا در حالت سکون باقی می ماند یا حرکت آن راستخط یکنواخت است؛ تاثیر نیرو بر هر شی عبارت است از شتاب دار کردن آن. قانون دوم آن تاکید می کند که برای ایجاد شتاب a ، نیرویی به بزرگی f=ma در همان جهت a لازم است، که در اینجا m عبارت است از جرم جسم متحرک. اگر چندین جسم نیروهایی بر یکدیگر وارد آورند ـ بنا بر قانون سوم نیوتن، اگر شیء A نیرویی بر شیء B وارد آورد، آنگاه B نیرویی مساوی و در جهت مخالف بر A وارد می آور ـ قانون دوم وی درباره هریک از آنها صادق است.

پیش از کاربرد عملی قانون دوم نیوتن ـ یعنی معادله در حرکت ـ و اعمال آن در حالت خاص آونگی نوسانی، می توانیم آرای هویگنس، را استنتاج کنیم. که دوره تناوب حرکت این آونگ، p، با ریشه دوم طول آونگ، متناسب است که فیزیکدانها آن را تحلیل ابعادی می نامند.تنها کمیت های اساسی که به مسئله وارد می شود عبارتند است: طول، زمان، جرم و شدت نیروی گرانش، که می توان آن را به کمک شتاب سقوط آزاد، g، اندازه گرفت. بنا بر آرای گالیله این شتاب برای همه اجسام یکسان است. شتاب عبارت است از تغییر سرعت در واحد زمان و سرعت عبارت است از مسافت طی شده در واحد زمان؛ بنابراین ابعاد شتاب g $\frac{\text{فاصله}}{\text{زمان}^2}$=زمان/ $\frac{\text{مسافت}}{\text{زمان}}$ وی دریافته بود که زمان تناوب آونگ از دامنه نوسان آن مستقل است ، تنها کمیت های مرتبط قابل دسترس عبارت از طول آونگ ،I ، شتاب گرانشی، g، و جرم گلوله آونگ ، m ، و تنها راه به دست آوردن زمان تناوب p ـ که کمیتی از « بعد » زمان است ـ از این کمیت ها عبارت است از تقسیم کردن l بر g ، مجذور کردن « زمان » به علت این که مسافت ها حذف می شوند ، و سپس گرفتن ریشه دوم نتیجه : p باید متناسب با مجذور $\frac{I}{g}$ باشد. در نتیجه حل این معادله به $p=\pi^2\sqrt{\frac{i}{g}}$.

معادله حرکت نیوتونی در قالب قانون دوم آن ، بر خاصیت مهم دیگر آونگ نوسانی دلالت می کند که ژان برناردلئون فوکو ، فیزیکدان فرانسوی از طریق مشاهدات عمیق سازوکار راه انداز آونگ برای چرخاندن دوربین (داگرئوتیپ) که برای کارهای نجومی اش از آن بهره می برد ، آن را کشف کرد. وی خاصیتی از آونگ را کشف کرد که از این قرار بود که صفحه حرکت آونگ ـ صفحه ای قائم حاوی نقطه آویز ثابت و خطی گلوله آونگ در امتداد آن حرکت می کند ـ ظاهرا به آهستگی حول خطی قائمی می گردد که از نقطه آویز آن می گذرد. وی با تشخیص دادن این نکته که منشاء این چرخش ظاهری آن است که این صفحه بنابر « پایستگی تکانه زاویه ای » که بنابر قوانین حرکت نیوتون در فضا ثابت است ، نتیجه گرفت که این چرخش به مستقیم ترین و آشکارترین شیوه نمایشگر چرخش زمین

حول محورش است. فوکو با آویختن آونگ عظیمی از گنبد پانتئون در پاریس ، نمایش همگانی تماشایی این پدیده را تدارک دید. امروزه، این آونگ ها در موزه های علم سراسر جهان در معرض دید همگان است .

صوت و نور: نوسان ها در همه جا

صوت چیست ؟ بین صوت و آونگ چه رابطه ای برقرار است؟ تا قرن هفدهم، دیدگاه غالب از این قرار بود که صدای زنگ را به این علت می شنویم که جریانی از ذرات نامرئی از منبع گسیل می شوند و به گوش مان میرسند. در خلال قرن هجدهم و نوزدهم به تدریج روشن شد که صوت ، در واقع موجی است در هوا ، متشکل از تغییرات جزئی در فشار محیط و حاصل ارتعاشات در ناقوس های کلیسا، انفجارات، تارهای صوتی و ... به عنوان مثال ، تارهای ابزار موسیقی ، ارتعاش های خود را از طریق وسیله های انتشار ناحیه رویه ای بسیار بزرگتربه هوای پیرامونی منتقل می کنند ؛ این ارتعاشات تغییرات فشار کم دامنه فشردگی ها و رقت ها هم بسامدی تولید می کنند ، که به شکل موج به حرکت در می آیند، پخش می شوند و سرانجام به گوش ما می رسد.

در خلال قرن های هجدهم و نوزدهم به تدریج روشن شد که صوت، در واقع موجی است در هوا، متشکل از تغییرات جزئی در فشار محیط و حاصل ارتعاشات در ناقوس های کلیسا، انفجارات، تارهای صوتی، آلات موسیقی و سایر منابع صوتی و ارتعاشی. به عنوان مثال تارهای ابزارآلات موسیقی ارتعاش های خود را از طریق وسیله های انتشار ناحیهٔ رویه ای بسیار بزرگتر به هوای پیرامونی منتقل می کنند؛ این ارتعاشات تغییرات فشار کم دامنهٔ -فشردگی ها و رقت ها (کم فشارها)ی- هم بسامد تولید می کنند، که به شکل موج به حرکت در می آیند، پخش می شوند و سرانجام به گوش ما می رسند. هر نت خالص موسیقی با یک تک بسامد یک نوسان هماهنگ متناظر است.

علم دیگری که در قرن نوزدهم پا به عرصه گذاشت به نحو گسترده ای از نوسان های هماهنگ بهره می گیرد، الکترومغناطیس است. شناخت وجود نیروهای الکتریکی و مغناطیسی به یونان باستان بر می گردد.، اما چنین شناخت و دانش پراکنده و تکه پاره ای تا نیمه قرن هجدهم به یک شاخه جدی در علم بدل شود.

مایکل فاراده، پسر سوم یک آهنگر فقیر در سال ۱۷۹۱ در نیواینگتون ساری انگلستان به دنیا آمد و آموزش اندکی کسب کرد و تقریبا هیچ آموزشی در ریاضیات ندید. او که کتاب خوانی قهار بود آثار لاوازیه را با ولع می خواند و از مقاله ای در دایرهٔ المعارف بریتکا مطالبی درباره الکتریسته فراگرفت ، و با پول اندکی که داشت به تنهایی دست به آزمایش زد. اکثر کشفیات وی در حوزه های شیمی و الکتریسته بود. وی در ۴۷ سالگی مبتلا به اختلال روانی شد و به مدت شش سال از تحقیقات علمی دور ماند. او در سال ۱۸۶۷ در گذشت. هرچند که مایکل فاراده آزمایشگری نمونه و اصیل بود مفهوم نظری اثر گذاری را معرفی کرد؛ یعنی مفهوم میدان.

فاراده در هنگام مطالعه نیروهایی که بارهای الکتریکی و قطب های مغناطیسی برهم وارد می آورند ، و تاثیر جریان های الکتریکی بر آن ها ، با مشکل برخورد کرد. راه حل نوظهور و ابتکاری وی جانشین تاثیر مستقیم یک شیء بر شیء دیگر در محلی دور دست شد که وجود یک «وضعیت فضا» را فرض کرد که جسم اولی به وجود آورنده و تاثیرش از طریق کنش به هم پیوسته از یک نقطه به نقطه دیگر و وارد آوردن یک نیرو بر جسم دوم مستقیماً در موضع جسم دوم، پخش و انتشار می یابد. هنوز هم مفهوم میدان های مغناطیسی و سایر میدان ها مانند گرانش، شرایط فضا هم ایده های نهفته در علم فیزیک به شمار می آید.

جیمز کلرک ماکسول، در سال ۱۸۳۱ در ادینبورو به دنیا آمد. وی پس از گذارندن تحصیلات به سمت استادی فلسفه برگزیده شد. وی در چهل سالگی مقام اولین استاد فیزیک تجربی دانشگاه کمبریج را کسب کرد. سهم وی در چندین شاخه فیزیک از جمله نجوم و نظریه های جنبشی گازها و همچنین قلمرو نوع جدید نوسانی از نوع گالیله ای ـ الکتریسته و مغناطیس ـ بود.همچنین خطوط میدان

مایکل فاراده کنجکاوی وی را برانگیخت: این خطوط از بارهای الکتریکی و قطب های مغناطیسی سرچشمه و پیرامون جریان های الکتریکی را فرا می گرفتند.وی پس از سالها تحقیق ، مجموعه معادلاتی را تدوین کرد که میدانی را توصیف می کرد که مایکل فاراده وجود آن را هوشمندانه دریافته بود و به این وسیله دو قلمرو جداگانه الکتریسته و مغناطیس را در قالب یک حوزه ، الکترو مغناطیس متحد کرد.

در نتیجه کارهای بزرگ ماکسول استانداردهای زمانی بر حسب بسامد امواجی الکترومغناطیسی بوجود آمدند که نوسان هماهنگ اجرا می کردند. سالها پس از ماکسول، آلبرت اینشتین با ارائهٔ نظریهٔ نسبیت نگاه فیزیکدانان به مفهوم زمان و استانداردهای زمانی را تغییر داد.

کوانتوم : نوسانگرهای سازنده ذرات

نظریه جدید بزرگ به نام مکانیک کوانتومی تلفیقی بود که دیراک از دو نظریهٔ ظاهراً متفاوت به عمل آورد که تقریباً همزمان از جانب شردینگر و هایزنبرگ در سال ۱۹۲۵ عرضه شده بود و به ترتیب مکانیک موجی و مکانیک ماتریسی خوانده شدند، اما از لحاظ ریاضی معادل و هم ارز از کار درآمدند. مکانیک کوانتومی از جنبه های بسیار زیادی نسبت به مفاهیم فیزیکی قبلاً پذیرفته شده، هم نسبت به پیش بینی های فلسفی و هم تجربه و آزمایشی نهفته در پس آن، اختلاف فاحش داشت. در ارتباط با منظور ما در این کتاب، مرتبط ترین وجوه آنها عبارت است از نحوهٔ رفتار انرژی سیستم فیزیکی آن.

سهم عظیم بور در حوزهٔ کوانتوم عبارت بوده است از ارائهٔ یک مدل اتمی سیاره ای، که هسته به عنوان خورشید و الکترون ها در حکم اقمار آن در مدارهای خاصی با انرژی های مشخص بر گِردش می گردند که از قوانین ریاضی مشخصی پیروی می کنند. در این مدل بور، در دماهای با انرژی بیشتر می جهند- اتم ها «برانگیخته» می شوند- و در نتیجه به سطوح کم انرژی تری فرو می افتند. با برگشتن الکترون ها به مدار طبیعی و متداولشان، اتم با بیرون دادن یک فوتون با انرژی E، این مقدار انرژی را بیرون می ریزد. کوانتوم های عجیب پلانک نتیجه این واقعیت به شمار می آیند که هرگونه گسیل نور از یک تک جهش یک الکترون از یک سطح انرژی به سطح دیگر ناشی می شود. وقتی اتم درحالت پایه اش، یعنی پایین ترین سطح انرژی باشد، مطلقاً پایدار است و هیچ تابشی گسیل نمی کند.

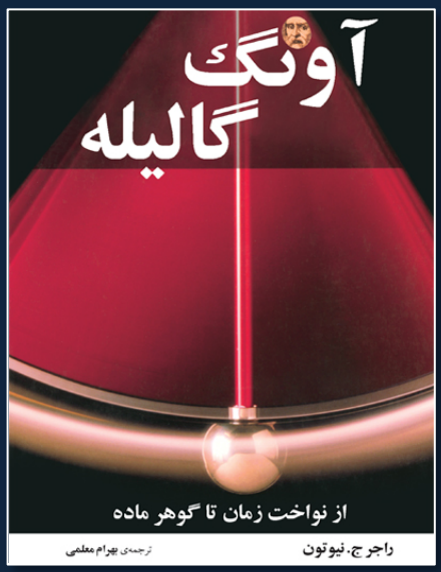
هر سیستم فیزیکی که در قالب فیزیک کلاسیک دارای گستره پیوسته انرژی ها توصیف می شود، وقتی کوانتیده می شود (دستخوش قوانین کلی مکانیک کوانتومی قرار می گیرد)، ناگزیرخواهد بود که در طیف خاص و قابل پیش بینی و محاسبه ای از انرژی ها وجود داشته باشد و نه در طیف دیگری.در سیستم های دیگر ، ممکن است این طیف از گستره پیوسته انرژی ها یا مجموعه ای از مقادیر گسترده یا هردو تشکیل شوند. افزون بر این ، دو سیستم از یک نوع ، مثلا دو اتم هیدروژن ، با انرژی یکسان کاملا تمییز ناپذیرند.

در خلال نیمه دوم قرن بیستم ، نظریه های میدان کوانتومی بسیار دیگری بر پایه مدل الکترودینامیک کوانتومی پرداخته است ، هرچند که هنوز کاملا به موفقیت کامل در محاسبات دقیق نرسیده اند. در نتیجه ، تمامی اجزای تشکیل دهنده شناخته شده ماده در عالم را اکنون کوانتوم های متنوعی از میدان ها می دانند و تمامی نیروهای برقرار بین کوانتوم ها به استثنای گرانش ،کوانتوم های خودشان را نیز تولید می کنند. تمامی این کوانتوم ها اساسا از نوع یکسانی سازوکار ریاضی، یعنی کوانتش نوسانگرهای هماهنگ ناشی می شوند که تراز آنها هم فاصله اند. همین حکم در خصوص ارتعاشاتی که به عنوان صوت شنیده می شوند صادق است. این ارتعاشات نیز تابع قوانین کوانتومی هستند و از این رو آنها را متشکل از ذرات به نام فونون یافته اند. (از آنجا که بسامدهای صوتی بسی پایین تر از بسامدهای نورند، رابطهٔ پلانک حکم می کند که انرژی تک تک فوتون ها گرایش به آن سو داشته باشد که از بسامد فوتون ها کمتر

باشد.) افزون بر این حتی نظریه ها و حدس و گمان های جاری و مروسوم که بین نظریهٔ نسبیت عام اینشتین و کوانتوم آشتی ای برقرار می کند که دیری است همگان چشم به راه آن بودند، که در جامه های گوناگون شان به عنوان نظریهٔ اَبَر ریسمان شناخته شده اند، در حکم عنصر اساسی خود خواص آونگ سادهٔ گالیله را به کار می گیرند- مانند ارتعاش های تار چنگ در ابعاد بالاتر.

آونگ نوسان گر و موزون ما را به مسیری دراز و پرپیچ هدایت کرده است ، که فقط نقطه آغاز نتطیم زمان به وسیله ساعت های پایدارو قابل اعتماد بود، وبرای زندگی روزمره ما نظم و نواخت به ارمغان آورد. باور هدایتگر اکثر دانشمندان این است که طبیعت سرانجام خود را هم هماهنگ و هم ساده ظاهر می سازد ؛ در غیر این صورت برای گشودن راز و رمز های آن چندان بختی با ما یار نخواهد بود. همان چیزهای جزئی و اندکی که گالیله توانست در این خصوص تشخیص دهد که نوسانگر هماهنگ، که همگامی آن را در جوانی اش کشف کرد، بنیادی ترین و فراگیرترین سیستم فیزیکی در این جهان از آب درآمد و یکی از سنگ بناهای تعیین کننده برای فهم ما از طبیعت به شمار می آید.

بنیاد بین المللی تئوری ها و دکترین ها
The International Foundation of Theories and Doctrines



آونگ گالیله؛ از نواخت زمان تا گوهر ماده

نویسنده : راجر.ج. نیوتون

ترجمه: بهرام معلمی

انتشارات مازیار

آدرس سایت :

www.iftad.org

آدرس ایمیل :

books@iftad.org