اندازه گیری لحظات

نوشتهٔ ژان ماتریکون

از شاخص آفتابی تا ساعت اتمی، تلاش برای دستیابی به واحدهایی کوچکتر از ثانیه

زمان هم آشناترین و هم گیج کننده‌ترین مفاهیم است. مفهومی است که انسان می‌داند هیچگاه به طور کامل آن را درک نخواهد کرد. حداکثر امیدواری این است که از زمانی که در اختیار هر فرد قرار می‌گیرد بتوان حداکثر استفاده را کرد.

زمان را چگونه می‌توان اندازه گرفت؟ درازا، حجم، جرم یا انرژی؟ تقریباً همهٔ پدیده‌های مادی جهان پیرامون ما در برابر انسان تسلیم شده‌اند. اما زمان یک استثناست. نمی‌توان تکه‌ای از زمان را برید و آن را با تکه‌ای دیگر که از جای دیگر تهیه شده است مقایسه کرد. برای اندازه‌گیری زمان، باید پدیدهٔ دیگری را که تحت کنترل ما قرار دارد و به طور یکسانی تکرار می‌شود، برگزینیم. ما خودِ زمان را اندازه‌گیری نمی‌کنیم، بلکه مظاهر و تجلیات زمان را از طریق انتخاب یک پدیدهٔ طبیعی اندازه می‌گیریم.

گذشته از دشواری ذاتی اندازه‌گیری زمان، مشکل دیگری نیز وجود دارد که از گنگی و ابهام در خود آنچه اندازه‌گیری می‌شود برمی‌خیزد. بیشتر دستگاههایی که برای این منظور ساخته شده‌اند، *فواصلی از زمان یا دوام یک پدیده* را اندازه می‌گیرند، مفاهیمی که برانگیزندهٔ احساس برگشت ناپذیری حرکت زمان در ما هستند، اما به ما امکان نمی‌دهند که گاه شماری حوادث را به دقت معین کنیم. اندازه‌گیری زمان همچنین به معنای قرار دادن حوادث در ارتباط با یکدیگر یا به عبارت دیگر، تاریخ گذاری آنهاست.

با مرتبط کردن مقیاس زمان به تکرار متناوب شرایط یکسانی که قابل شمارش و محاسبه است، نظیر تقسیمات زمانی حاصل از گردش ستارگان، نظم فصول، اهلهٔ قمر و پدیداری پیاپی روز و شب، امکان می‌یابیم که این گاه‌شناسیها را انجام دهیم.

گاهشماری و تقویم

از روزگار کهن مشاهدهٔ آسمان در روز و شب پیچیدگی حرکت ستارگان را آشکار ساخته بود. یک گردش کامل زمین به دور خود در ارتباط با ستارهٔ قطبی (یک روز نجومی) چهار دقیقه کمتر از بیست و چهار ساعت است. دیدار فارغ‌البال خورشید برگرد دایرة البروج با ۱۳ قمرش ۳۶۵ و یک چهارم روز به طول می‌کشد. این حرکت هر روز کمی میان خورشید و ستارگان فاصله می‌اندازد و یک روز شمسی بیست و چهار ساعته پدید می‌آورد. گردش ماه نیز به دور زمین ــ یعنی از یک ماه نو تا ظاهر شدن ماه نوی دیگر ــ حدود بیست و نه روز و نیم به طول می‌انجامد.

تمامی این اطلاعات به دقت توسط ستاره‌شناسان و منجمان بابلی در ۱۸۰۰ سال قبل از میلاد تهیه شده بود. از این اطلاعات برای تهیهٔ یک تقویم قمری استفاده شد که در آن ماه را گاه بیست و نه روز و گاه سی روز درنظر می‌گرفتند. پیش‌بینی و تعیین این فواصل به دانش قابل توجهی در مورد حرکتهای ظاهری خورشید و ماه نیاز داشت. مصریها که زندگیشان با طغیان نیل پیوند داشت تقویمی تهیه کرده بودند که سال را دقیقاً ۳۶۵ روز درنظر می‌گرفت. این امر هر چهار سال میان سال تقویم و سال خورشیدی و بنابراین سال کشاورزی (فصلی)، یک روز فاصله می‌انداخت. از این قرار سال رسمی (تقویم) تنها هر ۱۴۶۰ سال یکبار با سال خورشیدی انطباق پیدا می‌کرد!

تقریباً تمامی تمدنها تقویمهای خود را یا براساس ماهِ قمری یا سال خورشیدی ایجاد کرده بودند و این کار را علی‌رغم این دشواری ذاتی که سال از شمار صحیحی ماه قمری تشکیل نمی‌شود انجام می‌دادند. بنابراین هر تمدنی سیستم کمابیش ثابت و پایدار و کمابیش اختیاری برای کم و زیاد کردن ماهها اختراع کرد. این کار قدرت زیادی در دستهای سلسله مراتب مذهبی یا سیاسی که این تصمیم را می‌گرفت قرار می‌داد. هر چند امروزه این تغییرات دیگر اختیاری نیست، اما تنوع گستردهٔ تقویمها و فرهنگهای ناشی از آنها، پابرجا مانده است.

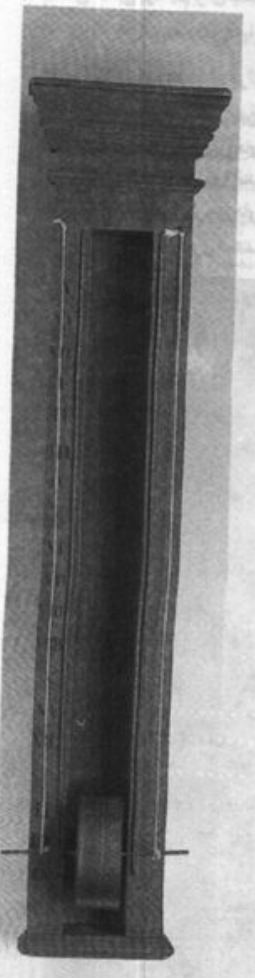
نقش تقویم از دوران باستان تاکنون تغییر نکرده است. تقویم تکرار دوره‌ای پدیده‌های طبیعی نظیر جذر و مد و فصلها و اعمال انسانی نظیر مراسم مذهبی و مدنی را نشان می‌دهد. تقویم همچنین گاهشماری از حوادث را امکان‌پذیر می‌سازد، بدین ترتیب که به هر حادثه‌ای تاریخ و مکان دقیقی در سیر زمان نسبت می‌دهد. تقویم بدون تردید یکی از پایاترین اجزای هر جامعه و یکی از خصوصیات ویژهٔ آن است.

نیازهای زندگی مذهبی و خانوادگی، نوعی مقیاس زمانی یا گاهشماری شب و روز را ایجاب می‌کرد. مصریها منجمان ورزیده‌ای بودند و فهرستی از ستارگانی تهیه کردند که هر روز پیش از طلوع خورشید طلوع کرده و بدینسان از فرارسیدن آخرین ساعت شب خبر می‌دادند. مصریها برای سهولت تصمیم گرفتند که نقش منادی طلوع خورشید را برای یک دورهٔ ده روزه به ستارهٔ معینی واگذار کنند. آنها به این منظور جدولهایی تهیه کردند که در آن نظم طلوع و غروب ستاره برای هریک از شبهای سال نشان داده می‌شد. بنابراین برای ۳۶۵ روز سال سی و شش دورهٔ ده روزه وجود داشت. طی شبهای کوتاه تابستان دوازده برآمد از این ستارگان مبشر مشاهده می‌شد. از این رو مصریان

ژان ماتریکون، دانشمند فرانسوی و استاد فیزیک دانشگاه پاریس VII (Jussieu). مشاور علمی نمایشگاه «اختراع زمان» بود که در ۱۹۸۹ در لاویلت، شهر علم و صنعت در پاریس تشکیل شد. در این نمایشگاه، همراه با جولیان رومت کاتالوگی تهیه کرد تحت عنوان «زمان و انسان» که در اکتبر ۱۹۹۱ به وسیلهٔ انتشارات جیبی کالکشن اکسپلورای پاریس تجدید چاپ خواهد شد.

اینتی هواتانا در شهر ماچوپیچو (پرو) که قلعهٔ نظامی باستانی اقوام اینکا بود. این اثر که از سنگ تراشیده شده و با دیوارها، درها و معابر احاطه شده به نظر می‌رسد که یک تقویم خورشیدی باشد.

یک ساعت آبی (بنگان) فرانسوی مربوط به اوایل قرن نوزدهم. آب در یک طبلک استوانه‌ای که به وسیلهٔ دیواره‌های سوراخ‌داری تقسیم شده است ریخته می‌شود. آب به تدریج از سوراخها جاری شده و موجب چرخیدن طبلک می‌شود. طبلک با باز شدن دو ریسمان که به محورش متصلند پایین می‌آید و میان درجات حرکت می‌کند.



تصمیم گرفتند که شب را به دوازده «ساعت» تقسیم کنند.

طی روز نیز مصریان با استفاده از ارتفاع خورشید و سایه‌ای که به وسیلهٔ یک ستون یا گنومون بر یک مقیاس مدرج می‌افتاد گذشت زمان را اندازه می‌گرفتند. از اواسط هزارهٔ دوم ق م ما با این «خط کشهای خورشیدی» روبه رو می‌شویم که روز را به دوازده ساعت تقسیم می‌کردند. از این رو می‌توان گفت که روز بیست و چهار ساعته را مصریان اختراع کرده‌اند. اما این ساعتها به دلیل اینکه طول روزها و شبها در سراسر سال متغیر است، اندازهٔ یکسانی ندارند.

قدیمی‌ترین شاخصهای آفتاب به مصریها تعلق دارد، اما قطعی است که وسایل مشابهی از خیلی پیش در دیگر تمدنها نیز وجود داشته است که برجسته‌ترین آنها چین بابل و آمریکای پیش از کریستف کلمب هستند.

شاخص آفتاب که از یک چوب ساده که به طور عمودی در زمین فرو می‌کردند تا وسایل ظریفتر و بهتری را دربر می‌گرفت که با استفاده از آن تا اواخر قرن گذشته ساعتهای مکانیکی با خورشید تنظیم می‌شدند، در تمامی تمدنها و تمامی نقاط زمین قابلیت خود را به عنوان قابل اعتمادترین، دستیاب ترین و دقیقترین زمان سنج به اثبات رسانیده است... البته با این شرط که آفتاب بتابد.

نخستین وسایل مکانیکی

از همان ابتدای تاریخ وسایلی که مدت یا دوره‌های زمان را اندازه می‌گرفتند و به کار افتادن و یا آغاز به کار آنها را استفاده کننده به دلخواه انتخاب می‌کرد، در کنار وقت نگهدارهای گاهشناختی مشاهده می‌شدند.

قدیمی‌ترین ساعت آبی شناخته شده به ۱۴۰۰ ق م مربوط می‌شود. این ساعت از یک ظرف مخروطی شکل تشکیل می‌شد که در ته آن سوراخی تعبیه شده و خطوط مدرجی به طور افقی در داخل ظرف رسم شده‌اند. ظرف را از آب پر می‌کردند و با خالی شدن آب، سطح آب باقیمانده، زمانی را که از پر شدن ظرف

می‌گذشت نشان می‌داد. اشکال بی‌نهایت متنوعی از این ساعت آبی (پنگان) در تمدنهای گوناگون ساخته شده است.

از زمان یونان و روم روش استفاده از قدرت آب برای به کار انداختن سیستمی از چرخ دنده‌ها که به نوبهٔ خود شاخصهای نمایش زمان را به کار انداخته و علایم صوتی ایجاد می‌کند، روش شناخته شده‌ای بوده است. این سنت دوام یافت و شیوهٔ کار به وسیلهٔ عربها تکمیل شد. در سال ۶۰۲ هجری الجزاری ساختن وسایل مجالبی را تشریح کرد که هم به عنوان ساعت و هم تقویم نجومی عمل می‌کردند.

یک ساعت نجومی عظیم که با نیروی آب کار می‌کرد و در یک برج دوازده متری تعبیه شده بود، در ۱۰۹۴ به وسیلهٔ سوسونگ در چین ساخته و تکمیل شد. از این ساعت تنها یک شرح مکتوب باقی مانده است.

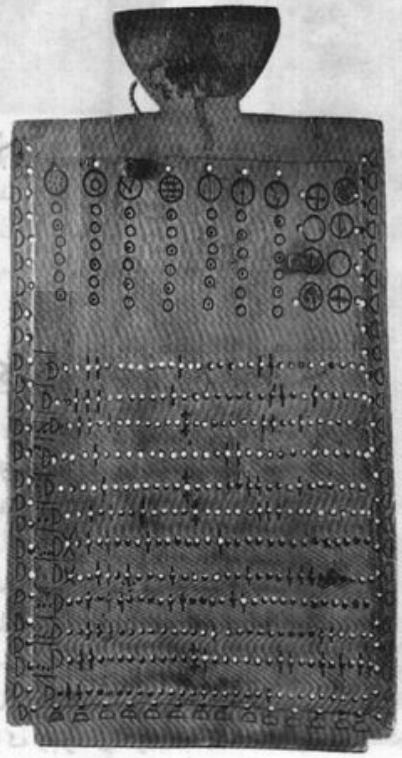
اعلام زمان

همین قدر که ماشینهای اعلام کنندهٔ زمان ساخته شده‌اند نشان می‌دهد که نیازی به آنها وجود داشته است. در قرون وسطا، اکثریت بزرگی از جمعیت جهان را دهقانان تشکیل می‌دادند و زمانی که خورشید در آسمان نشان می‌داد برای مقاصد کشاورزی کافی بوده است. اما شناخت دقیق وقت روز ضرورت زندگی مذهبی بود. هم برای مسلمانان و هم برای مسیحیان واجب بود که زمان عبادت را دقیقاً و با وسواس رعایت کنند. دیگرانی که به دانستن وقت صحیح روز نیاز داشتند، منجمان و ستاره‌شناسان بودند که هر چند به شمار اندک بودند، ولی در تمامی کشورها به مرکز قدرت تقرب داشتند. این نیاز در جهان اسلام و دیگر نقاطی که شرایط اقلیمی استفاده از شاخصهای آفتابی یا ساعتهای آبی را امکان‌پذیر می‌ساخت، برآورده می‌شد. اما در مناطقی نظیر اروپای شمالی که خورشید غالباً پشت ابرها پنهان، روزها در زمستان کوتاه و آب در معرض یخ زدن است، نبود.

در قرنهای یازدهم و دوازدهم شکل جدیدی از زندگی شهری در اروپا گسترش یافت. بانکها و صنعت موجودیت یافتند و حرفه‌ها رونق گرفتند. این فعالیتها همراه خود نیاز به وجود وسایل دقیقتر اعلام زمان را که به طور دائم در دسترس باشند، پدید آوردند. دستگاههای قدیمی منظور را برآورده نمی‌ساختند. در پایان قرن سیزدهم زمان برای اختراع ساعت مکانیکی که با وزنه و پاندول کار می‌کرد، فرا رسیده بود. ظهور این وسایل یکی از نقاط عطف بزرگ تاریخ علم و تکنولوژی را رقم زد.

ساعتهای اولیه نه دقیق و نه قابل اعتماد بودند، اما روشی که آنها برای اندازه‌گیری زمان ارائه می‌دادند ــ روشی مستقل از ستارگان یا آب و هوا و محصول خالص نبوغ انسانی ــ انقلابی در شیوهٔ زندگی پدید آورد. ابزارهای جدید هم‌آهنگ با حرکت پاندول راه خود را به سوی تمدن تکنولوژیک و صنعتی امروز باز کردند.

از قرن سیزدهم تا قرن بیستم در پاسخ به تقاضاهای فزاینده، ساعتهای مکانیکی به طور دائم، اصلاح، دقیقتر، قابل اعتمادتر، کوچکتر و کم‌هزینه‌تر شده‌اند. ساخت نخستین ساعتها یک سال به طول می‌انجامید. این ساعتها معمولاً یک ساعت در روز عقب می‌ماندند یا جلو می‌رفتند و تنها حدود ده سال عمر داشتند، در



تقویم اسلامی کنده شده روی چوب (۲۸×۴۱ سانتیمتر) از کشور بنین. دایره‌های قسمت بالا بیانگر روزهای هفته و اوقات مهم روزانه‌اند. دایره‌های پایینی نمایشگر روزهای سال قمری هستند.

یک تقویم امروزی نپالی.

نظریهٔ نسبیت اینشتین

طبق تفسیر لا برویر برجسته‌ترین نکتهٔ نظریهٔ نسبیت انکار اندیشهٔ زمان بدان گونه است که بشر از زمانی که وجود داشت و فکر می‌کرد، در بارهٔ آن می‌اندیشید.

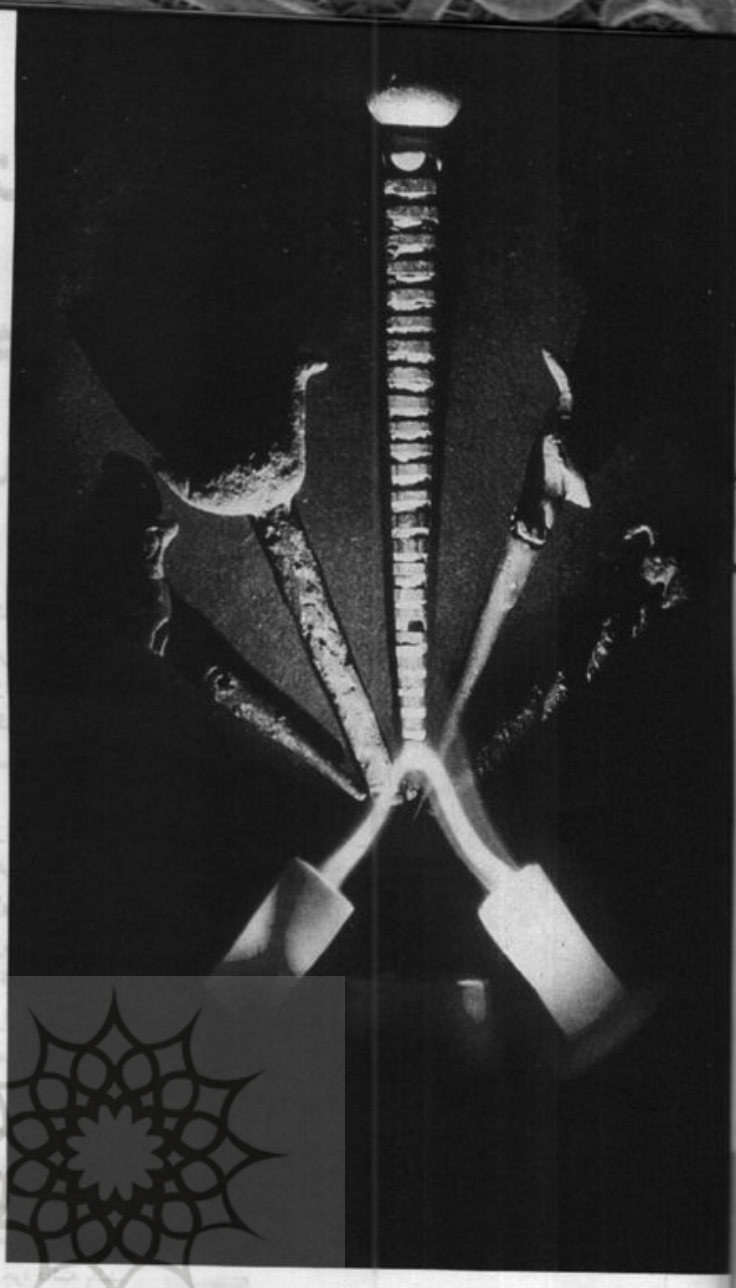
پیتر و پل در اتاق خوابند پل برای قدم زدن بیرون می‌رود. در بازگشت پیتر به او می‌گوید: «تو یک ساعت بیرون بوده‌ای».

پل پاسخ می‌دهد: «از کجا می‌دانی؟ تو تنها می‌توانی بگویی که یک ساعت در این اتاق خواب به سر برده‌ای، زیرا حرکتی نداشته‌ای. اما زمان برای کسی که حرکت می‌کند کمتر می‌گذرد. اگر من با سرعت معمولی پیاده‌روی حرکت می‌کردم غیبت من کمتر از یک ساعت به طول می‌کشید. اگر با اتومبیل حرکت می‌کردم زمان باز هم کوتاهتر می‌شد. و با هواپیما باز هم کوتاهتر. اگر من با سرعت نور حرکت کرده بودم، درست در همان لحظه‌ای که از اینجا رفتم باز می‌گشتم. اگر می‌توانستم با سرعتی سریعتر از نور حرکت کنم قبل از آنکه اینجا را ترک کنم بدان بازمی‌گشتم.»

دانیل برتلو

شیمیدان فرانسوی

(فیزیک و متافیزیک در نظریات اینشتین، پایوت، پاریس، ۱۹۲۲)



سنجاقهای برنزی به دست آمده از شوش (قرن سوم و چهارم ق م) که با طیف سنجی اشعهٔ ماوراء بنفش تجزیه و تحلیل شده‌اند عمر این سنجاقها را از طریق اندازه‌گیری اشعه‌ای که پس از گرم کردن به وسیلهٔ قوس الکتریکی از آنها ساطع می‌شود و مقایسهٔ آن با اشعهٔ مربوط به اشیای دیگر می‌توان به دست آورد.

حالی که بهترین زمان سنج‌های مکانیکی زیرآبی که در قرن نوزدهم ساخته شدند دقتی برابر با یک دهم ثانیه در روز داشته و هنوز هم به همان خوبی کار می‌کنند.

زمان جهانی

تا اواخر قرن گذشته تعداد کمی از مردم به سفر می‌رفتند و آنهایی هم که مسافرت می‌کردند، به کندی راه می‌سپردند. هر شهر و دهکده زمان خاصی متعلق به خود داشت که آن را از روی شاخص آفتابی خود تعیین می‌کرد. کار این شاخص از هر ساعت مکانیکی دقیقتر بود. همهٔ این شرایط با ورود راه‌آهن و تلگراف که به تدریج تمامی شهرهای جهان را در یک شبکهٔ واحد به یکدیگر پیوند می‌دادند، زیر و رو شد. شرایط جدید تمامی شهرها را مجبور می‌ساخت که بر روی یک سیستم زمان منسجم توافق کنند.

یک سیستم بین‌المللی مناطق زمانی که طبق آن ساعت در هر منطقه متفاوت بوده و در عین حال دقایق و ثانیه‌ها با یک زمان جهانی (منظور زمان خورشیدی در نصف‌النهار گرینویچ است) همگام می‌شوند، در ۱۸۸۵ پیشنهاد شد و در کمتر از سی سال در مقیاس جهانی پذیرفته شد. همگام سازی نخست به وسیلهٔ تلگراف تنظیم می‌شد، اما امروزه قمرهای مصنوعی با دقتی برابر یک میلیونیم ثانیه این وظیفه را برعهده گرفته‌اند.

ساعتهای کوارتز و سزیوم

از قرن هفدهم تمامی ساعتهای مکانیکی با نوسان یک پاندول یا یک چرخ تعادل که به یک فنر مویین مارپیچ متصل بود تنظیم می‌شدند. تا قرن بیستم نوسانگر دقیقتری شناخته نشده بود. اما در ۱۹۲۸، در پی کشف این موضوع که ارتعاش مکانیکی یک بلور کوارتز با نوسان الکتریکی همراه است، احتمال جایگزینی چرخهای تعادل قدیم با قطعات مناسب بلور کوراتز مطرح شد.

نخستین ساعتی که از بلور کوارتز استفاده می‌کرد، دست و پاگیر و دارای دقتی متوسط بود. شصت سال بعد به لطف پیشرفت در زمینهٔ الکترونیک، ساعتهایی که با تراشهٔ کوارتز کار می‌کنند، از ظریفترین و بهترین ساعتهای مکانیکی رصدخانه‌ای دقیقترند. تعیین وقت دقیق ناگهان به وسعت امکان‌پذیر شد. هر کجا که باشیم، زمان در مقابل چشمان ماست، زمانی که دقایق و ثانیه‌هایش در سراسر جهان یکسان است.

هنگامی که اتم، نوسانگری جدید و بسیار دقیقتر، در دسترس آزمایشگاههای فیزیک جهان قرار گرفت، حتی گردش زمین که به عنوان استاندارد مطلق زمان به کار می‌رفت نیز نادقیق از کار درآمد. اکنون اتم و به ویژه اتم سزیوم ۱۳۳ پایهٔ استاندارد جدید زمان را تشکیل می‌دهد. دقت بهترین ساعتهای اتمی یک ثانیه در طول یک میلیون سال است. اما دانشمندان هنوز راضی نیستند...

زمان اما چیزی بیش از یک چارچوب مجرد و تنظیم شده برای فعالیتهای ماست که در مقیاس جهانی کنترل شده و در پیرامون ما بر روی میلیونها صفحهٔ ساعت نقش می‌بندد. زمان همچنین زیست آهنگها یعنی تکانه‌های درونی موجودات زنده را که نه صفحه‌ای دارند و نه عقربه‌ای، اما همهٔ موجودات زنده از آنها برخوردارند، در بر می‌گیرد. برخی از این تکانه‌ها چند هزارم ثانیه و برخی چندین سال طول می‌کشند و بیشتر آنها با ریتم ستارگان، روز، ماه یا ریتمهای سالانه همگام هستند.

ظرف چند صد سال انسان مرزهای فضا را جا به جا کرده است، هم به بیرون و به سمت بی‌نهایت بزرگ و هم به درون به سمت بی‌نهایت کوچک. انسان در زمان نیز به همین مقیاسها دست یافته است. ما اکنون قادریم عمر پانزده هزار میلیون ساله کائنات و همچنین یک فمتو ثانیه (یک هزار میلیون میلیونیوم ثانیه) را اندازه بگیریم.

اما مردم تغییری در ریتمهای زندگی خود نداده‌اند. ریتم راه رفتن، ریتم ضربان قلب یا حتی طول عمر خود. ریتمهای زندگی تغییر نکرده است. حتی اگر برخی زمانها ممکن است به نظر طولانیتر یا کوتاهتر از بقیه برسند،اما، زمان برای همگان یکسان است، زیرا به هیچکس تعلق ندارد. ■

ترجمهٔ محمد تقی‌زاده