عقربه‌های خیالی

بلوجک

avayebuf.com

عقربه‌های خیالی

بلوجک

نشر آوای بوف ۱۴۰۲

© AVAYE BUF - 2023

t.me/AVAYeBUF

avaye.buf@gmail.com AVAYeBUF .com

The Imaginary Hands

By: Blue Jack

Publication Technician: Ghasem Gharehdaghi
Publish: Avaye Buf

عقربه‌های خیالی

نویسنده: بلوجک

امور فنی و انتشار: قاسم قره داغی
انتشارات : آوای بوف

978-87-94295-39-0 ISBN:
©2023 Avaye Buf
avaye.buf@gmail.com - www.avayebuf.com

سرشناسه	: بلوجک ، --
عنوان و نام پدید آورنده	: عقربه‌های خیالی/ [کتاب] / مولف: بلوجک؛ ویراستار : رامین .
مشخصات نشر	: دانمارک: نشر آوای بوف ۱۴۰۲ ،
امور فنی و انتشار	: قاسم قره داغی
مشخصات ظاهری	: ۲۵۴ ص.؛ ۵/۱۴×۲۱ س‌م.
شابک	: نشر اینترنتی: ۰-۳۹-۹۴۲۹۵-۸۷-۹۷۸
فهرستنویسی:بر اساس اطلاعات فیپا	978-87-94295-39-0
موضوع	: نقد / علم /ادیان / زبان فارسی
شماره کتابشناسی ملی	: 87-94295-39-5

- نام کتاب: **عقربه‌های خیالی**
- تألیف: **بلوجک**
- ویراستار و صفحه آرا: **رامین**
- چاپ اول: ۱۴۰۲
- ناشر: **انتشارات آوای بوف - دانمارک**
- شابک: ۰-۳۹-۹۴۲۹۵-۸۷-۹۷۸
- قیمت: **رایگان**
- قطع: PDF + EPUB

t.me/AVAYeBUF

کلّیه‌ی حقوق محفوظ است. بازنشر به هر شکل، با ذکر منبع بلامانع است.

جهت هماهنگی برای استفاده به هر شکل و نحو(تکثیر، انتشار و ترجمه و هرگونه استفاده‌ی دیگر) لطفا به ایمیل زیر پیام ارسال کنید:

AVAYE.BUF@gmail.com

لینک دسترسی آنلاین به کتاب: www.AVAYeBUF.com

سخن ناشر

آموزش و پرورش و بالا بردن سطح آگاهی جامعه یکی از وظایف مهم دولت‌هاست. دولت‌های استبدادی عاشقان سانسور و مخالفان شدید رشد و آگاهی مردم هستند. حکومت کردن بر گروهی مردم بی‌سواد، خرافی و ناآگاه از حقوق خویش، برای یک دیکتاتور بسیار مطلوب‌تر و راحت‌تر از حکومت بر مردمی است که به حقوق خویش آشنا هستند.

در سیستم‌های دیکتاتوری، مستبد با پائین نگاه داشتن سطح فهم و آگاهی مردم امکان فرمان‌روایی بیش‌تری برای خود مهیا می‌کند. در جمهوری اسلامی تعداد عنوان کتاب چاپ شده در سال به ۳۲ هزار می‌رسد که بیش از ۹۷ درصد این کتاب‌ها، دینی، فقهی، جعلیات و خرافاتی است که ارزش علمی آن‌ها صفر است. میزان سرانه مطالعه در ایران به‌طور واقعی ۲ دقیقه در سال است. جمهوری اسلامی با آمار سازی و جعل و تزویر این رقم را به ۷۵ دقیقه رسانده که از این مقدار ۱۵ دقیقه مربوط به مطالعه کتاب، ۲۱ دقیقه قرآن و دعا، ۳۲ دقیقه روزنامه و ۷ دقیقه دیگر، نشریه خوانی است که البته این آمار در مورد فنلاند ۴۴، آلمان ۳۴ و سوئد ۳۱ دقیقه در روز است.

نشر اینترنتی آوای بوف نزدیک به دو دهه است که در راستای اطلاع رسانی به چاپ و انتشار صوتی هزاران کتاب ممنوعه و کم‌یاب اقدام نموده و با در اختیار قرار دادن رایگان این مجموعه، سعی می‌کند سهمی در ارتقای فرهنگ و بیداری مردم داشته باشد.

اگر ملتی فهمید و بیدار شد دیگر به راحتی بازیچه دست سیاستمداران بین‌المللی و شیادان سیاسی داخلی نخواهد شد. هدف ما آشنا کردن بیش‌تر مردم با کتاب و کتاب‌خوانی و بیدار کردن خفتگان و نا آشنایان به حقوق انسانی خویش است. تا آگاه نشویم نمی‌توانیم زنجیرهای بردگی و حقیرانه زیستن را پاره کنیم.

هدف ما در اختیار قرار دادن رایگان تمام کتاب‌های صوتی و ممنوعه و کم‌یاب برای هموطنان داخل کشور است که به دلیل سانسور و ممنوعیت یا از لحاظ اقتصادی برای تهیه کتاب در مضیقه می‌باشند.

t.me/AVAYeBUF

آوای بوف با این تفکر که کشور ایران در طی دوره‌های متمادی در زیر یوغ مستبدین رنگارنگ و دور نگاه داشته شده از قافله فرهنگ و تمدن بشری و غرق شدن در منجلاب مذهب و خرافات، احتیاج مبرم به اصلاح و مبارزه فرهنگی برای بیرون آمدن از این منجلاب و پیوستن به قافله‌ی تمدن جهانی دارد، به‌وجود آمد.

در طی سال‌های گذشته با تمام مشکلات و موانع پیش رو، هزاران کتاب ممنوعه و سانسور شده به‌صورت صوتی و پی‌دی‌اف در اختیار علاقمندان و اقشار مختلف فارسی زبان در ایران و جهان قرار گرفته است.

در سال ۲۰۱۹ انتشاراتی آوای بوف در راستای کمک به نویسندگانی که به علت سانسور قادر به چاپ آثار خود در ایران نیستند، اقدام به ثبت خود تحت عنوان انتشارات جهانی نمود که افتخار دارد در راستای عبور از سانسور و با هدف گردش آزاد اطلاعات برای ایرانیان داخل، به‌صورت رایگان در نشر آثار سانسور شده اقدام و این آثار را ثبت جهانی نماید.

لذا از تمامی همراهان عزیز دعوت می شود اگر مسیرشان به گیوتین سانسور جمهوری اسلامی خورده و سرخورده و ناامید از انتشار کتب و آثار خود شده‌اند یا کسی را می‌شناسند که در این مسیر قدم گذاشته، نشر آوای بوف با افتخار این فرصت را برای ثبت و انتشار فراهم نموده است.

نشر آوای بوف

قاسم قره داغی

avayebuf.com

تقدیم به **مهسا**، ماهی که خاموش نشد، ستاره شد.

تقدیم به **زن، زندگی، آزادی**

t.me/AVAYeBUF

دوست خوب و نادیده‌ام **رامین**، تو ثابت کردی که هنوز هم می‌توان بدون هیچ چشم‌داشتی خوب بود. تو برایم نماد مجسم «انداختن نیکی در دجله» هستی.

avayebuf.com

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

۱- سرآغاز سخن ۱۱

۲- سرگذشت مختصر زمان ۱۵
پیش از تاریخ ۱۶
زمانی قبل از زمان ۲۴
از نقص به کمال ۳۰
حلقه‌هایی تودرتو ۳۴
پایان من، پایان زمان ۳۷
زمان من، زمان تو ۴۰

۳- در جستجوی معنا ۶۶
عقربه‌های خیالی ۶۷
پیکانی برای زمان ۷۹
تقدیری به نام آشفتگی ۹۱
زمانی مملو از بی‌زمانی ۱۰۴

۴- سوار بر پیکان زمان ۱۱۶
خط خیالی ناممکن ۱۲۰
سفر به ناکجا آباد ۱۳۲
لمس دستان گذشته ۱۴۹
دشمنان قسم خورده ۱۷۱

۵- دنیایی بدون ساعت ۱۸۰
شمارنده‌های مولکولی ۱۸۴
دنیای من، زمان من ۱۹۰
کارگاه مونتاژ واقعیت ۲۰۸

t.me/AVAYeBUF

۶- سرانجام سخن ۲۲۶

۷- ضمایم ۲۳۰
الف) مقیاس‌های زمانی ۲۳۰
ب) تحولات کیهان تا امروز ۲۳۳
ج) مناطق زمانی بر اساس ساعت هماهنگ جهانی ۲۳۵

۸- منابع ۲۳۶

avayebuf.com

t.me/AVAYeBUF

۱

سرآغاز سخن

امروز تو را دسترس فردا نیست
واندیشه فردات به جز سودا نیست
ضایع مکن این دم ار دلت شیدا نیست
کاین باقی عمر را بها پیدا نیست
– خیام

در طول تاریخ ما با سوالات بی‌پاسخ زیادی روبرو بوده‌ایم. مثلا می‌دانیم که منشا خودآگاهی در مغز است اما هنوز نمی‌دانیم که این قابلیت دقیقا چطور عملی شده است. می‌دانیم که انبساط کیهان را می‌توان با کمک مدل مه‌بانگ توجیه کرد اما نمی‌دانیم عامل ایجاد مه‌بانگ چه بوده است. فقط از ماهیت کم‌تر از پنج درصد از اجزای احتمالی سازنده کیهان آگاهیم و عملا نمی‌دانیم ابعادش چقدر است یا سرنوشت آن به کجا خواهد رسید. نمی‌دانیم که تعریف دقیق حیات چیست و یا این که اصلا چطور به‌وجود آمده است؟ آیا حیات در جای دیگری هم شکل گرفته یا زمین تنها محل شکل‌گیری آن در کل کیهان است؟ آیا ما تنها موجودات هوشمند تمام کیهان هستیم؟ اقیانوس بی‌کرانی از سوالات بی‌پاسخ که ما را به سان قطره‌ای در خود غرق کرده است. یکی از این سوالات، مفهومی به نام زمان است. سوالی که قدمتی به اندازه تاریخ تفکر انسان دارد زیرا به‌طور معمول، هر انسانی که قادر به فکر کردن باشد به احتمال فراوان حداقل یک‌بار به این اندیشیده است که قبل از من، اوضاع

avayebuf.com

از چه قرار بوده و بعد از من چگونه خواهد بود. اصلا این داستان از چه موقع آغاز شده و تا کجا قرار است ادامه داشته باشد. مانند همیشه، ناتوانی ما در پیدا کردن جوابی مستند و موثق برای این سوال، باعث شده که راه برای ساخته شدن پاسخ‌هایی خیالی هموار شود.

تا کنون کتاب‌های متعددی به زبان‌های مختلف در مورد زمان نوشته شده است. به همین علت، نوشتن چیزی که حرف یا حداقل روشی تازه برای بیان داستان زمان داشته باشد کار سختی است. با در نظر گرفتن این موضوع و همچنین برای پرهیز از تکرار مکررات، سعی کرده‌ام که در این جا رویکردی کمی متفاوت و خاص را دنبال کنم. برای رسیدن به این هدف هم تلاش کرده‌ام تا از زوایای متفاوتی به مفهوم زمان نگاه کنم. تنوعی که نیاز به ساده‌نویسی، خلاصه‌گویی، پرهیز از به حاشیه رفتن‌های فراوان و البته عامه‌فهم بودن محتوا را دوچندان می‌کند زیرا هدف اصلی این اثر، آگاهی‌بخشی عمومی و نه لزوما سخنرانی برای متخصصین و صاحب نظران است.

ما باید بتوانیم با زبانی مشترک با یک‌دیگر صحبت کرده و داده‌هایمان را به شکلی ساده به اشتراک بگذاریم. پیچیده‌گویی و سخن‌پراکنی نامفهوم اگر عمدی باشد می‌تواند نوعی خودنمایی یا نشانه ضعف شخصیت و اگر غیرعمدی باشد هم ممکن است نشانه ناتوانی در برقراری ارتباط یا نوعی خودخواهی و عدم توجه به دیگران باشد. البته که سادگی بیش از حد هم حداقل دو عیب مهم را در پی‌دارد. در مرتبه نخست، ممکن است موجب ارایه مثال‌های نادقیق و ایجاد تصور اشتباه در ذهن خواننده شود. عیب دیگر این است که ممکن است موجب کسالت اکثریت خوانندگان شود زیرا مطالب بیش از حد ساده برای آن‌ها پیش پاافتاده خواهد بود. در نتیجه، هنر یک نویسنده در زمان توضیح مفاهیم دشوار و به خصوص موضوعات علمی پیچیده باید این باشد که سعی کند همواره گفته‌ها و نوشته‌هایش فراتر از دو مرز سادگی و پیچیدگی بیش از حد نروند. اعتراف می‌کنم که برخی از مفاهیم مطرح شده در این کتاب برای یک فرد معمولی و غیرمتخصص دشوار است، دشوارتر از تمام چیزهایی که تاکنون نوشته‌ام. تعجبی هم ندارد زیرا واقعا با مفهوم سختی روبرو هستیم. به همین خاطر، اصلا جای شماتت نیست که محتوای هر بخش را چندبار بخوانید و روی هر قسمت، قدری بیش‌تر از حد معمول تامل کنید. با این‌حال، سعی کرده‌ام که با توسل به

t.me/AVAYeBUF

زبانی نزدیک به زبان عامیانه و به شکلی ساده و غیرتخصصی، مفاهیم را جوری بیان کنم که حداقل برای یک فرد معمولی شوکه‌کننده نباشند. به همین خاطر است که اگرچه بخش قابل توجهی از این کتاب به فیزیک زمان پرداخته اما شما اثری از فرمول‌های ریاضی در آن نمی‌بینید.

اگر بخواهم به شکلی مختصر، محتوای این کتاب را توصیف کنم، می‌توانم بگویم که در فصل اول، نگاهی به تاریخ و طرز فکر بشر در مورد مفهوم زمان انداخته می‌شود. جایی که ما نحوه رشد طرز فکر اجدادمان درباره زمان را ملاحظه می‌کنیم. اگر خیلی از خواندن آن لذت نبردید، قدری تحمل کنید چون اوضاع در فصل‌های بعدی بهتر می‌شود. در فصل دوم، به دنبال شکافتن مفهوم زمان و رسیدن به پاسخ این سوال خواهیم رفت که زمان واقعا چیست. تعریفی که البته حداقل با آن‌چه می‌دانیم در تناقض نباشد، هرچند که ردپای خیال‌پردازی هم در آن دیده می‌شود. در فصل سوم پایمان به موضوع سفر در زمان باز می‌شود. جایی که سعی می‌کنم با اشاره به آن‌چه تا امروز می‌دانیم به امکان‌پذیری موضوع سفر به گذشته و آینده بپردازم. در نهایت هم به فصل چهارم خواهیم رسید که در آن‌جا، زمان بیرونی را رها کرده و به سراغ دنیای درونی می‌رویم. جایی که با شمارنده‌های مولکولی آشنا شده و در نهایت به سراغ کارگاه مونتاژ واقعیت خواهیم رفت. سعی کرده‌ام که در این فصل، نحوه ساخته شدن زمان و ادراک آن را به زبانی ساده شرح دهم.

گذشته از تعریف مفهوم زمان، یک حقیقت مسلم است. ما انسان‌ها، ما محکومان به فهمیدن و رنج کشیدن، روزی به پایان خط رسیده و پس از آن، زمان همه ما را خواهد بلعید. تمامی خاطرات، رنج‌ها، شادی‌ها، امیدها و دغدغه‌های در مجموع بی‌اهمیتمان، چنان در زیر آوار اتفاقات تازه دفن خواهند شد که انگار اصلا هیچ‌گاه وجود نداشته‌ایم. عمری بسیار کوتاه که بیش‌تر ما خیلی به نحوه سپری شدن آن اهمیت نمی‌دهیم. به قول سِنکا، فیلسوف رواقی یونان باستان: «ما موقع خرج کردن ثروت یا دارایی‌های ارزشمند، خیلی حواسمان هست که چطور آن‌ها را مصرف کنیم اما وقتی پای زمان، یعنی ارزشمندترین دارایی ما به میان می‌آید، انگار نه انگار که مشغول خرج کردن چه چیزی هستیم. این دارایی یک‌بار مصرف و بی‌بازگشت را صرف هر کسی و هر چیزی می‌کنیم». اکثر ما انسان‌ها به همین صورت،

avayebuf.com

زندگی یک‌نواخت و تکراری خود را به پایان رسانده و نهایتا به جز تولید یک یا چند رونوشت از روی خودمان، چیز خاص دیگری برجای نمی‌گذاریم. در این گیتی به نظر بی‌پایان و در این فرصت محدود که با چشم برهم زدنی به پایان می‌رسد، شاید اگر کمی بیش‌تر به این توجه می‌کردیم که ما بسیار تنهاتر، ناچیزتر و البته ترحم برانگیزتر از آنیم که مغرور باشیم و سرنوشتی جز محو شدن در «نیستی» منتظرمان نیست، قدر یک‌دیگر را بیش‌تر می‌دانستیم. شاید این‌قدر خودمان را درگیر عقاید و تعصبات، خودخواهی و حرص‌های تمام‌نشدنی نمی‌کردیم و به جای آن‌ها پرسش‌گری، دانایی، بی‌آزاری و هم‌نوع دوستی را نشانده و دنیا را به جای قابل تحمل‌تری تبدیل می‌کردیم. می‌دانم که شرارت، ریاکاری و بدذاتی روزافزون و رایجی که در میان انسان‌ها می‌بینیم چقدر ما را از هم‌نوعانمان ناامید کرده اما چه بخواهیم و چه نخواهیم، ما انسان‌ها موجوداتی اجتماعی و محتاج به یک‌دیگریم. حداقل هنوز که چنین هستیم و اگر قصد زندگی کردن داریم فعلا چاره‌ای جز تحمل یک‌دیگر نداریم.

در پایان باید بگویم که همواره خودم، افکارم و نوشته‌هایم را مملو از خطا و کاستی می‌بینم و به همین خاطر است که این اثر را هم مبرا از قصور و کاستی نمی‌دانم. با این‌حال، اذعان می‌کنم که هدف این کتاب مهم‌تر از خطاهای سهوی آن است. هدفی که می‌خواهد چیزی را به خواننده‌ای ناشناس ارایه کند که زمانی خودم محتاج آن بودم. مانند نامه‌ای در بطری که ساکن جزیره‌ای دورافتاده برای جویندگان احتمالی آن به آب می‌اندازد. شاید چنین دانشی روشن‌گر افکار و اصلاح‌کننده کردار باشد. مخصوصا در جامعه‌ای که نه تنها آزادی در آن سلاخی شده بلکه آن نیم‌چه آموزش موجود هم بیش‌تر از آن که آگاهی‌دهنده و رهایی‌بخش باشد، مسموم‌کننده و تاریکی‌بخش است.

تابستان ۱۴۰۱

با مِهری بی‌کران - بلوجک

t.me/AVAYeBUF

۲

سرگذشت مختصر زمان

زمان چیست؟ اگر کسی از من نپرسد، می‌دانم (که چیست) اما اگر بخواهم آن را برای کسی توضیح بدهم، به سادگی باید بگویم که نمی‌دانم.
– سنت آگوستین (اعترافات)

خواندن کتابی در مورد زمان به این معناست که شما وقتتان را تلف می‌کنید تا شاید کمی بیش‌تر در مورد آن‌چه تلف کرده‌اید بدانید. چه شاید بزرگی، چه قمار عجیبی! اگر پس از خواندن این پیش‌درآمد دلسردکننده هنوز شوقی برایتان باقی مانده، پس بیایید تا با هم داستان زمان را با شیرجه‌ای به اعماق تاریخ آغاز کنیم. از لحاظ تاریخی، معمولا سه نوع طرز فکر اصلی در مورد زمان با ما همراه بوده که عبارت‌اند از زمان دوری، ماورایی و خطی. زمان دوری یا حلقوی که طبیعی‌ترین و بنیادی‌ترین شکل ادراک زمان محسوب می‌شود به زمانی اشاره دارد که فاقد نقطه شروع و پایان مشخص است و تنها متشکل از چرخه‌هایی تکراری و ظاهرا بی‌پایان می‌باشد. همان چیزی که هر موجود زنده‌ی دارای قدرت فهم و ادراک می‌تواند هنگام مواجهه با چرخه‌های مداوم شب و روز یا تکرار سالیانه فصول به وجود آن پی ببرد. زمان ماورایی که قدمت کم‌تری دارد، برخلاف زمان دوری، مفهومی مصنوعی و ذهنی است. مفهومی که ما آن را بر مبنای نیازمان به ابدیت و جاودانگی بنا

avayebuf.com

کرده‌ایم و در هیچ جاندار دیگری به جز انسان دیده نمی‌شود. ایده‌ای که می‌گوید زمان‌های دوری و خطی، تنها میان‌پرده‌هایی موقت در نمایشی بزرگ‌تر به نام جاودانگی و ابدیت هستند. مطابق این ایده، اگرچه در این خط زمانی، جریان زمان هم‌چنان وجود دارد اما برخلاف زمان متداول، چنین جریانی منجر به فساد و زوال نمی‌شود. باوری که در باطن خود با تناقضی اساسی مواجه است که کمی بعدتر به آن بازخواهیم گشت. در نهایت هم به طرز فکر خطی می‌رسیم که به نوعی از زمان اشاره دارد که دارای شروع و پایانی مشخص است. به این معنی که زمان روزی آغاز شده و روزی هم به پایان می‌رسد. در نتیجه، هرچه از شروع آن می‌گذرد، از مبدا زمان دورتر و به پایان آن نزدیک‌تر می‌شویم. سعی من این خواهد بود که در بخش‌های پیش رو، مروری کوتاه بر نحوه شکل‌گیری این مفاهیم در میان فرهنگ‌های مختلف در دوره‌های زمانی متفاوت داشته باشم تا ببینیم بنیان‌های طرز فکر امروزی ما در مورد زمان چطور شکل گرفته است.

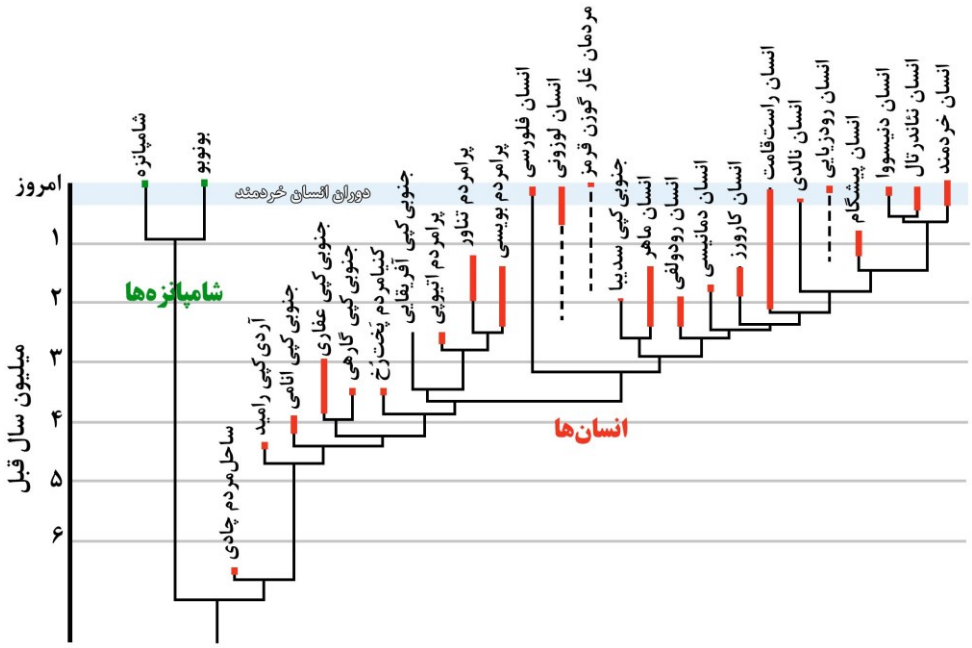
پیش از تاریخ

خیلی نمی‌توان در مورد این که مفهوم زمان برای یک انسان خردمند در دوران پیش از تاریخ به چه صورت بوده است با قطعیت صحبت کرد اما می‌توان با کمک شواهد و مدارک موجود، به حدس‌هایی محتاطانه و البته منطقی روی آورد تا به یاری آن‌ها خراش‌هایی بر سطح این نادانی بیاندازیم. مطابق آخرین یافته‌ها، ردپای حضور انسان خردمند را می‌توان حداقل تا جایی در حدود ۳۰۰ هزار سال پیش در *جبل ایرهود*[1] واقع در مراکش امروزی دنبال کرد [۱]. موجودی که همانند نیاکان خودش زمان را به مانند چرخه‌هایی بی‌پایان از شب و روز یا در مقیاسی بزرگ‌تر، به شکل تغییرات سالیانه و فصلی می‌دیده است. ما می‌دانیم که در این ۳۰۰ هزار سال، انسان‌های خردمند در دوره‌های مختلف، حداقل با هشت گونه دیگر از خانواده انسان‌ها هم‌عصر بوده‌اند (تصویر ۱). مثلا انسان‌های نئاندرتال که در اروپای سردسیر می‌زیسته‌اند یکی از آن‌ها بوده‌اند. خویشاوندان نزدیک آن‌ها یعنی انسان‌های دنیسووا غالبا در مرکز و شرق آسیا و انسان‌های رودزیایی که در مرکز آفریقا

[1] Jebel Irhoud

t.me/AVAYeBUF

ساکن بوده‌اند دو گونه دیگر از این انسان‌ها هستند. همچنین گونه‌ای بدوی‌تر مانند انسان راست‌قامت که در اندونزی ساکن بوده در همین دسته قرار می‌گیرد. علاوه‌بر این‌ها، مواردی مانند انسان‌های نالدی (جنوب آفریقا)، لوزونی (فیلیپین)، فلورسی معروف به هابیت (اندونزی) و مورد مرموزی به نام *مردمان غار گوزن قرمز*[1] (جنوب غربی چین) که آخرین بازماندگان انسان‌های باستانی به شمار می‌روند از دیگر گونه‌هایی هستند که می‌توان به آن‌ها اشاره کرد. البته باید گفت که همه آن‌ها تنها همراهانی نیمه‌راه بودند که نهایتا از ۱۰ هزار سال قبل، از صفحه روزگار محو شدند و حالا ما تنها پرچم‌داران خانواده انسان‌ها هستیم.



تصویر ۱: زمان شکل‌گیری و مدت حضور اعضای مختلف خانواده انسان

با این‌حال، تفاوت بزرگ انسان‌های خردمند با سایر انسان‌هایی که هم‌زمان یا پیش از او می‌زیسته‌اند، مجهز بودن اجداد ما به قدرت تفکر انتزاعی بالاتر و میزان احساس و اندیشه بیش‌تر بوده است. موضوعی که سبب شده اجداد خردمند ما بر خلاف سایر هم‌نوعان خود، کم‌کم به سراغ ساختن مفهوم عمیق‌تری از زمان بروند. مفهومی به نام زمان ماورایی که

[1] Red Deer Cave People

avayebuf.com

می‌توان پیدایش آن را با موضوع توجه انسان‌ها به دوران پس از مرگ مربوط دانست. مطابق آن‌چه که تاکنون می‌دانیم این توجه مخصوص، حداقل از حوالی ۱۰۰ هزار سال پیش وجود داشته است. توجهی که رفتارهایی محترمانه مانند دفن آگاهانه اجساد، قرار دادن وسایل دست‌ساخته در کنار اجساد و یا تزئین آن‌ها را شامل می‌شده است [۲]. به زبان دیگر، احتمالا درک اجداد ما از زمان، برای حدود ۲۰۰ هزار سال اول پیدایش آن‌ها، چیزی فراتر از چرخه‌های تکراری روز و سال نبوده است.

پی‌بردن به وجود چرخه‌های تکراری روز و حتی سال برای یک انسان خردمند باستانی موضوع چندان دشواری نبوده زیرا او هر روز طلوع خورشید و هر سال، بیدار شدن و روییدن مجدد گیاهان تازه در بهار را می‌دیده است. با این‌حال، پی‌بردن به وجود چرخه تکراری ماه و در نتیجه وجود دوره زمانی مربوط به آن، احتمالا به این زودی‌ها حاصل نشده است. چنین چیزی به این نیاز داشته که اجداد ما نه تنها به آسمان نگاه کنند بلکه به رخدادها و تغییرات اجزای سازنده آن هم دقت کنند. هرچند شواهد مربوط به علامت‌گذاری و کشیدن خطوط معنی‌دار عامدانه بر روی گِل، سنگ، استخوان و سایر اجسام طبیعی را می‌توان حتی تا ۱۰۰ هزار سال پیش هم دنبال کرد [۳] اما ترسیم خطوط مشخصی که بتوان آن‌ها را حاکی از نوعی شمارش نامید احتمالا به زمان بیش‌تری نیاز داشته است. زمانی که قدرت ادراک و البته میزان تجربه انسان خردمند به حد کافی افزایش یافته باشد.

چوب‌خط‌ها از ساده‌ترین نشانه‌های وجود حساب و کتاب و نوعی شمارش اولیه هستند. به‌عنوان قدیمی‌ترین چوب‌خط احتمالی می‌توان به *استخوان لبومبو*[1] اشاره کرد که قدمت آن به حدود ۴۵ هزار سال قبل می‌رسد (تصویر ۲). با توجه به وجود ۲۹ خط بر روی این استخوان و همچنین با در نظر گرفتن شباهت این اثر به تقویم چوبی قمری *قبایل بوشمن*[2] در کشور نامیبیا، گمان می‌رود که این استخوان، نوعی تقویم قمری بوده که برای آگاهی از روزهای هر ماه، وضعیت ماه و حتی چرخه قاعدگی زنان به کار می‌رفته است [۴]. اگر چنین چوب‌خطی را مبنا قرار دهیم می‌توان گفت که از حدود ۴۵ هزار سال پیش، دقت

[1] Lebombo Bone
[2] Bushman Clans

t.me/AVAYeBUF

اجداد ما به تغییرات اجسام آسمانی مانند ماه به جایی رسید که متوجه وجود چرخه تکراری ماه شدند و حداقل از آن دوران به بعد، برای آن‌ها زمان علاوه‌بر چرخه‌های تکراری روز و سال، تکرارهای ماهانه را هم شامل شده است.

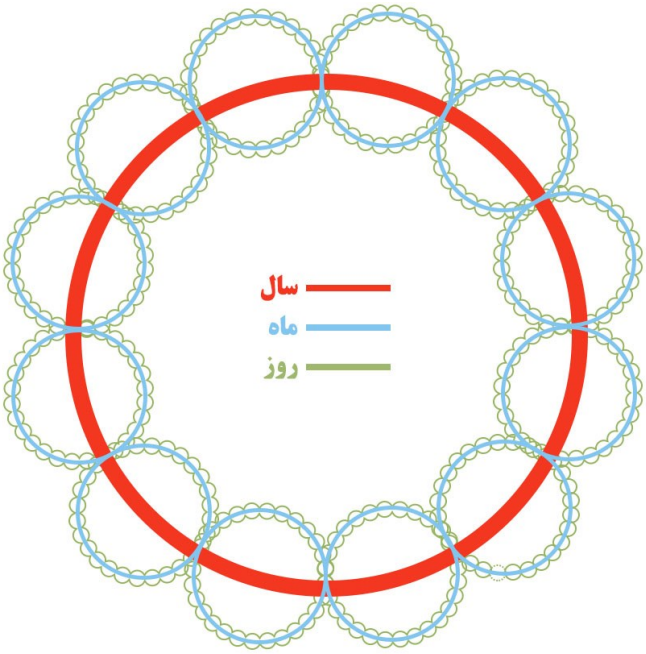
تصویر ۲: زوایای مختلفی از استخوان لبومبو با قدمتی در حدود ۴۵ هزار سال که ممکن است قدیمی‌ترین چوب‌خط کشف شده باشد [۴].

فارغ از این که اجداد ما چه موقع و چطور به چرخه‌های متداول زمانی پی‌بردند باید گفت که این چرخه‌های زمانی برای آن‌ها تنها دورهایی بی‌آغاز و بی‌پایان بوده‌اند. به بیان دیگر، انسان خردمند باستانی جریان ظاهری زمان در محیط پیرامونش را ازلی و ابدی می‌دانسته و خودش را به مانند گُلی زودگذر و فانی می‌دیده که تنها برای مدتی کوتاه جوانه می‌زند، می‌شکفد و در نهایت پژمرده می‌شود. برای اجداد باستانی ما، همه‌چیز با تولد آغاز و به سادگی با مرگ به پایان می‌رسیده است. در نتیجه، فرصتی به نام زندگی برای آن‌ها برابر با دفعاتی بوده که می‌توانستند گردش چرخ زمان را تجربه کنند (تصویر ۳).

همان‌طور که در ابتدای این بخش اشاره شد، نقطه عطفی به مانند توجه ویژه به مردگان حاکی از این است که نحوه فهم زمان توسط اجدادمان در همان سطوح اولیه باقی نماند و

avayebuf.com

با رشد تفکر انتزاعی که آثار اولیه آن را حتی می‌توان تا سه میلیون سال قبل هم دنبال کرد (تصویر ۴)، این موضوع وارد مرحله جدیدی شده است. مرحله‌ای که طی آن با اختراع مفهومی به نام منِ نامیرا و جاودانه که خود ناشی از توسعه و امتداد منِ میرا و فانی به دوران پس از مرگ بوده، خط زمانی ابدیت هم ساخته شده است زیرا از نظر اجداد ما این منِ جدید هم به مانند همان منِ قدیمی و میرا، برای بقا به زمان نیاز داشته است. زمانی که احتمالا در آغاز، چیزی جز چرخه‌های همیشگی و تکراری شناخته شده نبوده است. به این معنی که اگرچه انسان‌ها می‌توانسته‌اند پس از مرگ به شکلی نامریی به بقای خود ادامه دهند اما هم‌چنان گرفتار همان زمان دوری و چرخه‌های متداول زمانی مانند روز، ماه و سال بودند.



تصویر ۳: چرخه‌های زمانی در نظر یک انسان خردمند باستانی

با این‌حال، رشد فکری اجداد ما سبب شده که آن‌ها در این مرحله هم متوقف نشوند و ابدیت را به زمانی ثابت و زوال‌ناپذیر توسعه بدهند. همان‌طور که اشاره شد نشانه‌های اولیه چنین پیشرفتی از حدود ۱۰۰ هزار سال پیش مشاهده می‌شود اما از چه زمانی چنین توسعه‌ای تکمیل شده است؟ تعیین زمان دقیق آن دشوار است اما شاید بومیان استرالیا که

t.me/AVAYeBUF

قدمت سکونت آن‌ها در این قاره حداقل به ۶۵ هزار سال می‌رسد نمونه‌ای خوب از چنین تغییری باشند. در میان باورهای باستانی و کهن این مردمان، مفهومی از زمان وجود دارد که در زبان انگلیسی آن را با نام *زمان رویایی*[1] ترجمه کرده‌اند. این مفهوم را می‌توان یکی از نسخه‌های زمان ماورایی به حساب آورد. زمانی که به باور بومیان استرالیا، انسان‌ها پس از مرگ وارد آن شده و سپس به زندگی ابدی در کنار زندگان ادامه می‌دهند.

تصویر ۴: *قلوه‌سنگ ماکاپانسگات.*[2] سنگی که صورتی شبیه به انسان دارد و قدمت آن حتی می‌تواند به سه میلیون سال برسد. این سنگ در آفریقای جنوبی پیدا شده و از آن به‌عنوان یکی از قدیمی‌ترین آثار طبیعی موید تفکر انتزاعی در میان نیاکان انسان امروزی یاد می‌شود. اثری که اگرچه احتمالا به دست اجداد انسان‌های امروزی ساخته نشده اما توجه آن‌ها را به خود جلب کرده است. به شکلی که پس از یافتنش، آن را برداشته و با خود جابه‌جا کرده‌اند [۵].

زمان ماورایی مفهومی خارج از تجربه و قوه ادراک روزمره آدمی است و رسیدن به چنین مفهومی را می‌توان انقلابی عظیم در شناخت آدمی و نگاهش به مفهوم زمان به حساب

[1] Dreamtime
[2] Makapansgat Pebble

avayebuf.com

آورد. با شکل‌گیری مفهومی به نام زمان ماورایی، اجداد ما شروع به پذیرش چیزی کردند که امکان مشاهده نشانه‌ای از آن در محیط پیرامون وجود نداشته است. زمانی که زوال و فروپاشی در آن ناممکن است. مفهومی مطلقا ذهنی که توسط اجداد ما به دنیای پیرامون هم تعمیم پیدا کرد و روز به روز، شاخ و برگ بیش‌تری به آن اضافه شد. همان‌طور که قبلا اشاره کردم، مفهوم زمان ماورایی که شروع و پایان یا رشد و زوال در آن معنا ندارد، تناقض بزرگی را در بطن خود دارد. اگر از جنبه درونی و فردی به موضوع بنگریم می‌توان گفت در زمانی که ماورایی خوانده می‌شود شما مجبور خواهید بود که با محیط پیرامونتان برهم‌کنش داشته باشید، از آن بیاموزید، اشیا و افراد تازه‌ای ببینید، لذت تازه‌ای کسب کنید، داده‌ای جدید دریافت کنید و در مجموع، مرتبا بر تجربه شما افزوده شود. طبیعتا نمی‌توان گفت فردی که در این خط زمانی قرار دارد همه چیز را می‌داند و نیازی به تجربه هیچ چیزی ندارد زیرا اساس زنده بودن و زندگی کردن بر مبنای کسب داده و تجربه جدید است. در نتیجه، هرچه می‌گذرد شما داناتر و اصطلاحا کهن‌تر می‌شوید و از همین رو، دیگر نمی‌توان گفت که شما در طول زمان ماورایی ثابت مانده و چیزی بر شما افزوده یا از شما کاسته نمی‌شود.

از جنبه بیرونی و محیطی هم اوضاع با مشکلات مشابهی روبرو است. در جایی که هیچ بهار و خزانی در کار نیست، احیا و زوالی رخ نمی‌دهد و رشد و افولی تجربه نمی‌شود، عملا تغییر و تحولی هم در کار نیست. بدون تغییر و تحول هم دیگر قبل و بعد معنی نمی‌دهد. از همین‌رو، اگر قرار باشد در زمان ماورایی، همه چیز به معنای کلمه ثابت باشد و تغییر رخ ندهد، در این صورت دیگر مفاهیمی به مانند گذشته، حال و آینده ممکن نخواهند بود و همه‌چیز مانند سکانسی منجمد، صلب و بی‌حرکت می‌شود. اگر هم معتقد باشیم که زمان ماورایی اصطلاحا جریان دارد مجبوریم که میان گذشته، حال و آینده تمایز قایل شویم. آن‌هم به‌صورتی که بتوانیم این تمایز را تشخیص دهیم. مجبوریم که برای وقایع، قبل و بعدی در نظر بگیریم. برای ممکن دانستن گذشته، حال و آینده هم مجبوریم که به وجود تغییر (هم در محیط پیرامون و هم در افراد) باور داشته باشیم. به زبان ساده‌تر، فارغ از این که این تغییر در چه جهتی است (به سمت گذشته یا به سمت آینده)، ثابت ماندن در گذر

t.me/AVAYeBUF

زمانی که اصطلاحا جریان دارد ناممکن خواهد بود.

در آغاز این بخش اشاره کردم که علاوه‌بر زمان دوری و ماورایی، مفهوم سومی هم از زمان وجود دارد که می‌توان آن را زمان خطی نامید. با این‌حال، نیاکان باستانی ما درکی از زمان خطی نداشته‌اند. آن‌ها عمر خودشان و تغییرات محیطی را نهایتا در قالب چرخه‌هایی متشکل از روز، ماه و سال می‌دیده‌اند. چرخه‌هایی که اندازه‌گیری تعداد آن‌ها عملا نه ممکن بوده و نه حتی ضروری به نظر می‌رسیده است. در نتیجه، اگرچه هر فرد عمر خود یا بهتر بگویم زمان درونی و احساس شده توسط خودش را به‌صورت روندی خطی درک می‌کرده که شروعش تولد و پایانش مرگ بوده اما به زمان بیرونی یعنی آن‌چه ظاهرا در محیط پیرامون جریان دارد، دید خطی نداشته است. به بیان دیگر، هر فرد می‌دانسته که روزی می‌میرد و داستان کوتاه ناچیزش به پایان می‌رسد اما او مرگ را پایان زمان نمی‌دانسته و تنها آن را پایان مهلت تماشای نمایشی ابدی به نام زندگی می‌دانسته است.

برای داشتن دید خطی به مفهوم زمان، وجود مبدا و پایان مشخص و همچنین سیستمی برای شمارش ضروری است. مواردی که اجداد ما از لحاظ فکری و علمی آن‌قدر پیشرفت نکرده بودند که به آن‌ها مجهز باشند. می‌توان گفت که مساله شمارش با پیدایش روش‌های اولیه شمارش و ثبت آن‌ها بر روی اجسام طبیعی مانند چوب، سنگ و استخوان از حوالی ۴۰ تا ۵۰ هزار سال قبل، کم‌کم حل شده است. با این‌حال، موضوع اعتقاد به شروع و پایان مطلق برای چیزی که کاملا ازلی و ابدی احساس می‌شود، حداقل در آغاز، به این نیاز داشته که اجدادمان نه محیط پیرامون و تغییرات احساس شده بلکه افکار خودشان را مبنایی برای قضاوت واقعیت قرار دهند. پیدایش تدریجی چنین طرز فکری را می‌توان با ابداع زمان ماورایی هم‌زمان دانست. به عبارت دیگر، احتمالا تا پیش از پیدایش زمان ماورایی، اجداد ما نتیجه‌گیری‌های خودشان را با مشاهدات و محیط پیرامون تطبیق می‌داده‌اند اما با شروع باور به زمان ماورایی، کارشان به جایی رسید که توصیفاتشان از واقعیت خارجی را با نتیجه‌گیری‌های قبلی و خواسته‌ها و امیال درونی خودشان تطبیق بدهند. به زبان دیگر، ذهنیت‌گرایی اجدادمان کم‌کم شروع به غلبه بر عینیت‌گرایی آن‌ها کرد. رخدادی که ماحصلش رسیدن به مفهوم زمان خطی در چند ده‌هزار سال بعد بوده است. در واقع، زمان

avayebuf.com

ماورایی پلی بوده که امکان رسیدن انسان خردمند از زمان دوری به زمان خطی را ممکن کرده است.

با مجهز شدن اجدادمان به سیستم شمارش، داشتن طرز فکری ذهنیت‌گرا و چند ده هزار سال پیروی از این باور که چون ما آغاز و پایانی داریم (تولد و مرگ)، پس دنیای پیرامون هم باید چنین باشد، کم‌کم موجبات باور به مفهوم زمان خطی فراهم شده است. موضوعی که نتیجه آن را نهایتا می‌توان در جایی دید که اجداد شکارچی-خوراک‌جوی ما کم‌کم به سمت زندگی یک‌جانشینی و کشاورزی رفته و نهایتا تمدن‌های اولیه را تاسیس کردند. هرچند که با شروع یک‌جانشینی، کم‌کم تمدن‌های متعددی شروع به شکل‌گیری کردند اما در این‌جا قصد ندارم که به همه آن‌ها اشاره کنم. به همین خاطر، در ادامه تنها به بررسی مفهوم زمان از نگاه برخی از مهم‌ترین آن‌ها می‌پردازم.

زمانی قبل از زمان

پس از شروع تدریجی یک‌جانشینی که نشانه‌های اولیه آن حداقل از حدود ۱۵ هزار سال قبل در مناطقی مانند شرق مدیترانه دیده می‌شود [۶] کم‌کم شاهد شکل‌گیری تمدن‌ها و فرهنگ‌های مختلفی هستیم. یکی از قدیمی‌ترین نشانه‌های شکل‌گیری تمدن به منطقه میان‌رودان یا بین‌النهرین مربوط است. منطقه‌ای که به سرزمین‌های میان دو رود دجله و فرات اشاره دارد. با توجه به این که در تمدن‌های شکل گرفته در این منطقه (مانند تمدن‌های سومری، آشوری، اکدی و بابلی) حضور افرادی مانند فلاسفه یونان باستان دیده نمی‌شود یا اگر هم چنین افرادی وجود داشته‌اند اثر مشخصی از آن‌ها و تفکراتشان در دست نیست، در نتیجه نمی‌توان برای فهم طرز فکر عمومی مردمان این منطقه به دنبال تفکر فلاسفه و افراد مستقل بود. از همین‌رو، بهترین راه برای پی‌بردن به طرز فکر مردمان این تمدن‌ها، نگاه کردن به آداب و رسوم کلی آن‌ها است.

برخلاف انسان‌های خردمند اولیه و باستانی که فاقد سیستم جامع شمارش و مفهوم رتبه‌بندی اعداد بوده‌اند و در بهترین حالت، تنها مفهومی اولیه و ابتدایی از اعداد را درک

t.me/AVAYeBUF

می‌کردند، ساکنین بین‌النهرین به‌عنوان مخترعان دستگاه اعداد پایه ۶۰ و وضع‌کنندگان رتبه‌بندی اعداد، قادر به شمارش چرخه‌های زمانی بودند. از همین‌رو، آن‌ها می‌توانستند تقریبا همانند یک انسان امروزی با اندازه‌گیری تعداد روز، ماه و سال‌های سپری شده، همواره حساب و کتاب مدت زمان را بر اساس این چرخه‌ها داشته باشند. سومری‌ها که در حدود پنج هزار سال قبل می‌زیستند، موفق شدند با ابداع سیستم اعداد و ایجاد نسبت‌هایی مشخص، در اندازه‌گیری اجرام و مسافت‌ها با مشکلات کم‌تری نسبت به پیشینیان خود روبرو باشند. آن‌ها هر سال که اصطلاحا آن را مو[1] می‌نامیدند را به ۱۲/*یتو*[2] یا همان ۱۲ ماه امروزی تقسیم می‌کردند و هر ماه را متشکل از ۳۰ روز در نظر می‌گرفتند. این تقسیم‌بندی به این خاطر بوده که یک سال مانند یک دایره، متشکل از ۳۶۰ بخش و کاملا ایده‌آل باشد. سومری‌ها هر یک از این بخش‌ها که ما حالا آن‌ها را یک شبانه‌روز می‌خوانیم را *نیچتمرون*[3] می‌نامیدند که مجددا خودش می‌توانسته به ۱۲ قسمت دیگر با نام *دانا*[4] تقسیم شود. از دید یک فرد امروزی، هر روز سومری متشکل از ۱۲ قسمت دو ساعته بوده است. در دوره‌های بعدی مانند آن‌چه در نوشته‌های بابلی دیده می‌شود، حتی تقسیم‌بندی‌های زمان به واحدهای کوچک‌تر هم دیده می‌شود که می‌توان صورت کامل آن‌ها را در جدول ۱ ملاحظه کرد. در این تقسیم‌بندی‌ها، هر یک از ۱۲ قسمت یک شبانه‌روز مجددا می‌توانسته به ۳۰ قسمت کوچک‌تر به نام *آش*[5] تقسیم شود. در ادامه، حتی هر یک از این ۳۰ قسمت هم می‌توانسته به ۶۰ قسمت دیگر به نام *نیندان*[6] تقسیم شود که معادل چهار ثانیه امروزی می‌باشد [۷].

مطابق شواهد موجود، به نظر می‌رسد که سه نوع طرز فکر در مورد زمان در میان تمدن‌های بین‌النهرینی وجود داشته است. دو مورد از این سه طرز فکر که بسیار به هم نزدیک هستند یکی «مدت زمان» و دیگری «چرخه زمان» یا همان زمان دوری بوده‌اند. مفهوم مدت زمان در زبان اکدی که یکی از تمدن‌های بین‌النهرینی بوده با واژه *دارو*[7] یا *دورو*[8] شناخته می‌شده است. واژه‌هایی که خود آن‌ها مشتق شده از کلمه‌ای سامی به نام *دور*[9] هستند که به معنای

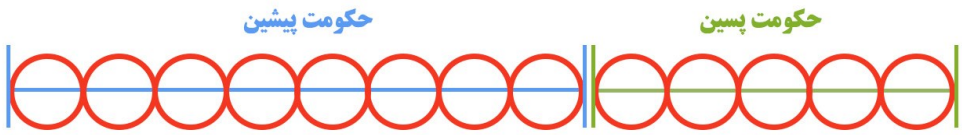
[1] Mu
[2] Itu
[3] Nychthemeron (Ud)
[4] Dana (Bēru)
[5] Uš
[6] Nindan
[7] Dāru
[8] Dūru
[9] Dwr

avayebuf.com

چرخه و گردش است. دومین مفهوم که ساکنان بین‌النهرین به آن باور داشته‌اند، چرخه زمان و نوعی زمان دوری بوده که شباهت زیادی به مفهوم اول داشته است. مفهومی که در زبان سومری با نام *بلا*[1] و در زبان اکدی با نام *پلو*[2] شناخته می‌شده و بیش‌تر به تغییر دوره‌های زمانی مربوط بوده است. یک راه تصور این مفهوم این است که آن را با تغییر نسل‌ها و حکومت‌ها مرتبط بدانیم (تصویر ۵). به این معنی که هر دوره‌ای پس از مدتی بالاخره به پایان می‌رسد و سپس دوره‌ای جدید جای آن را می‌گیرد [۸].

جدول ۱: تقسیم‌بندی زمان توسط ساکنان بین‌النهرین [۷]

واحد	نسبت	**مدت** (امروزی)
نیندان	$\frac{۱}{۲۱۶۰۰}$	چهار ثانیه
آش	$\frac{۱}{۳۶۰}$	چهار دقیقه
دانا	$\frac{۱}{۱۲}$	دو ساعت
نیچترمون	۱	یک شبانه‌روز
ایتو	۳۰	یک ماه
مو	۳۶۰	یک سال



تصویر ۵: مفهوم زمان بلا از نظر مردمان سومری

موضوعی که می‌توان مفهوم آن را با مراجعه به کتیبه چهار هزار ساله فهرست پادشاهان سومری بهتر متوجه شد. فهرستی که حداقل اعداد و ارقام آن چندان قابل اعتماد نیست زیرا جمع ارقام ارایه شده در این فهرست نشان می‌دهد که فقط ۸ پادشاه اول آن، در مجموع ۲۴۱ هزار سال حکومت کرده‌اند [۹]. این در حالی است که نوع بشر تنها حدود

[1] Bala [2] Palū

t.me/AVAYeBUF

۱۵ هزار است که اصلا به یک‌جانشینی روی آورده و قدمت تشکیل سلسله‌های سیاسی حتی از آن هم کم‌تر است. مطابق این کتیبه، حکومت این پادشاهان سرانجام با همان سیل معروف تاریخی که اشاره به آن را در افسانه‌های تاریخی مانند حماسه گیلگمش و داستان نوح دیده‌ایم، مختل شده است. همان سیلی که مطابق قصه‌های قدیمی خدایان برای تنبیه بشر فرستادند و از لحاظ تاریخی، احتمالا اشاره به یک یا چند سیلاب عظیم دارد که بیش از ۵۰۰۰ سال پیش، در نواحی مرکزی و جنوبی بین‌النهرین رخ داده‌اند [۱۰].

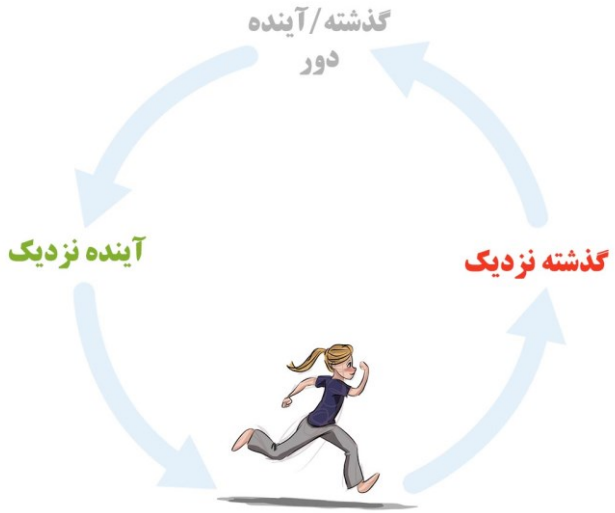
پیش از این که به سراغ مفهوم سوم زمان در طرز فکر مردم بین‌النهرین برویم بد نیست به یک نکته زبانی-فرهنگی دیگر هم در مورد زمان اشاره کنیم. در زبان اکدی مفهوم آینده که با واژه *ورکیتو*[۱] بیان می‌شده با کلمه *ورکاتو*[۲] به معنای پشت و عقب هم‌ریشه بوده است. همچنین، واژه *پانیتو*[۳] به معنای گذشته، برگرفته از واژه *پانو*[۴] به معنای جلو و پیش رو بوده است. این اشتراکات زبانی به این معناست که از نظر این مردم، آینده در پشت و گذشته در جلو قرار داشته است (تصویر ۶). شاید درک این موضوع کمی عجیب باشد اما چنین طرز فکری مختص بین‌النهرین نبوده و می‌توان نشانه‌های آن را حتی در زبان‌های امروزی هم دید. مثلا در انگلیسی برای اشاره به این که گذشته قبل از حال رخ می‌دهد از واژه *بیفور*[۵] به معنای قبل استفاده می‌شود که این واژه خود حاوی معنای واژه آلمانی *فرانت*[۶] به معنای جلو است. در انگلیسی همچنین برای بیان این که آینده بعد از حال رخ می‌دهد از واژه *افتر*[۷] استفاده می‌شود که این کلمه هم‌خانواده کلمه آلمانی *افترا*[۸] به معنی پشت و عقب است [۱۱]. زبان‌های هندی و اردو مورد جالب دیگری در همین زمینه هستند که کلمات یکسانی برای اشاره به گذشته و آینده دارند. مثلا برای اشاره به یک روز قبل (دیروز) و یک روز بعد (فردا) از یک کلمه مشترک به نام *کَل*[۹] استفاده می‌شود. همچنین، در این زبان‌ها برای اشاره به دو روز قبل/بعد از واژه مشترک *پَرسون*[۱۰]، برای سه روز قبل/بعد از واژه *تَرسون*[۱۱] و برای چهار روز قبل/بعد از واژه *نَرسون*[۱۲] استفاده می‌شود [۱۲].

---

[1] Warkītu
[2] Warkatu
[3] Pānītu
[4] Pānu
[5] Before
[6] Front
[7] After
[8] Aftra
[9] Kal (कल)
[10] Parson (परसों)
[11] Tarson (तरसों)
[12] Narson (नरसों)

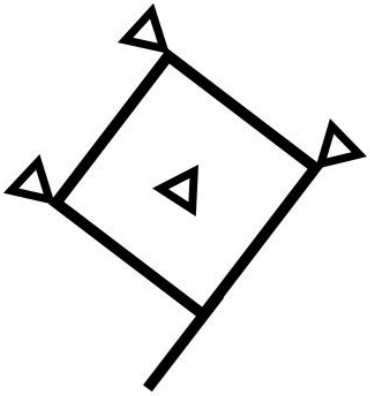
avayebuf.com

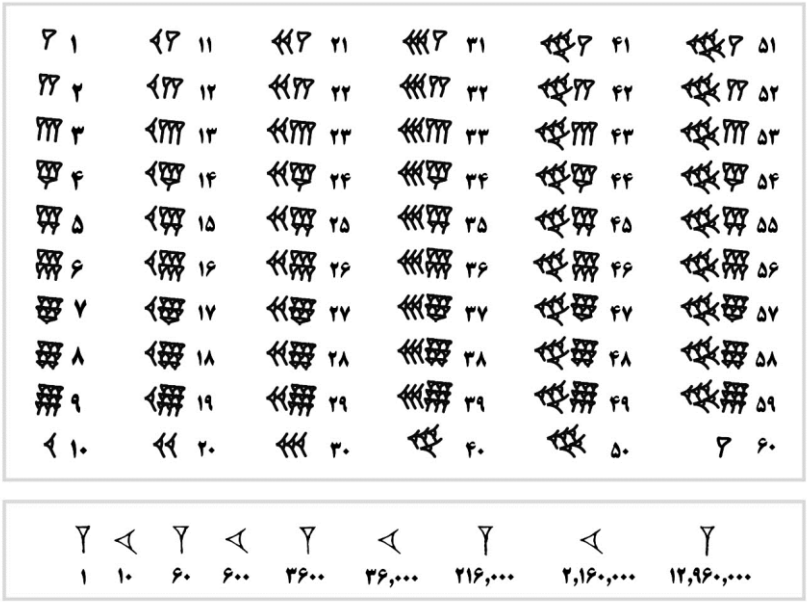
علاوه‌بر دو مفهوم اشاره شده، می‌توان به مفهوم سومی از زمان اشاره کرد که ساکنین بین‌النهرین به آن باور داشته‌اند و این مفهوم چیزی نبوده به جز دنباله تکامل یافته‌تری از همان مفهوم زمان ماورایی که قبلا توسط اجداد باستانی ما اختراع شده است. افسانه‌ها و اساطیر مربوط به اهالی میان‌رودان به ما می‌گویند که آن‌ها برخلاف اجداد کهن‌ترمان حالا باور داشته‌اند که خط زمانی ماورایی چیزی نیست که مطلقا نتوان با آن ارتباط برقرار کرد. در این افسانه‌ها می‌خوانیم که زندگان می‌توانند برای ارواح مردگان خود که در مکانی تاریک و گرفته به نام دنیای زیرین زندگی می‌کنند غذا و نوشیدنی بفرستند. مردگانی که به‌صورت معمول غذایی جز خاک و گرد و غبار ندارند و همواره چشم انتظار کمک زندگان هستند. به باور اهالی بین‌النهرین البته که این اثر یک‌طرفه نبوده و مردگانی که فاقد فرزند بودند و در نتیجه از تامین غذا محروم می‌شدند می‌توانستند بر دنیای زندگان اثر بگذارند و اصطلاحا آن‌ها را تسخیر کنند [۱۳]. با این‌حال، همان‌طور که آن‌ها ایده بیش‌تری برای چیزی به نام روح و کیفیت زیست آن نداشته‌اند، ایده زیادی هم در مورد چند و چون این زمان ماورایی نداشتند. آن‌ها تنها بر این باور بوده‌اند که این شکل از زمان، صورتی ابدی و جاودانه است. برای دیدن مفهوم توسعه یافته‌تری از تفکرات مردمان بین‌النهرین مخصوصا در مورد زمان ماورایی باید تا رسیدن به بحث تمدن مصر باستان صبر کنیم.



تصویر ۶: گذشته در حال دور شدن از جلو و آینده در حال نزدیک شدن از عقب

t.me/AVAYeBUF



تصویر ۷: قدیمی‌ترین نماد ترسیم شده برای زمان در خط نوشتاری، علامتی به نام *ارهو*[1] است. نمادی برای ماه قمری با قدمتی حداقل در حدود ۴۵۰۰ تا ۴۸۰۰ سال که در میان کتیبه‌های سومری دیده شده است [۱۴].

تصویر ۸: نگارش اعداد در تمدن بابل بر مبنای دو عدد ۱ (𒁹) و ۱۰ (𒌋) بوده است [۱۵]

علاوه‌بر توسعه مفهوم زمان ماورایی به دوران پس از مرگ، ساکنان بین‌النهرین مفهوم زمان ماورایی را به دوران پیش از وجود انسان‌ها هم تعمیم داده بودند. مثلا در الواح *انوما الیش*[2]

[1] Arhu
[2] Enūma Eliš

avayebuf.com

که توصیفی از یک افسانه بابلی در مورد آفرینش عالم است، می‌خوانیم زمانی وجود داشته که نه تنها هیچ موجود زنده‌ای در کار نبوده بلکه حتی هنوز خود خدایان هم پا به عرصه وجود نگذاشته بوده‌اند. در این دوران احتمالا ازلی که می‌توان آن را «زمانی قبل از زمان» نامید، تنها *آبسو*[1] (نماد آب شیرین) و *تیامات*[2] (نماد آب شور) وجود داشته‌اند. به باور این مردمان، تنها پس از ترکیب این دو بوده است که خدایان و سپس سایر موجودات زنده دیگر به وجود آمده‌اند [۱۶]. در نتیجه، باید گفت که اگرچه ساکنان بین‌النهرین از سه شرط لازم برای رسیدن به مفهوم زمان خطی، تقریبا به دو مورد آن دست یافته بودند (توانایی شمارش و البته کلیت مفهوم شروع زمان، هرچند زمان دقیقی را برای آن مشخص نکرده بودند) اما هنوز پایانی برای زمان قایل نبودند و آن را ابدی می‌دانستند.

از نقص به کمال

مصریان باستان هم همانند مردمان بین‌النهرین، به‌صورت کلی به سه نوع مفهوم زمانی معتقد بوده‌اند. مورد اول مربوط به پیش از شکل‌گیری عالم بوده و همانند باورهای مردم بین‌النهرین به زمانی پیش از زمان (متداول) اشاره داشته است. مطالعه تاریخ مصر به ما می‌گوید که نواحی مختلف مصر، افسانه‌های مخصوص به خودشان را برای توصیف این دوره ساخته بودند اما غالب آن‌ها دارای یک توصیف تقریبا مشترک بوده‌اند. توصیفی که شکل‌گیری عالم را به نوعی به آب مربوط می‌ساخته و آب را نه تنها منشا موجودات زنده که منشا کل عالم می‌دانسته است. نوعی آب آشفته و فاقد حیات که مطابق باور مصریان باستان همه‌چیز از آن حاصل شده است. عقیده‌ای که ناشی از مشاهدات مصریان از محیط پیرامونشان بوده است. آن‌ها دیده بودند که هر سال و هر بار که رود نیل در فاصله ماه‌های تیر تا مهر طغیان می‌کند و سپس عقب می‌نشیند، در مناطقی که قبلا آب گرفتگی ایجاد شده، گیاهان تازه‌ای از این خاک آب‌خورده می‌روید [۱۷]. در نتیجه، باور به شکل‌گیری همه‌چیز از آب در آن‌ها تقویت شده است. پیدایش عالم از آب، همان باوری است که اهالی

[1] Absu (Abzu)
[2] Tiamat

t.me/AVAYeBUF

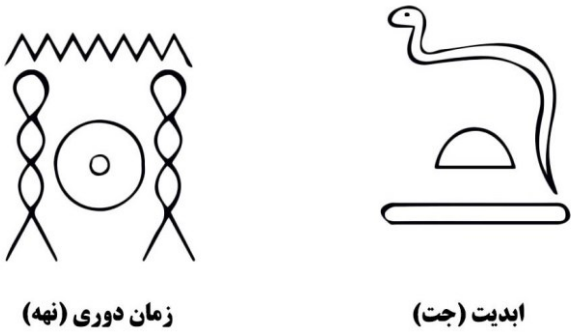
بین‌النهرین هم به آن باور داشته‌اند که به خاطر قرار داشتن آن‌ها در میان دو رود پر آب اصلا تعجبی نداشته است. باور مشابهی حتی در میان باورهای مردمان یونان باستان هم وجود داشته است.

علاوه‌بر زمان مربوط به دوران پیش از شکل‌گیری عالم، مصریان باستان به دو مفهوم زمان دیگر هم باور داشته‌اند که یکی همان زمان دوری متداول بوده که همراه با نقص و کاستی تلقی می‌شده و دیگری زمانی مربوط به عالم خدایان و دوران پس از مرگ بوده که همراه با کمال و تعالی مطلق در نظر گرفته می‌شده است. آن‌ها زمان دوری را *نهه*[1] و زمان ماورایی را جت[2] می‌نامیدند. هرچند که مفهوم نهه با تقسیم‌بندی‌هایی مانند روز و ماه و سال اندازه‌گیری می‌شده اما از لحاظ تکرار و روند دوری بودن، ابدی و همیشگی تلقی می‌شده و مفهوم جت نیز اساسا زمانی ماورایی بوده و به لحاظ عدم تغییر و ثبات، جاودانه و لایزال به حساب می‌آمده است [۱۸]. در نتیجه، هردو مفهوم به نوعی ابدی و همیشگی در نظر گرفته می‌شده‌اند. به باور مصریان باستان، گذر زمان در مفهومی به مانند زمان جت به گونه‌ای بوده است که یک ساعت بودن در خط زمانی آن و قرار داشتن در کنار خدایی مانند اُزیریس به‌عنوان خدای دنیای زیرین و جهان پس از مرگ، برابر با کل زندگی یک انسان بر روی زمین بوده است [۱۹]. موضوعی که به خوبی نشان می‌دهد ذهن مصریان هنوز حتی برای زمانی ماورایی و اصطلاحا ابدی هم مقدار و رقم تعیین می‌کردند و قادر به درک بی‌نهایت و ابدی بودن این زمان خیالی نبوده‌اند. البته این موضوع مختص مصریان نبوده و مثلا در تمدنی مانند هند باستان که بعدا به آن خواهم پرداخت یا باوری مانند اسلام که قرن‌ها پس از نزول تمدن باشکوه مصر باستان به وجود آمده هم دنبال شده است. مثلا در آیه چهارم از سوره معارج و در توصیف وقوع قیامت و پا گذاشتن انسان‌ها به زمان ماورایی می‌خوانیم که هر روز آن، برابر با ۵۰ هزار سال زمینی است. جدا از این که اصلا مفهوم روز، به معنای گردش زمین به دور خودش است و اشاره به چنین چیزی آن‌هم در خط زمانی ماورایی بی‌معنی است، آموخته بزرگ ما از چنین توصیفاتی این است که مهم نیست ما

[1] Nehe
[2] Djet

avayebuf.com

چقدر در ذهنیت‌گرایی و رویاهایمان غرق شویم، هم‌چنان باید در واقعیت زندگی کنیم. هم‌چنان مجبوریم که تصورات ذهنی و بی‌اساس خودمان را با شاخص‌های معنی‌دار و واقعی توصیف کنیم.



تصویر ۹: نماد هیروگلیف دو مفهوم زمان نهه و جت [۲۰]

نکته دیگر در مورد مصریان باستان این است که آن‌ها هم مانند مردمان میان‌رودان، به چیزی به نام زمان خطی، حداقل به معنای امروزی آن باور نداشته‌اند. در واقع، آن‌ها هم زمان متداول و شناخته شده را تنها محصول چرخش خورشید به دور زمین می‌دانستند. در تمدن مصر باستان، زمان دوری به‌عنوان چرخه‌ای ازلی و ابدی با مفهوم تولید شدن و زایش مجدد همراه بوده و آن را با تصویر *اسکراب*[1] که نوعی سوسک سرگین‌غلتان است به نمایش می‌گذاشته‌اند. آن‌ها بر این باور بودند که هر روز خورشید از نو زاده شده و در زمان غروب مجددا از بین می‌رود. از نظر مصریان باستان، خدایی به نام *خپری*[2] که خود تجلی ضعیف‌تری از خدایی بزرگ‌تر به نام *رع*[3] (خدای خورشید) بوده، وظیفه غلتاندن خورشید را در فاصله میان طلوع و غروب آن بر عهده داشته است. از همین رو، مطابق این باورها، سوسک سرگین‌غلتان که هر روز سرگین خود را بر روی شن‌ها می‌غلتاند، یک تجلی زمینی از خپری است که هر روز کار مشابهی را با خورشید انجام می‌دهد.

در مقابل زمان نهه، زمان جت وجود دارد و همان‌طور که اشاره شد این مفهوم به نوعی

[1] Scarab
[2] Khepri
[3] Ra

t.me/AVAYeBUF

توقف زمان و عدم تغییر ابدی مربوط بوده است. دوره‌ای که هر انسانی قادر به ورود به آن نبوده و تنها درست‌کاران و انسان‌های کامل، آن‌هم پس از مرگ قادر هستند که پا در این خط زمانی بگذارند. در نتیجه، انسان‌های نادرست و نالایق سرنوشتی جز نابودی و زوال را در پیش روی خود ندارند. روند کار هم به این صورت توصیف شده که پس از مرگ فرد و ورود او به دنیای زیرین، در محکمه‌ای به ریاست ازیریس و با حضور ۴۲ قاضی به نشانه ۴۲ نوم (استان یا منطقه) مصر باستان، *آنوبیس*[1] به‌عنوان مسئول سنجش اعمال و نگهبان ترازوی اعمال، قلب فرد را بر روی ترازو می‌گذارد و آن را در مقابل یک پَر شترمرغ به‌عنوان نماد حقیقت و تجلی ایزدبانویی به نام *ماعت*[2] می‌سنجد. اگر قلب فرد سنگین‌تر از پر باشد که هیولایی به نام *آموت*[3] قلب فرد گناهگار را خورده و کار فرد تمام است اما اگر تعادل ترازو حفظ شود و دو کفه کاملا تراز باشند، اجازه ورودش به دنیای خدایان و عصر جاودانگی داده می‌شود [۲۱].

با مطالعه کتاب مردگان به مطالبی برمی‌خوریم که بار دیگر باور مصریان به وجود مفهوم نهه و جت را تایید می‌کند. مثلا در بخشی از این کتاب به مکالمه‌ای میان ازیریس و *آتوم*[4] اشاره شده که در آن‌جا ازیریس به‌خاطر روبرو شدنش با مرگ، به درگاه آتوم به‌عنوان خالق شکایت می‌کند و آتوم دو راه را به او پیشنهاد می‌کند. راه اول، وعده آتوم در حفظ چرخه ابدی زایش و مرگ است. به شکلی که پس از ازیریس پسرش جای او را بگیرد و این چرخه همواره حفظ شود. راه دوم هم مبتنی بر اتحاد و به هم پیوستن آتوم و ازیریس و رسیدن به جاودانگی ابدی است [۲۰].

نکته دیگری که در کتاب مردگان دیده می‌شود، داستان به پایان رسیدن عالم است اما توصیفات مربوط به این موضوع خیلی وارد جزییات ماجرا نشده است. در یکی از داستان‌های به دست آمده از این کتاب‌ها می‌خوانیم که آتوم به‌عنوان خدای خالق می‌گوید که عالم را پس از میلیون‌ها سال نابود می‌کند. آن‌هم به شکلی که به جز خود او و ازیریس به‌عنوان

[1] Anubis
[2] Ma'at
[3] Ammit
[4] Atum

avayebuf.com

خدای دنیای پس از مرگ، همه‌چیز نابود شده و عالم به حالت آغازین خود (یعنی نوعی آب آشفته) بازگردد. با این‌حال، ابهامات زیادی در این زمینه وجود دارد. اول این که احتمالا چنین باوری آن‌قدرها فراگیر نبوده است. دوم این که نحوه بیان ماجرا توسط آتوم، بیش‌تر مانند یک تهدید است تا این که یک سرنوشت محتوم تلقی شود [۲۲]. در نهایت، باید گفت که مشخص نیست پس از چنین پایانی آیا مجددا دنیای دیگری شروع می‌شود و زمان دوری دیگری راه‌اندازی می‌شود یا این که واقعا همه‌چیز به پایان می‌رسد و دیگر شروعی در کار نیست. در نتیجه، نمی‌توان خیلی روی چنین توصیفی به‌عنوان باوری همه‌گیر و رایج در میان مصریان باستان به‌عنوان پایان عالم و زمان شناخته شده حساب کرد.

حلقه‌هایی تودرتو

هند باستان یکی از تمدن‌های دیگری است که مردمانش تفکر مخصوصی به زمان داشته‌اند. یک راه خوب برای پی‌بردن به نگاه هندیان باستان به مفهوم زمان، رجوع به متون باستانی و دینی آن‌ها است. با توجه به شباهت کلی مفهوم زمان در سه دین هندی شناخته شده یعنی آیین‌های هندو، جِین و بودایی و این موضوع که گویی مفهوم زمان در دو آیین جین و بودایی عملا چیزی به جز تکرار و دست‌کاری مفاهیم موجود در آیین هندو نیست، در ادامه تنها به مفهوم زمان در آیین هندو می‌پردازم.

باور هندوها در مورد زمان می‌گوید که عالم همواره در معرض یک زایش و مرگ ابدی است. در این باور، عالم چهار نوع دوره را تجربه می‌کند. دوره‌هایی که به آن‌ها *یوگا*[1] گفته می‌شود و پشت سر هم و بدون هیچ وقفه‌ای به وقوع می‌پیوندند. اولین یوگا با نام *ساتیا*[2] یا *کریتا*[3] شناخته می‌شود. دوره‌ای که در میان دوره‌های چهارگانه یوگا، طولانی‌ترین و کامل‌ترین آن‌ها تلقی شده و از آن با عنوان دوره حقیقت یاد می‌شود. پس از اتمام یوگای اول، هر بار که یوگای جدیدی آغاز می‌شود نه تنها مدت آن نسبت به یوگای قبلی کم‌تر می‌شود بلکه

[1] Yuga
[2] Satya
[3] Krita

t.me/AVAYeBUF

بر میزان نقص آن نسبت به یوگای قبلی هم افزوده می‌شود (یوگای دوم: *ترتا*،[۱] یوگای سوم: *دواپرا*[۲] و یوگای چهارم: *کالی*[۳]). مطابق این باورها، پس از پایان یوگای چهارم، خدایی به نام ویشنو[۴] از آسمان به زمین آمده و مجددا چرخه چهارگانه جدیدی را آغاز می‌کند.

در آغاز، مدت زمان یوگاهای اشاره شده به ترتیب برابر با ۴۰۰۰، ۳۰۰۰، ۲۰۰۰ و ۱۰۰۰ سال است که با افزوده شدن مدت طلوع و غروب (مجموعا به اندازه ۲۰ درصد مدت هر یوگا) به هر یوگا، مدت زمان چهار یوگای مورد نظر به ترتیب برابر با ۴۸۰۰، ۳۶۰۰، ۲۴۰۰ و ۱۲۰۰ سال می‌شود. با توجه به این که پیروان آیین هندو معتقدند هر سالی که ما انسان‌ها تجربه می‌کنیم برابر با یک روز برای خدایان است، در نتیجه با ضرب کردن مدت هر یوگا در عدد ۳۶۰، رقم‌های پیشین که سال‌هایی آسمانی هستند به ارقامی بر اساس سال زمینی تبدیل می‌شوند.[۵] بر همین اساس مدت چهار یوگای اشاره شده به ترتیب برابر با ۱۷۲۸۰۰۰، ۱۲۹۶۰۰۰، ۸۶۴۰۰۰ و ۴۳۲۰۰۰ سال می‌شود که مجموع آن‌ها برابر ۴۳۲۰۰۰۰ سال است. پس از هزار بار تکرار چرخه چهارگانه فوق (۴٫۳۲۰٫۰۰۰٫۰۰۰ سال)، یک روز برهما تکمیل می‌شود که طبیعتا در مقابل خود با یک شب برهما هم روبرو است و دقیقا مدتی برابر با یک روز برهما دارد. یک روز و یک شب برهما در مجموع موجب ساخته شدن یک شبانه‌روز یا اصطلاحا یک روز کامل می‌شوند که مدت آن برابر با ۸٫۶۴۰٫۰۰۰٫۰۰۰ سال است. برخلاف دوره‌های یوگا که به‌صورتی بدون وقفه و پشت سر هم تکرار می‌شوند، به باور هندوها، پس از اتمام هر روز برهما، تمام عالم یک بار ویران شده و پس از اتمام هر شب برهما، مجددا کل عالم ساخته می‌شود [۲۳].

مطابق عقاید هندوها، حتی خود خالق یعنی برهما هم مجبور است که گذر زمان را هرچند با سرعتی بسیار آهسته‌تر از انسان‌ها تجربه کند و در نتیجه، نمی‌تواند از این سرنوشت محتوم بگریزد. مطابق سروده‌های مذهبی ریگ‌ودا (کهن‌ترین کتاب در میان چهار کتاب

---

[1] Treta
[2] Dvapara
[3] Kali

[۴] برهما (نماد خلقت)، ویشنو (نماد نگهداری) و شیوا (نماد نابودی) مفهومی یگانه به نام تریمورتی را می‌سازند.

[۵] هندیان باستان هم به مانند اهالی بین‌النهرین هر سال را برابر با ۳۶۰ روز در نظر می‌گرفته‌اند.

avayebuf.com

مقدس آیین هندو)، برهما ۱۰۰ سال برهمایی عمر می‌کند که با توجه به این که هر روز برهمایی معادل ۸,۶۴۰,۰۰۰,۰۰۰ سال زمینی است باید گفت که از نظر هندوها برهما نهایتا طول عمری به اندازه ۳۱۱,۰۴۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰ سال را تجربه می‌کند. البته برخی از منابع، بیش از یک برهما را در نظر گرفته‌اند. به این صورت که با پایان کار یک برهما، برهمایی دیگر جای او را می‌گیرد. حتی برخی از منابع دیگر، پا را فراتر گذاشته‌اند و گفته‌اند که کل عمر یک برهما تنها برابر با یک روز یا یک چشم بر هم زدن ویشنو است [۲۳].

همان‌طور که در ابتدای این بخش اشاره شد، کلیت مفهوم زمان در آیین هندو، در ادیان دیگر هندی به مانند جین و بودایی هم تکرار شده است. هرچند که در این آیین‌ها با مقیاس‌های متفاوت و تعاریف دگرگون شده‌ای روبرو هستیم. در مجموع، اگر بخواهیم طرز فکر هندیان باستان به مفهوم زمان را خلاصه کنیم ابتدا باید بگوییم که ارقامی که برای اشاره به زمان دوری در آیین هندو می‌بینیم اعدادی قرض گرفته شده از تمدن بابلی هستند [۲۳]. گذشته از بحث منشا ارقام اشاره شده، باید گفت که یک مشکل مشخص در مورد باورهای موجود در آیین هندو این است که برای شکل‌گیری عالم، یک داستان واحد ارایه نمی‌کنند.[۱] با این‌حال و صرف نظر از این که کدام شرح حال از نحوه شکل‌گیری عالم در باور هندوها را باور اصلی در نظر بگیریم یک موضوع ثابت این است که در این‌جا هم با دو نوع زمان روبرو هستیم. مورد اول، همان زمان متداول و شناخته شده است که به مانند چرخه‌هایی تودرتو دیده می‌شود. زمانی ابدی که حتی خدایی مانند برهما هم نمی‌تواند از تجربه آن بگریزد و عمر او نهایتا پس از ۳۱۱,۰۴۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰ سال به پایان خودش خواهد رسید. مورد دوم هم به زمانی فراتر از زمان دوری اشاره دارد که می‌توان آن را همان زمان ماورایی محسوب کرد. زمانی ابدی که در آن خدایی به مانند ویشنو حضور دارد و هیچ فساد و زوالی در آن رخ نمی‌دهد.

در پایان این بخش بد نیست اشاره شود که باور به وجود حلقه‌های زمانی تودرتو و پیچیده،

[۱] توصیفات مختلفی از نحوه شکل‌گیری کیهان در آیین هندو وجود دارد. از آفریده شدن توسط برهما گرفته تا داستانی مانند تخم طلایی هیرانیاگاربا (Hiranyagarbha) که ادعا می‌شود سرآغاز همه‌چیز است و یا آن‌چه در اوپانیشادها آمده که می‌گوید تنها چیز ازلی و ابدی آتمن می‌باشد که یک جان و روح جهانی محسوب می‌شود و موجبات آفرینش عالم را فراهم کرده است.

t.me/AVAYeBUF

منحصر به هندیان نبوده و از لحاظ تاریخی در نقاط دیگر دنیا هم دیده شده است. شاید شاهکارترین مورد، مربوط به مردمان مایا در آمریکای مرکزی باشد که ریشه‌های اولیه تمدن آن‌ها حتی می‌تواند به بیش از ۴۰۰۰ سال قبل برسد. تمدنی که چنان تقویم وسیعی از حلقه‌های زمانی گسترده ساخت که می‌توان بازه زمانی تحت پوشش این تقویم را بزرگ‌تر از هر تقویم باستانی دیگری در نظر گرفت. خلاصه‌ای از حلقه‌های زمانی تقویم مایا که اصطلاحا *شمارش طولانی*[1] نامیده می‌شود، در جدول ۲ آمده است.

جدول ۲: حلقه‌های زمانی تقویم مایا [۲۴]

دوره شمارش	مدت زمان دوره		
	بر حسب واحدهای دیگر	بر حسب روز	بر حسب سال
کین	–	۱	–
یونال	۲۰ کین	۲۰	–
تون	۱۸ یونال	۳۶۰	۱
کاتون	۲۰ تون	۷۲۰۰	۲۰
باک‌تون	۲۰ کاتون	۱۴۴۰۰۰	۳۹۴
پیک‌تون	۲۰ باک‌تون	۲۸۸۰۰۰۰	۷۸۸۵
کالاب‌تون	۲۰ پیک‌تون	۵۷۶۰۰۰۰۰	۱۵۷۷۰۴
کینچی‌تون	۲۰ کالاب‌تون	۱۱۵۲۰۰۰۰۰۰	۳۱۵۴۰۷۱
آلاتون	۲۰ کینچی‌تون	۲۳۰۴۰۰۰۰۰۰۰	۶۳۰۸۱۳۷۷
بزرگ‌ترین دوره زمانی اشاره شده در تمدن مایا: $۴/۱\times۱۰^{۲۸}$ سال[2] [۲۵]			

پایان من، پایان زمان

اگر خاطرتان باشد، قبلا به این اشاره کردم که باور به خطی بودن زمان به چه چیزهایی نیازمند است: تعیین نقطه شروع و پایان مطلق برای زمان شناخته شده و البته توانایی شمارش. تکمیل شدن این پیش‌نیازها و رایج شدن باور خطی به زمان را می‌توان برای

[1] Long Count

[2] نحوه نمایش در تقویم مایایی: ۱۳.۱۳.۱۳.۱۳.۱۳.۱۳.۱۳.۱۳.۱۳.۱۳.۱۳.۱۳.۱۳.۱۳.۱۳.۱۳.۱۳.۰.۰.۰.۰

avayebuf.com

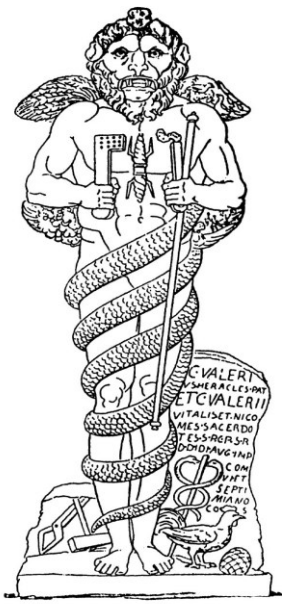
اولین‌بار در باورهای منتسب به آیین یهودیت ملاحظه کرد. دورانی که می‌توان آن را عملا پایانی بر دوران تفکر عینیت‌گرا و تجربه‌محور و شروع عصر ذهنیت‌گرایی و تفکر پیش‌داورانه درباره مفهوم زمان دانست. پیش از این که به مفهوم زمان در یهودیت بپردازیم بد نیست ابتدا به آیینی کهن‌تر از آن بپردازیم که ادیان ابراهیمی (یهودیت، مسیحیت و اسلام) از وام‌داران بزرگ تفکرات آن هستند [۲۶].

آیینی به نام زرتشت که اگرچه باورهایش در مورد زمان به‌صورت کاملا خطی نیست اما می‌توان طرز فکر آن به زمان متداول را چیزی بین زمان کاملا دوری و زمان کاملا خطی در نظر گرفت. مطابق باورهای زرتشتی، به‌صورت کلی دو نوع زمان وجود دارد. اولین مورد، همان زمان ماورایی است که به باور زرتشتیان حتی در دوران قبل از پیدایش عالم هم در جریان بوده است. برای دیدن توصیف مربوط به دوران پیش از شکل‌گیری عالم در این آیین هم باید سری به داستان آفرینش آن بزنیم. مطابق این داستان، پیش از این که هیچ چیزی وجود داشته باشد، تنها دو وجود ازلی و مستقل از یک‌دیگر به نام‌های اهورامزدا و اهریمن وجود داشته‌اند که اولی در بالا و دومی در پایین بوده است.[۱] دو وجودی که به ترتیب در قالب روشنایی و ظلمت تجلی می‌یافته‌اند. از یک جایی به بعد، اهورامزدا در شش وجود پایین‌تر از خودش تجلی پیدا می‌کند و این سرآغازی می‌شود برای پیدایش ایزدان زرتشتی و سپس ساخته شدن عالمی که می‌شناسیم [۲۶]. عالمی که مطابق باور زرتشتیان، در آغاز، کامل و مملو از خیر و نیکی است اما با ورود اهریمن و در ادامه به دام افتادنش در آن، به شر و پلیدی هم مبتلا می‌شود. دومین مفهوم مربوط به زمان در باور زرتشتیان هم همان زمان شناخته شده و متداول است. زمانی دوری که اگرچه شروع مشخصی دارد که به زمان ساخته شدن عالم به دست اهورامزدا بازمی‌گردد اما پایان مشخصی ندارد. به همین خاطر نمی‌توان گفت که طرز فکر باستانی آیین زرتشت به زمان کاملا خطی است. در واقع، در میان باورهای زرتشتی موجود در منابع جدیدتر، مانند منابع نوشته شده به زبان پهلوی

[۱] نباید از یک داستان و افسانه باستانی انتظار مطابقت با دانش امروزی را داشت اما به هرحال باید گفت وقتی محیط مادی وجود ندارد و شاخصی برای مکان در کار نیست، جهت‌گیری فضایی (چپ و راست، جلو و عقب یا بالا و پایین) هم معنا ندارد.

t.me/AVAYeBUF

در دوران حکومت اعراب بر ایران (قرن هفتم میلادی) [۲۷]، مفهومی به نام *فرشگرد*[1] وجود دارد که به پایان رسیدن بدی و کامل شدن همه‌چیز اشاره دارد. با این‌حال، حتی اگر فرض کنیم که این مفهوم از آغاز با زرتشتیان همراه بوده، باید گفت که این باور بیش‌تر از این که به معنی پایان زمان متداول باشد، به معنی نوعی چرخش و شروع مجدد آن است. به زبان دیگر، پس از وقوع فرشگرد، همه‌چیز به قبل از زمانی باز می‌گردد که شر و بدی عالم را آلوده کرد و به این صورت، همه‌چیز از شر و بدی پاکیزه می‌شود. عالم مملو از خیر و خوبی مطلق می‌شود و اهورامزدا، ایزدان و تمامی انسان‌ها تا ابد به زندگی خود ادامه می‌دهند [۲۶].



تصویر ۱۰: تصویری از زُروان (خدای زمان). در افسانه آفرینش زُروانیسم (زیرمجموعه آیین زرتشت) می‌خوانیم: در آغاز ایزدی به نام زروان (واژه‌ای اوستایی به معنای زمان) وجود داشت که به فکر خلق فرزند افتاد اما مجبور بود که برای اجابت خواسته خودش چیزی را قربانی کند. او این کار را به مدت هزار سال انجام داد تا همسر او نهایتا به اهورامزدا (خیر و نیکی) آبستن شد اما شک زروان به فایده داشتن این قربانی‌ها سبب می‌شود که فرزند دومی هم در رحم همسرش شکل بگیرد که او همان اهریمن (شر و بدی) بود. وقتی زروان متوجه موضوع شد، تصمیم گرفت که فرمان‌روایی دنیا را به فرزندی بدهد که زودتر متولد می‌شود. اهورامزدای متولد نشده، از موضوع آگاه شده و آن را به اطلاع برادرش اهریمن می‌رساند. اهریمن هم پیش‌دستی کرده و با پاره کردن شکم همسر زروان زودتر متولد می‌شود. او به زروان قولش را یادآوری می‌کند و در نتیجه، زروان به او فرمان‌روایی هفت هزار ساله دنیا را می‌دهد. با این‌حال، پس از اتمام این مدت، فرمان‌روایی ابدی متعلق به اهورامزدا بود که دیرتر متولد شد [۲۸].

[1] Frashokereti

avayebuf.com

با توضیحاتی که داده شد می‌توان گفت که اگرچه سرنوشت مطرح شده برای زمان در آیین زرتشت، نه یک پایان که نوعی شروع مجدد زمان متداول یا حداقل یکی شدن آن با زمان ماورایی است اما در آیین یهود چنین ابهامی در کار نیست و تکلیف کار اصطلاحا یک‌سره شده است. یهودیت با در نظر گرفتن پایانی بدون ابهام بر داستان خلقت عالم، برای اولین‌بار انسان‌ها را در موقعیتی قرار می‌دهد که نقطه‌ای کاملا مشخص برای پایان زمان در نظر بگیرند. به بیان دیگر، می‌توان گفت که با پیدایش آیین یهودیت، بشر به‌صورت رسمی نه تنها به زمان خطی باور پیدا کرد بلکه کلا زمان شناخته شده را به‌عنوان دورانی کوتاه در پس‌زمینه ابدیت در نظر گرفت. این‌جا همان‌جایی است که ما انسان‌ها شاهکاری بزرگ در بستن چشمانمان به روی واقعیت را به سرانجام رسانده‌ایم. جایی که ذهنیت‌گرایی ما نسبت به زمان عملا به ثمر رسیده است و ما واقعیت ساخته شده توسط ذهنمان را به‌صورت کامل به جای واقعیت جاری و ملموس قرار داده‌ایم. از این دوران به بعد است که نوع بشر به این نتیجه می‌رسد زمانی خواهد آمد که نسل او به پایان کار خودش می‌رسد و در نتیجه زمان هم با او به پایان می‌رسد.

زمان من، زمان تو

تا این‌جا، هر آن‌چه در مورد زمان ارایه شد نوعی تفکر جمعی و غالبا نشات گرفته از داستان‌های اساطیری و تفکرات مذهبی بود. با این‌حال، بد نیست در ادامه، کمی هم به سراغ برخی از متفکرین در این زمینه برویم تا ببینیم آن‌ها چطور به مفهوم زمان اندیشیده‌اند. اگرچه به‌صورت تاریخی در مناطقی مانند هند یا چین باستان هم شاهد حضور مکاتب فکری و فلسفی[1] و اندیشمندان پیرو آن‌ها بوده‌ایم اما تفکرات این افراد حداقل در مورد مفهوم زمان، بیش‌تر در راستای همان تفکرات گروهی و مکتبی بوده تا این که تفکرات شخصی و مستقل تلقی شوند. در واقع، آن‌چه که امروزه به‌عنوان بخشی از تفکرات مردمان هند و چین باستان در مورد زمان بیان می‌شود، نه تفکرات شخصی و کاملا اختصاصی که

[1] به‌عنوان مکاتب فکری معروف چین باستان می‌توان به تائویسم، کنفوسیونیسم، موهیسم و قانون‌گرایی اشاره کرد.

t.me/AVAYeBUF

بیش‌تر برداشت‌هایی بیرون کشیده از تفکرات مذهبی-فلسفی کلی آن‌ها درباره زندگی، شکل‌گیری و کارکرد عالم است. مثلا در میان افکار فلاسفه به خصوص چینی اظهار نظرهای پراکنده و معدودی در مورد زمان می‌بینیم اما برخلاف آن‌چه در یونان باستان و مثلا فردی مانند ارسطو شاهد آن هستیم، توجه فلسفی مخصوصی به زمان نشده است. برای پی‌بردن به نحوه اشاره آن‌ها به زمان و نشان دادن میزان پراکندگی توجه آن‌ها به این مفهوم، بد نیست که به آثار یکی از فلاسفه مهم چین باستان اشاره کنیم. در میان نوشته‌های *چوانگتسی*[1] فیلسوف تائوئیست قرن‌های سوم و چهارم پیش از میلاد می‌خوانیم:

> «همه‌چیز یکی است. کدام کوتاه و کدام بلند است؟ تائو (نیروی پیش‌برنده عالم) نه پایان و نه آغازی دارد. چیزها متولد شده، می‌میرند اما تکمیل شدن آن‌ها را نمی‌توان موضوعی بدیهی دانست. آن‌ها لحظه‌ای پر و لحظه‌ای دیگر خالی هستند. علت این است که ماهیت فیزیکی آن‌ها در یک مکان مشخص ثابت نیست. سال‌ها را نمی‌توان حفظ کرد. زمان را نمی‌توان متوقف کرد. توالی نزول، رشد، پر و خالی بودن در یک چرخه به وقوع می‌پیوندد و هر پایان به شروعی نو تبدیل می‌شود. این روشی است که می‌توان با کمک آن در مورد عملکرد گیتی و تمام چیزهای درون آن بحث کرد. زندگی موجودات همانند اسبی در حال تاختن می‌گذرد. اگر فعالیتی در کار نباشد، تغییری وجود ندارد و اگر زمانی نباشد، حرکتی رخ نمی‌دهد. چه باید کنیم؟ چه نباید کنیم؟ کاری که باید انجام دهیم این است که این تغییرات خودبه‌خود را به حال خود واگذاریم [۲۹].»

با وجود پراکنده بودن تفکرات چینیان باستان در مورد مفهوم زمان، با این‌حال می‌توان گفت یک مشخصه بسیار جالب در طرز فکر آن‌ها وجود داشته که شایسته توجه بیش‌تری است. چینی‌ها به‌صورت تاریخی، زمان را ماورایی یا آسمانی نمی‌دانسته‌اند. در طرز فکر آن‌ها، زمان چیزی به جز تغییری پیوسته و مداوم نیست و در نتیجه، از نظر آن‌ها مفهوم زمان نسبی و نه مطلق تلقی می‌شود. مورد جالب دیگر این است که چینی‌ها برای اشاره به کیهان از واژه‌ای به نام *یوچو*[2] استفاده می‌کنند که خود متشکل از دو قسمت یو (مکان) و چو (زمان) است. به عبارت دیگر، می‌توان گفت که چینی‌ها کیهان را چیزی فراتر از آن‌چه

[1] Zhuang Zhou (Zhuangzi)
[2] YüCho (宇宙)

avayebuf.com

که امروز فضازمان می‌خوانیم نمی‌دانند و این شاید برجسته‌ترین ویژگی تفکر آن‌ها به زندگی و به‌صورت کلی تمام دنیایی باشد که می‌شناسیم. آن‌ها نیاز نداشته‌اند مانند طرز فکر رایج در میان غربی‌ها که خود ریشه در باورهای عبری-یونانی دارد، ذهن را بر واقعیت اولویت دهند. برای آن‌ها ملاک رسیدن به حقیقت، توجه به واقعیت و نه تکیه صرف بر ذهن و تفکرات پیش‌داورانه بوده است.

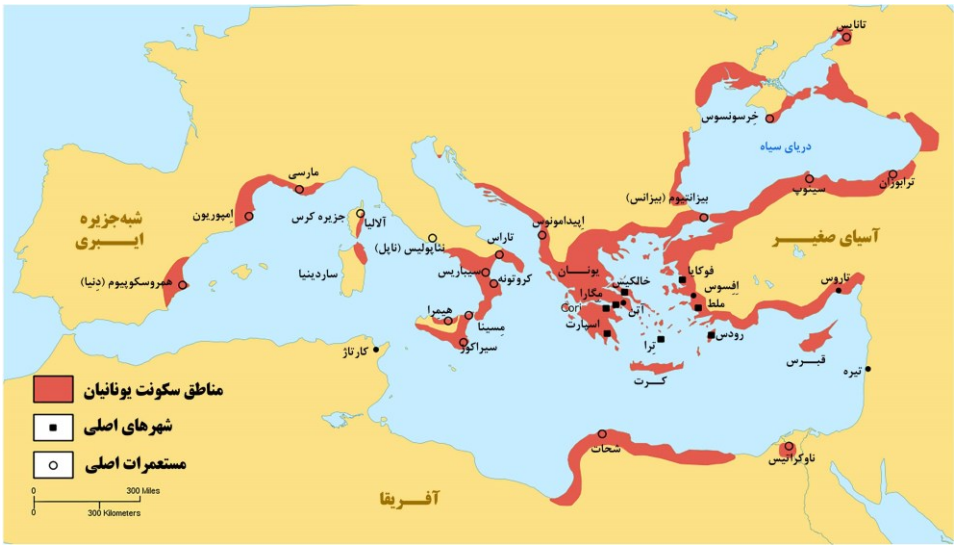
با این مقدمه وقت آن است که سخن را کوتاه کرده و به سراغ غرب و ابتدا یونان باستان برویم. جایی که نه تنها به‌عنوان مهد فلسفه غربی شناخته می‌شود بلکه در آن‌جا شاهد حضور اولین آثار کاملا مستقل و اختصاصی در مورد مفهوم زمان هستیم. طرز فکر کلی یونانیان باستان به زمان هم مانند اهالی بین‌النهرین و مصر باستان، طرز فکری دوری بوده است. با این‌حال، فلاسفه و متفکرین یونانی به همین سادگی به مفهوم زمان نگاه نمی‌کردند. آن‌ها به‌صورت کلی از دو واژه *کایروس*[1] و *کرونوس*[2] برای توصیف زمان استفاده می‌کردند. کایروس اشاره‌ای توصیفی به مفهوم زمان بوده است به این صورت که مثلا فلان رخداد یا حادثه در کجای یک توالی زمانی مشخص رخ داده است. سوال مربوط به این برداشت از مفهوم زمان، «چه موقع؟» و پاسخ آن «در فلان موقع (مثلا موقع ظهر، در ماه اردیبهشت یا در فصل بهار)» بوده است. در نتیجه می‌توان کایروس را با مفهوم تاریخ یکی در نظر گرفت. در طرف مقابل، کرونوس (یا خرونوس) به مفهومی کمی و قابل اندازه‌گیری از زمان اشاره داشته است. مفهومی که مثلا برای اندازه‌گیری طول یک مدت زمانی یا یک دوره تناوبی استفاده می‌شده است. سوال‌های مربوط به این مفهوم زمانی، «چه مدت؟»، «چندبار؟»، «چند سال؟» بوده که پاسخ آن‌ها در قالب اعداد و ارقام بوده است [۳۰].

می‌توان گفت که از لحاظ نظری، فلاسفه یونانی در مواجهه با زمان به سه دسته آرمان‌گرا، واقع‌گرا و خردگرا تقسیم می‌شدند. فلاسفه آرمان‌گرا یا ایدئالیست بر این باور بودند که زمان موضوعی ذهنی است و در خارج از ذهن وجود ندارد. واقع‌گرایان یا رئالیست‌ها زمان را مفهومی واقعی می‌دانستند که می‌توان وجود آن را با مشاهده طبیعت تایید کرد. در

[1] Kairos
[2] Chronos

t.me/AVAYeBUF

نهایت، خردگرایان هم رویکردی میانه را دنبال می‌کردند و بر این باور بودند که زمان تنها راهی برای توصیف وقوع رخدادها و نشان دادن رابطه میان آن‌ها است.



تصویر ۱۱: مستعمرات یونان باستان (قرن‌های ششم تا هشتم پیش از میلاد)

به‌صورت کلی تفکرات فلسفی یونانیان باستان به دو بخش فلاسفه پیش و پساسقراطی قابل تقسیم است. منظور از اصطلاح پیشاسقراطی[۱] لزوما به این معنی نیست که همه این افراد قبل از سقراط می‌زیسته‌اند، بلکه بیش‌تر به این معنی است که آن‌ها فلسفه طبیعی را دنبال می‌کردند که تا پیش از آمدن سقراط رویکرد اصلی فلاسفه بوده است. در واقع، فلاسفه پیشاسقراطی تلاش می‌کردند رخدادهای محیط پیرامون را بر اساس قوانین طبیعی توضیح دهند اما فیلسوفی مانند سقراط توجه فلسفه را به سمت خود انسان و موردی مانند اخلاقیات معطوف کرد.

از فلاسفه پیشاسقراطی آثار چندانی برجای نمانده و بیش‌تر آن‌چه از آن‌ها می‌دانیم مواردی است که توسط نویسندگان جدیدتر به آن‌ها منتسب شده است. با این‌حال، مطالعه همان

[۱] برخی از مهم‌ترین فلاسفه پیشاسقراطی عبارت‌اند از: فلاسفه ملطی (تالس، آناکسیماندروس و آناکسیمنس)، فیثاغورث، گزنوفانس، هراکلیتوس، پارمنیدس، زنون الثایی، آناکساگوراس، امپدوکلس، ملیسوس ساموسی، فلاسفه اتمیست (مانند لوکیپوس و دموکریتوس) و سوفسطاییان (مانند پروتاگوراس و گُرگیاس).

avayebuf.com

اشارات معدود به جا مانده هم ما را به نکات جالب توجهی می‌رساند. آناکسیماندروس زمان را نوعی نظم و ترتیب می‌دانست. امپدوکلوس و حتی فیثاغورثیان به چرخه‌ای بودن زمان معتقد بودند. هراکلیتوس هم نظری مشابه داشت و معتقد بود که زمان چیزی جز چرخه‌هایی منظم و ابدی از تغییر و تحول نیست که دایم در حال تخریب و ساخته شدن است:

> «*عالم*[1] برای همه به یک صورت است و هیچ یک از انسان‌ها یا خدایان آن را نساخته‌اند. این نظم همواره بوده و همواره خواهد بود. آتشی همیشگی که همواره در چرخه روشن و خاموش شدن قرار دارد [۳۱].»

به جرات می‌توان گفت که متفاوت‌ترین، جسورانه‌ترین و البته نه لزوما درست‌ترین طرز فکر در مورد مفهوم زمان، در میان فلاسفه پیشاسقراطی، مربوط به فلاسفه الئایی[۲] بوده است. آن‌ها زمان را با تغییر مرتبط می‌دانستند و معتقد بودند که برای وجود داشتن جریان زمان، وجود تغییر ضروری است. پارمنیدس به‌عنوان بنیان‌گذار این مکتب فکری و از برجسته‌ترین فلاسفه پیشاسقراطی معتقد بود که اساسا چیزی به اسم تغییر نمی‌تواند وجود داشته باشد و در نتیجه زمان هم وجود ندارد. از همین‌رو، هر آن‌چه که ما جریان زمان می‌خوانیم صرفا یک خیال و توهم است. طرز فکری که می‌توان آن را ایدئالیسم فلسفی خواند. چنین رویکردی به این معنی است که واقعیت بیرونی، نمی‌تواند به‌صورتی جدا و مستقل از ذهن و ادراک آدمی باشد. به زبان دیگر، واقعیت به آن شکلی که ما درک می‌کنیم چیزی است که بر اساس آرمان‌ها و ایده‌هایمان ساخته‌ایم. به هر روی، پارمنیدس بر این باور بود که در هر لحظه، چیزها یا وجود دارند یا ندارند. در نتیجه، اگر چیزی وجود دارد توصیف آن با افعالی مانند «رخ داد»، «در حال رخ دادن است» و «رخ خواهد داد» اشتباه است زیرا آن چیز همین حالا وجود دارد و اگر هم که کلا وجود ندارد که چنین اشاره‌ای به آن بی‌معنی است [۳۲]. متاسفانه از نوشته‌های پارمنیدس در مورد زمان، چیز زیادتری باقی نمانده و موارد اشاره شده هم از اثری ۱۵۰ خطی و به زبان شعر است که انگار خودش بخشی از

---

[1] Kosmos

[۲] شهری از مستعمرات یونان باستان در کرانه غربی جنوب ایتالیای امروز

t.me/AVAYeBUF

اثری ۳۰۰۰ خطی به نام «*در باب طبیعت*»[1] بوده است [۳۳].

فیلسوف دیگر الئایی که از شاگردان پارمنیدس به حساب می‌آمد و همانند استاد خودش مفهوم زمان و کلا مفهوم تغییر را به زیر سوال برد، زِنون بود. او با مطرح کردن مسایلی که امروزه با نام پارادوکس‌های زنون شناخته می‌شوند و همه آن‌ها تقریبا مفهوم مشابهی را در قالب مثال‌های مختلف نشان می‌دهند، وجود حرکت را به زیر سوال برد. موضوعی که به‌صورت خودکار و با توجه به تعریف این فلاسفه از زمان، مفهوم زمان و جریان داشتن آن را هم زیر سوال می‌برد. برای روشن شدن مفهوم، در ادامه و به شکلی مختصر به چهار مورد از معروف‌ترین پارادوکس‌های مطرح شده توسط زنون می‌پردازم. پارادوکس‌هایی که اگرچه قدمتی در حدود ۲۵۰۰ سال دارند اما اگر همین امروز از یک فرد تحصیل کرده در مورد آن‌ها بپرسید به احتمال فراوان قادر به ارایه پاسخ درست برای آن‌ها نخواهد بود. البته امروزه برای این پارادوکس‌ها جواب‌های متعددی وجود دارد اما برای جلوگیری از طولانی شدن بحث، در این‌جا صرفا به معرفی خود پارادوکس‌ها بسنده خواهم کرد.

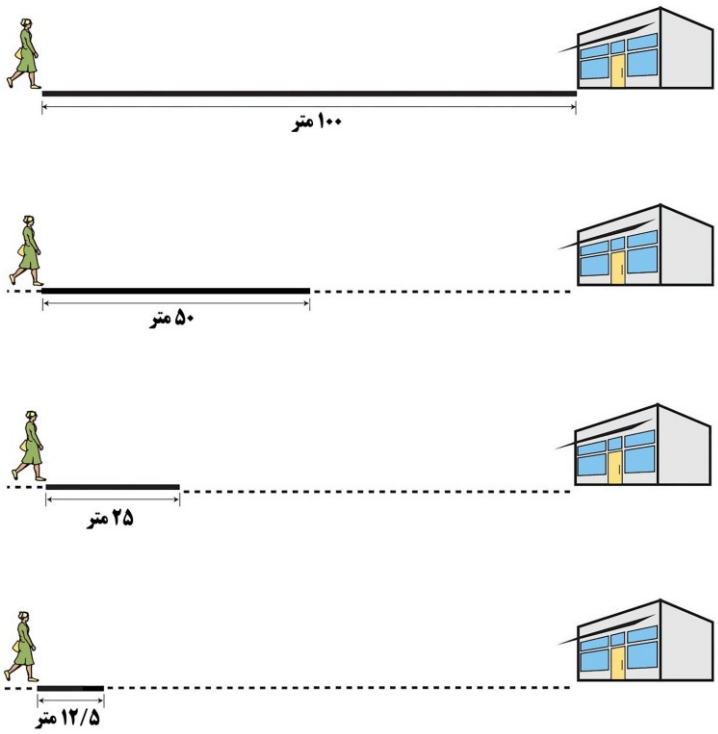
۱- پارادوکس *دونیم شدن*[2]

تصور کنید می‌خواهید فاصله ۱۰۰ متری منزلتان تا فروشگاه مجاور را طی کنید. شما برای این که چنین فاصله‌ای را طی کنید ابتدا باید نیمی از این فاصله، یعنی ۵۰ متر آن را طی کنید. همچنین برای این که بتوانید این ۵۰ متر را طی کنید هم باید نیمی از آن، یعنی ۲۵ متر آن را طی کنید. روندی که می‌توان به همین صورت به نصف کردن فاصله پیش رو ادامه داد (۱۲٫۵، ۶٫۲۵، ۳٫۱۲۵، ۱٫۵۶۲۵ و ...) و هیچ‌گاه به پایان آن نرسید (تصویر ۱۲). به زبان دیگر، فارغ از این که طول مسیر پیش روی شما چقدر است، پیمودن آن ناممکن است زیرا در مقابل شما بی‌نهایت نقطه وجود دارد و گذر از بی‌نهایت نقطه در زمان مشخص و محدود ناممکن است. پس جابه‌جایی و حرکت به هر میزانی ناممکن و در نتیجه گذر زمان تنها یک تصور ذهنی است.

---

[1] On Nature
[2] The Dichotomy Paradox (The Bisection Paradox)

avayebuf.com



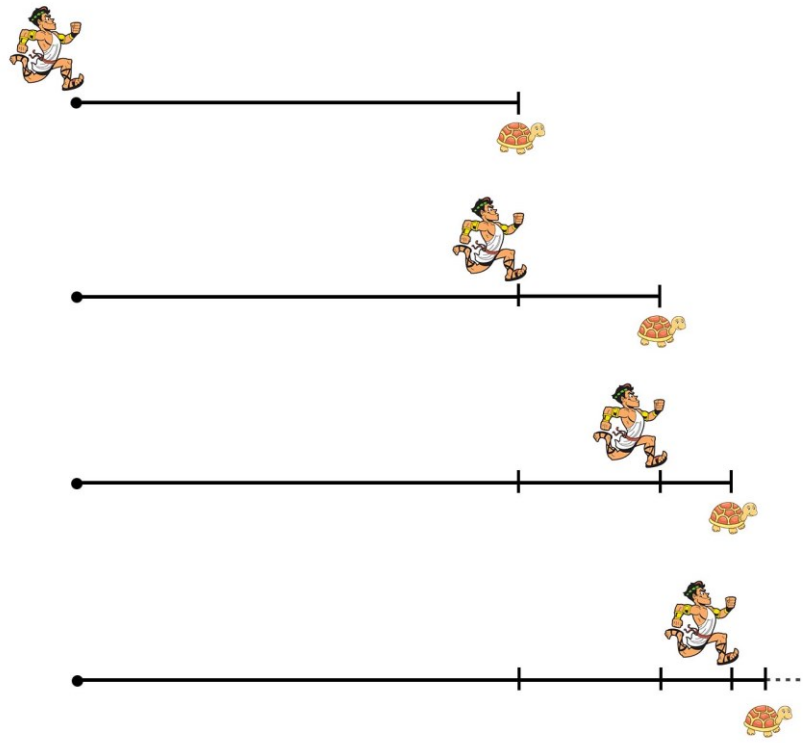
تصویر ۱۲: پارادوکس دونیم شدن

۲- پارادوکس آشیل و لاک‌پشت

آشیل پهلوانی یونانی است که می‌خواهد در یک مسابقه دو با لاک‌پشتی مسابقه بدهد. او برای این که کمی به لاک‌پشت تخفیف دهد خودش در نقطه الف می‌ایستد و اجازه می‌دهد که لاک‌پشت مسابقه را از ۱۰۰ متر جلوتر و از نقطه ب شروع کند. پس از شروع مسابقه و گذشت مدت زمان نه چندان زیادی، آشیل موفق می‌شود که اختلاف ۱۰۰ متری خود با لاک‌پشت را جبران کند. با این‌حال، وقتی او به نقطه ب و جایگاه اولیه لاک‌پشت می‌رسد، لاک‌پشت هم کمی حرکت کرده و به نقطه جدید یعنی پ رفته است. آشیل تلاش می‌کند تا با حفظ روند دویدن، خودش را به لاک‌پشت برساند اما وقتی به نقطه پ می‌رسد، لاک‌پشت در طی این فاصله موفق شده به نقطه ت برود. در نتیجه، مهم نیست که دونده ما چقدر سریع‌تر از لاک‌پشت است او هیچ‌گاه به لاک‌پشت نمی‌رسد زیرا لاک‌پشت هیچ‌گاه در محل خودش ثابت نمی‌ماند و همواره هم‌زمان با حرکت آشیل، او هم کمی به جلو

t.me/AVAYeBUF

حرکت می‌کند.

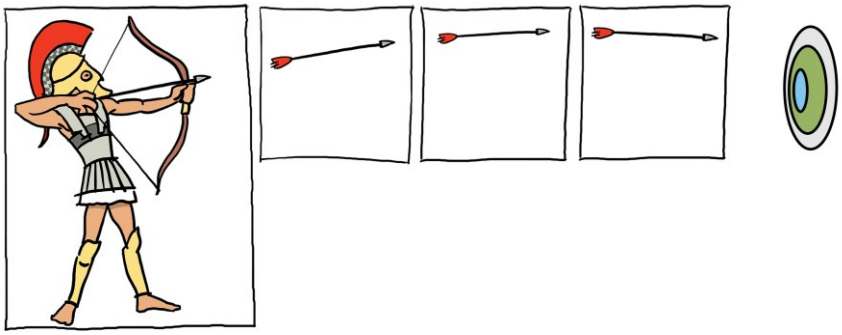


تصویر ۱۳: پارادوکس آشیل و لاک‌پشت

۳- پارادوکس پیکان

پیکانی را تصور کنید که از چله کمان رها شده و به سمت هدف می‌رود. در هر لحظه کاملا مشخصی از زمان که آن را در نظر بگیریم، تنها یک پیکان ثابت می‌بینیم که فضایی به اندازه ابعاد خودش را اشغال کرده و هیچ‌گونه حرکتی از خود نشان نمی‌دهد. در نتیجه، تفاوتی نمی‌کند که چه زمانی را برای مشاهده پیکان انتخاب کنیم، پیکان همواره بی‌حرکت و ثابت دیده می‌شود. به زبان دیگر، زنون می‌گوید برای این که حرکت به وقوع بپیوندد یک جسم مانند یک پیکان رها شده از کمان باید موقعیتی که آن را اشغال کرده است را تغییر دهد. با این‌حال، هر لحظه که به آن می‌نگریم تنها جسمی ثابت در محلی ثابت می‌بینیم. در نتیجه، تغییر موقعیت، حرکت و نهایتا گذر زمان ناممکن است.

avayebuf.com

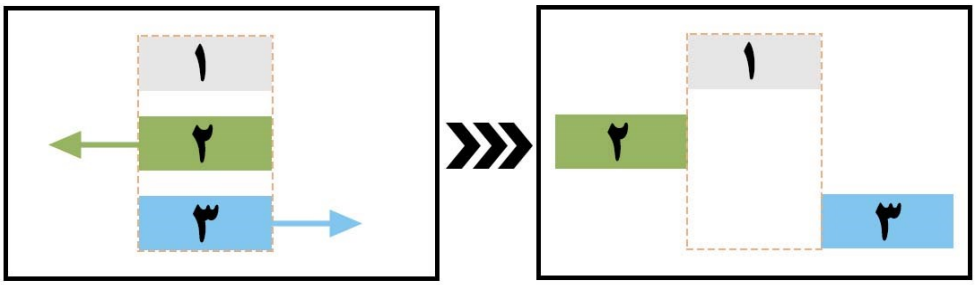


تصویر ۱۴: پارادوکس پیکان

۴- پارادوکس ردیف‌های متحرک (استادیوم)

تصور کنید سه مستطیل هم‌اندازه داریم که دقیقا روبروی یک‌دیگر قرار دارند. حالا سعی کنید بدون این که به مستطیل ۱ دست بزنید، دو مستطیل دیگر را با سرعت برابر اما در جهت خلاف یک‌دیگر به حرکت درآورید تا جایی که هیچ یک از مستطیل‌ها دیگر روبروی هم نباشند (تصویر ۱۵). به این صورت که مثلا مستطیل ۲ را به سمت چپ و مستطیل ۳ را به سمت راست حرکت دهید. حرکت دادن دو مستطیل ۲ و ۳ را تا وقتی ادامه دهید که هر دو مستطیل به‌صورت کامل از جلوی مستطیل ۱ کنار بروند. در پایان، وقتی به زمان طی شده توسط مستطیل شماره ۲ نگاه کنیم با یک تناقض ظاهری روبرو می‌شویم. اگر فرض کنیم که عبور کامل این مستطیل از جلوی مستطیل ثابت ۱، به زمانی برابر با یک ثانیه نیاز دارد، در این صورت، برای عبور کامل مستطیل ۲ از جلوی مستطیل ۳ که در جهت مخالف آن در حرکت است به زمانی برابر با ۰/۵ ثانیه نیاز است. علت این است که مستطیل ۳ مانند مستطیل ۱ ثابت نیست و با سرعتی برابر و در جهت مخالف مسیر مستطیل ۲ حرکت می‌کند. موضوعی که باعث می‌شود سرعت نسبی مستطیل ۲ نسبت به مستطیل ۳، دو برابر سرعت نسبی مستطیل ۲ به مستطیل ثابت ۱ شود. با این‌حال، مشکل ظاهری ماجرا این جاست که چون هر دو مستطیل ۲ و ۳ به‌صورتی هم‌زمان از جلوی یک‌دیگر و همچنین از جلوی مستطیل ۱ عبور کرده‌اند عملا زمانی که طی این عبور تجربه کرده‌اند را باید معادل یک‌دیگر تلقی کرد. به زبان ساده‌تر، با این استدلال باید گفت که مدت زمان یک ثانیه = مدت زمان ۰/۵ ثانیه شده است!

t.me/AVAYeBUF



تصویر ۱۵: پارادوکس ردیف‌های متحرک

از فلاسفه پیشاسقراطی که عبور کنیم، وقت پرداختن به فلاسفه پساسقراطی است. به‌عنوان یکی از مکاتب فلسفی پساسقراطی، رواقیون معتقد بودند که زمان چیزی است که در میان بودن و نبودن قرار دارد. *زنون رواقی*[1] به‌عنوان بنیان‌گذار این مکتب معتقد بود که زمان حد فاصل میان تغییرات و نوعی امتداد حرکت است. از نظر او، زمان مقیاس و شاخصی است که می‌توان با کمک آن تندی و کندی را سنجید [۳۴].

در میان فلاسفه پساسقراطی به‌عنوان یک از شناخته شده‌ترین افرادی که به موضوع زمان به‌صورت مستقل اندیشیده، باید به افلاطون اشاره کرد. او طرز فکر واقع‌گرایانه فلاسفه الئایی که می‌گفت زمان صرفا مترادف با تغییر است را نوعی ساده‌انگاری می‌دانست. از نظر طرز فکر آرمان‌گرایانه او، زمان چیزی است که ناشی از حرکت اجسام آسمانی است. به بیان دیگر، اگرچه افلاطون هم‌چنان معتقد بود که تغییر نشانه‌ای برای وجود جریان زمان است اما او این تغییر را تنها منحصر به حرکت اجسام آسمانی می‌دانست. با این حساب، می‌توان گفت که اگرچه نگاه افلاطون به زمان همان نگاه کلاسیک و دوری بود اما او برخلاف پیشینیان، پایان یافتن زمان را ناممکن نمی‌دانست و معتقد بود که زمان موقعی به پایان می‌رسد که این اجسام از حرکت بایستند. افلاطون در *تیمائوس*[2] می‌نویسد که زمان در واقع یک تقلید یا یک تجلی از جاودانگی و ابدیت است:

«چون طرز فکر و نگرش خداوند، ابدی و جاویدان است به همین خاطر، او سعی کرد که

[1] Zeno of Citium
[2] Timaeus

avayebuf.com

> در زمان ساختن عالم، آن را تا حد امکان شبیه به ذات خود بیافریند. با این‌حال، چون غیرممکن است که بتوان ابدیت را در غالب ماده به تصویر کشید، او تصمیم گرفت که تصویری متحرک از ابدیت به نمایش بگذارد، تصویری که مطابق اعداد و شماره‌ها حرکت می‌کند و ما آن را زمان می‌خوانیم. او هم‌زمان با ساخت آسمان، روزها، شب‌ها، ماه‌ها و سال‌ها را خلق کرد که همه آن‌ها بخشی از زمان هستند. «بود» و «خواهد بود» شکل‌هایی ساخته شده برای توصیف زمان توسط ما هستند که می‌توان آن‌ها را برای توصیف زمان به کار برد زیرا هر دوی این‌ها دلالت بر حرکت دارند. با این‌حال، به کار بردن آن‌ها برای ابدیت یک اشتباه ناآگاهانه از طرف ماست. برای ابدیت تنها توصیف شایسته «هست» است [۳۵].»

نوبتی هم که باشد بالاخره وقت پرداختن به عقاید ارسطو و عقاید خردگرایانه او به مفهوم زمان است. فیلسوفی که بیش از هر فرد دیگری در عصر خودش در مورد زمان نوشت و جامع‌تر از هر فرد دیگری در یونان باستان به توضیح فلسفی مفهوم زمان پرداخت. از نظر ارسطو، زمان تعداد جابه‌جایی یک جسم نسبت به قبل و بعد است و جریان زمان امری پیوسته است. زمان از نظر او، نامحدود، همگن، بدون افت و خیز و البته بدون آغاز و پایان است و همچنین تا زمانی که حرکت و تغییر وجود داشته باشد (یعنی تا زمان برقرار بودن دنیایی که می‌شناسیم)، وجود خواهد داشت. ارسطو بر این باور بود که جریان زمان امری ثابت و فارغ از کیفیت و چگونگی تغییر است یعنی اگرچه ممکن است حرکت یک جسم کند یا تند شود اما زمان تحت تاثیر این تندی و کندی قرار نمی‌گیرد. او در رساله معروف خودش با نام *درباره طبیعت*[1] می‌نویسد:

> «قسمتی از زمان گذشته است و دیگر موجود نیست. در حالی که بخش دیگری از آن متعلق به آینده است که هنوز موجود نیست. زمان متشکل از همین قسمت‌هاست. با این‌حال، غیرممکن به نظر می‌رسد که آن‌چه که خود متشکل از چیزهایی هست که وجود ندارند، بتواند در وجود چیزی دخالت داشته باشد. در مورد زمان حال (که ما در آن زندگی می‌کنیم) چطور؟ آیا وجود ندارد؟ حال بخشی از زمان نیست. حال، بیش‌تر یک مرز میان گذشته و آینده است (همانند مرزی که یک خط را به دو قسمت تقسیم می‌کند، آن‌هم بدون این که خودش دارای ابعاد و اندازه مشخصی باشد) [۳۵].»

[1] Φυσικὴ ἀκρόασις (Physics)

t.me/AVAYeBUF

ارسطو برخلاف افلاطون معتقد بود که حتی اگر اجسام آسمانی از حرکت بایستند، مادامی که بقیه چیزها به حرکت ادامه دهند، زمان هم‌چنان به جریان داشتن ادامه می‌دهد. نکته دیگر این است که ارسطو هم به مانند افلاطون موافق تعریف فلاسفه الئایی از زمان نبود. او تغییر را معادل زمان یا تعریف‌کننده ماهیت زمان نمی‌دانست و همان‌طور که قبلا اشاره کردم، ارسطو زمان را واحدی برای شمارش تغییرات یا تعداد و دفعات تغییر می‌دانست.

> «وقتی که ما حرکتی را با کمک مشخص کردن لحظات قبل و بعد برای آن تعیین می‌کنیم، جریان و گذر زمان را درک می‌کنیم. وقتی می‌گوییم که زمان گذشته است، وقتی که ما حالت قبل و بعد را برای یک حرکت درک می‌کنیم، ذهن ما متوجه وجود دو زمان حال می‌شود. یکی زمان حال قبل و دیگری زمان حال بعد است. در نتیجه، هر آن‌چه حال می‌نامیم معادل زمان است.» .... «بنابراین، تا زمانی که ما زمان حال را به‌صورت واحد و نه به‌صورت لحظات قبل و بعد یک حرکت درک می‌کنیم، به نظر نمی‌رسد که انگار زمان گذشته است اما وقتی که به وجود قبل و بعد اذعان داریم عملا مانند این است که بگوییم جریان زمان وجود دارد. برای همین است که آن‌چه ما زمان می‌خوانیم دفعات و تعداد تغییر یک چیز نسبت به لحظات قبل و بعد است [۳۵].»

به باور ارسطو، تغییر، یک رخداد موضعی و محدود است اما گذر زمان در هرجایی، فارغ از این که نزدیک باشد یا دور، به یک صورت رخ می‌دهد. او در پاسخ به پارادوکس‌های زنون که خودش آن‌ها را از جانب زنون روایت کرده می‌گوید اشتباه زنون و کلا طرز فکر فلسفه الئایی این است که زمان را با تغییر یکی گرفته‌اند. ارسطو می‌گوید زمان صرفا یک سیستم شمارشی انتزاعی برای اندازه‌گیری تغییر است اما تغییر چیزی است که واقعا در محیط پیرامون رخ می‌دهد. در نتیجه، اگرچه فواصل میان دو تغییر به‌صورت فیزیکی می‌تواند تا بی‌نهایت تقسیم شود اما چنین چیزی برای زمان که مفهومی انتزاعی است در عمل ممکن نیست.

پس از دوران باستانی به دوران قرون وسطی می‌رسیم که هرچند افرادی در این دوران به موضوع زمان اندیشیده‌اند اما حرف چندان تازه‌ای زده نشده است. مثلا سنت آگوستین به‌عنوان یکی از این افراد، ازلی و ابدی بودن زمان را پذیرفت و معتقد بود چون خداوند

avayebuf.com

عالم را از هیچ آفریده پس زمان هم شروعی داشته است. او در پاسخ به این که خداوند چطور قبل از پیدایش زمان توانسته است که تغییری در خودش و همچنین محیط اطرافش ایجاد کند، گفت که زمان نوعی مفهوم ذهنی است و خداوند خارج از این مفهوم ذهنی قرار دارد. با این‌حال، پس از اتمام قرون وسطی، شاهد ارایه نظراتی در مورد زمان هستیم که غالبا نه در مورد خود زمان که درباره ادراک آن هستند. جان لاک، فیلسوف تجربه‌گرای انگلیسی قرن هفدهم میلادی، به‌عنوان یکی از این افراد معتقد بود که زمان یک مفهوم ذهنی نیست یعنی معتقد بود زمان یا در تصویر بزرگ‌تر، مکان و زمان در خارج از ذهن واقعا وجود دارند. از نظر او، زمان را می‌توان توالی ایده‌ها و افکاری در نظر گرفت که در ذهن انسان در هر لحظه احساس می‌شوند. او سعی کرد که در یک فصل از معروف‌ترین اثرش یعنی *جستاری در فهم بشری*،[1] به توضیح نحوه ادراک زمان توسط ذهن بپردازد.

> «برای درک درست زمان باید به این توجه کنیم که منظور از مدت چیست و ما چطور به درک آن نایل می‌شویم. برای هرکسی که می خواهد آن‌چه در درونش می گذرد را مشاهده کند آشکار است که در ذهنش، یک توالی از ایده‌های مختلف وجود دارد که تا زمانی که فرد بیدار است، آن‌ها مرتبا در ادراک و فهم فرد جایگزین می‌شوند. توجه به پیدایش پشت سر هم چندین ایده در ذهن، همان چیزی است که به ما ایده توالی و جایگزینی را می‌دهد و فاصله بین هر بخش از آن توالی یا فاصله میان ظهور دو ایده در ذهن ما، همان چیزی است که ما آن را مدت زمان می نامیم [۳۶].»

فیلسوفی به مانند کانت برای این که توضیح دهد ما چطور زمان را درک می‌کنیم و چطور آن‌چه لاک آن را توالی ایده‌ها نامید به درک زمان توسط ما می‌انجامد، گفت که فهم توالی ایده‌های جان لاک بر اساس تجربه نیست. در واقع از نظر کانت، آن‌چه که باعث می‌شود ما مثلا فرایند الف را زودتر از ب بدانیم و در نتیجه جریان زمان را به درستی درک کنیم، به مفهوم ماده و علیت مربوط است. دو مفهومی که بخشی از ماهیت دنیای مادی و کاملا مستقل از ذهن هستند. او معتقد بود که یک فرد به هیچ طریقی نمی‌تواند متوجه شود که وقتی برای اولین‌بار شروع به تجربه کردن می‌کند، چطور مفهومی مانند توالی زمانی را باید

[1] An Essay Concerning Human Understanding

t.me/AVAYeBUF

تمیز دهد. در نتیجه، از نظر او آن‌چه که به فرد در تمیز دادن این توالی‌ها یاری می‌رساند نه خود تجربه که قواعد و مبناهایی هستند که به ما در فهم صحیح تجربیات کمک می‌کنند. به نظر کانت ما در ابتدا بر اساس ایده‌هایی ذاتی (چیزی مانند غریزه یا تمایلات زیستی)، پیش‌فرضی مشخص از توالی وقوع رخدادهای بیرون از ذهنمان داریم و بر اساس همین پیش‌فرض است که ما قادر به درک تجربه محیط پیرامون هستیم. این یعنی از نظر کانت ما هیچ‌گاه خالی از ایده‌ها نیستیم و حتی در زمان روبرو شدن با اولین تجربیات زندگی خودمان، به پیش‌فرض‌هایی اولیه و ذاتی مجهزیم. او در کتاب *نقد خرد محض*[1] در این باره می‌نویسد:

> «زمان یک مفهوم تجربی نیست که از هرگونه تجربه‌ای اقتباس شده باشد. اگر درک مفهوم زمان به‌صورت مفهومی اولیه (در ذهن ما) وجود نداشت ما قادر به درک و تشخیص هم‌زمانی یا توالی (رخدادها) نبودیم. بدون چنین پیش‌فرضی ما نمی‌توانستیم تشخیص دهیم که رخدادها با یک‌دیگر و به‌صورت هم‌زمان رخ داده‌اند یا این که در زمان‌های مختلف و به‌صورت یک توالی به وقوع پیوسته‌اند [۳۷].»

بحث در مورد مفهوم زمان از دید فلسفی با فردی مانند کانت به پایان نرسید و البته هنوز هم به چنین سرانجامی مبتلا نشده است. پس از کانت هم فلاسفه زیادی درگیر مفهوم زمان بوده‌اند و سعی کردند برای آن توضیحی ارایه کنند. مثلا فیلسوف فرانسوی، *آنری برگسون*[2]، معتقد بود زمانی که توسط ساعت و بقیه ابزارآلات علمی اندازه گرفته می‌شود با زمانی که توسط فرد تجربه می‌شود فرق دارد. از نظر او زمان واقعی یا همان چیزی که ما تجربه می‌کنیم و او آن را مدت[3] می‌نامید را نمی‌توان به‌صورت کمی محاسبه کرد، با عدد و رقم بیان کرد، با ساعت دنبال کرد یا حتی بدون ایجاد وقفه و اختلال آن را اندازه گرفت [۳۳]. برگسون معتقد بود که نسبیت در زمان ناممکن است و از همین‌رو، به اینشتین معترض بود. اینشتین هم در پاسخ به او به سادگی گفت چیزی به اسم زمان فلاسفه وجود ندارد. تنها یک زمان فیزیولوژیکی وجود دارد که با زمان شناخته شده توسط فیزیک‌دان‌ها

[1] Critique of Pure Reason
[2] Henri Bergson
[3] la durée

avayebuf.com

فرق دارد [۳۸]. فیلسوف قرن بیستمی دیگری مانند *مارتین هایدگر*[1] معتقد بود که ما در زمان زندگی نمی‌کنیم بلکه ما خود زمان هستیم [۳۹]. به این معنی که وجود ما مفهومی ساخته شده از زمان است. ما واقعیت را نه به‌صورت توالی رخدادها که بر اساس حافظه خودمان از گذشته، آگاهیمان از زمان حال و انتظارمان از آینده درک می‌کنیم [۳۳].

به‌عنوان یکی دیگر از افرادی که در قرن بیستم میلادی در مورد مفهوم زمان به‌صورت فلسفی نظرات قابل توجهی ارایه کرد می‌توان به *جان مک‌تاگارت*[2] اشاره نمود. او در مقاله‌ای با عنوان *خیال زمان*[3] که در سال ۱۹۰۸ میلادی منتشر شد، گفت که موقعیت یک جسم در زمان به دو صورت می‌تواند توضیح داده شود. در حالت اول، هر جسم در هر لحظه، همواره با سه وضعیت گذشته، حال و آینده روبروست و این حالات در جریانی همیشگی، پیوسته در حال تبدیل شدن به یک‌دیگر هستند. به این صورت که آینده دور به آینده نزدیک و سپس به حال تبدیل شده و در ادامه، حال به گذشته نزدیک و نهایتا گذشته دور تبدیل می‌شود. او این حالت را *توالی‌های ای*[4] نامید. در حالت دوم، یک جسم در هر موقعیت زمانی، تنها نسبت به موقعیت زمانی قبل یا بعد از خود سنجیده می‌شود و دیگر مفهوم آینده، حال و گذشته برای آن معنا ندارد. در این حالت که او آن را *توالی‌های بی*[5] نامید، هر جسم در هر لحظه از زمان، به مانند دومینویی است که تنها یک دومینو در جلو و یک دومینوی دیگر در پشت سر خودش می‌بینند. دومینوهایی ثابت که هیچ جریانی از تغییر را مشاهده نمی‌کنند [۴۰].

مک‌تاگارت پس از معرفی این دو توالی زمانی به سراغ نتیجه‌گیری‌های بعدی رفت. او در ادامه گفت که زمان بدون تغییر وجود ندارد و از آن‌جا که تغییر در توالی‌های بی وجود ندارد، وجود زمان، محتاج توالی‌های ای است. با این‌حال، چنین چیزی خود منجر به پیدایش یک تناقض بزرگ می‌شود زیرا در توالی‌های ای، همه زمان‌ها در حال تبدیل شدن به یک‌دیگر هستند (آینده←حال←گذشته) و در نتیجه هر رخدادی باید هم‌زمان هم آینده،

[1] Martin Heidegger
[2] John McTaggart
[3] The Unreality of Time
[4] A Series
[5] B Series

t.me/AVAYeBUF

هم حال و هم گذشته باشد. او در برابر این راه حل که می‌گفت این توالی‌ها در زمان‌های مختلف رخ می‌دهند و در نتیجه هم‌زمان نیستند (پس تناقضی در کار نیست) گفت که حتی اگر آن‌ها را در زمان‌های مختلف در نظر بگیریم عملا آن‌ها را در توالی‌های زمانی دیگری قرار داده‌ایم که چنین حالتی مجددا ما را با مشکلی مانند توالی‌های بی روبرو می‌سازد. جایی که با معضل فقدان تغییر روبرو هستیم و در نتیجه، این خودش تناقض است [۴۱]. در نهایت، او نتیجه گرفت که توالی‌های بی به خاطر نداشتن تغییر نمی‌توانند واقعیت داشته باشند و پذیرش توالی‌های ای هم که منجر به تناقض می‌شود، پس چیزی به اسم زمان وجود ندارد و آن‌چه گذر زمان می‌نامیم خیالی بیش نیست. نظرات او در مورد مفهوم زمان، حتی گام به مرحله دیگری هم گذاشت. مک‌تاگارت پس از مردود دانستن توالی‌های ای و بی و رد این که زمان متشکل از واحدهای مستقل یا جریانی پیوسته و در حال تغییر است، توالی دیگری را پیشنهاد کرد. او گفت که اگرچه زمان به آن شکلی که تصور می‌کنیم وجود ندارد اما واقعیت این است که یک رابطه مشخص بر ترتیب ظاهری وقوع رویدادها در زمان حکم‌فرمایی می‌کند. رابطه‌ای که مک‌تاگارت آن را توالی‌های *سری سی*[1] نامید. به این معنی که این توالی‌ها اگرچه همانند سری بی متشکل از واحدها و قطعات ثابت هستند اما با این تفاوت که در این‌جا برخلاف سری بی، دیگر خبری از یک جهت مشخص برای زمان در کار نیست. چیزی شبیه الفبا که اگرچه مثلا ما در فارسی آن را به ترتیب از حرف الف تا ی می‌نویسیم اما به‌صورت ذاتی واقعا هیچ جهتی در تار و پود این حروف وجود ندارد و این قراردادهای ساختگی ماست که تعیین می‌کند الفبا را از کدام جهت بخوانیم.

همان‌طور که تا این‌جا دیدیم بحث‌های فلسفی در مورد زمان، بیش‌تر از این که ما را واقعا به نتیجه‌ای ملموس رسانده باشند، مرتبا در حال طرح سوالات بیش‌تر و فرو بردن ما در چاه بی‌انتهای فرضیات ذهنی و شخصی بوده‌اند. با این‌حال، به نظر می‌رسد که روش علمی همان راهکار نجات‌بخشی بوده که ما به دنبال آن بوده‌ایم. با رایج شدن به کار بستن روش علمی توسط فردی همچون گالیله در قرن هفدهم، عملا راه برای فهم مفهوم زمان به‌صورتی

[1] C Series

avayebuf.com

مدون و رسیدن به نتایجی بهتر از مجادلات نظری باز شد. او با کمک اندازه‌گیری حرکت گلوله‌ای برنزی بر روی یک سطح شیب‌دار با کمک یک ساعت آبی توانست زمان انجام یک تغییر فیزیکی را اندازه‌گیری کند. فرض بزرگی که در آزمایشات گالیله وجود داشت این بود که زمان برای همه تغییرات به یک صورت می‌گذرد [۴۲]. یافته‌ای که بعدا به جای پای محکمی برای ایستادن نیوتن بر روی آن تبدیل شد.

چشم‌گیرترین ثمره دستاوردهای گالیله را می‌توان در یافته‌های نیوتن در توصیف کیهان ملاحظه کرد. نیوتن با نشستن بر شانه غولی به مانند گالیله و نگاه کردن به دوردست‌ها، متوجه شد که می‌توان محیط پیرامون و در تصویر بزرگ‌تر، تمام کیهان را با کمک معادلات ریاضی توصیف کرد. او به ما نشان داد که چطور تنها با مشتی معادله، آینده یک رخداد را با دقتی بی‌نظیر پیش‌بینی کنیم. معادلاتی که می‌توان آن‌ها را در واقعیت آزمود و صحت پیش‌بینی‌هایشان را سنجید. حالا به لطف او، رخدادهای آینده آن‌قدرها هم غیرقابل پیش‌بینی و نامعلوم نبودند. او موفق به نوشتن قوانینی جهان‌شمول شد که می‌توانستند به‌صورتی کمی، از پس توصیف عالم و تغییرات مکانیکی حاصل از برهم کنش نیروهای موجود در آن برآیند. نتیجه این توصیفات این بود که مکان و البته زمان، مفاهیمی مطلق هستند و می‌توانند به‌صورتی عمومی و جهان‌شمول اندازه‌گیری شوند. دنیایی که موقعیت اجزای آن در زمان‌های مختلف مانند اجزای موجود در یک اتاق، کاملا مشخص و قطعی است با این تفاوت که از نظر نیوتن این اتاق از هر طرف تا بی‌نهایت ادامه دارد.

نیوتن برخلاف ارسطو که معتقد بود زمان نوعی شمارش حرکت است و در نتیجه تا زمانی که حرکتی در کار باشد، زمان هم وجود خواهد داشت، به این نتیجه رسید که زمان فارغ از حرکت و تغییر است و چه جسمی مطلقا بی‌حرکت و چه در حال حرکت باشد، زمان هم‌چنان بر آن ساری و جاری است. این یعنی در مکانیک نیوتنی، تغییر جریان زمان محال است. نتیجه‌ای که حتی در همان زمان هم مخالفین خاص خودش را داشت اما با توجه به کارایی معادلات نیوتن در توصیف رویدادهای پیرامونی، آن‌چه موقتا پیروز این مجادله شد باور به مطلق بودن زمان بود. با این‌حال، با روی کار آمدن آلبرت اینشتین و نظریه نسبیت خاص او، ورق برگشت و بالاخره مفهوم مطلق بودن زمان به زیر کشیده شد.

t.me/AVAYeBUF

از زمانی که نیوتن باور به مطلق بودن مکان و زمان را مطرح کرد مخالفینی به مانند لایبنیتس با استناد به این که حرکت بخشی از هویت عالم است و هیچ چیز مطلقا ثابتی وجود ندارد، به مطلق بودن مکان و زمان اعتراض داشتند. علاوه‌بر این، موقعی که برای اولین بار سرعت نور توسط منجم دانمارکی *اوله رومر*[۱] در سال ۱۶۷۶ میلادی اندازه گرفته شد، عملا این مساله می‌توانسته مطرح باشد که این سرعت نسبت به چه چیزی اندازه‌گیری شده است و مرجع مطلقا ثابت و بدون حرکت کجاست؟ فقدان شاخصی به‌عنوان مکان مطلق، باعث شد که باور به وجود ماده‌ای به نام *اتر*[۲] قوت بگیرد. ماده‌ای ثابت که معتقدین به آن باور داشتند به‌عنوان نوعی بافت و جوهر، تمام عالم را پر کرده و در نتیجه همه‌چیز نسبت به آن در حال حرکت است. با این‌حال، خیلی طول نکشید تا این که *آلبرت مایکلسون*[۳] و *ادوارد مورلی*[۴] در آزمایش معروف خود در سال ۱۸۸۷ میلادی نشان دهند که سرعت نور در جهت‌های مختلف همواره ثابت است و عملا وجود چیزی به نام اتر توضیحی اضافی است. با نبود مبنای مطلقی برای مکان، مفهوم زمان مطلق هم خودبه‌خود به زیر سوال رفت. نتیجه‌ای که البته فورا مورد پذیرش قرار نگرفت. مثلا ریاضی‌دان معروفی مانند *آنری پوانکاره*[۵] که حتی زودتر از اینشتین به مفهوم نسبی بودن زمان (و البته مکان) پی‌برده بود، هم‌چنان بر این باور بود که اگرچه هر نقطه مشخص، زمان خاص خودش را دارد اما یک زمان مطلق (متعلق به مکان ثابتی مانند اتر) وجود دارد که این زمان‌های نسبی را می‌توان نسبت به آن سنجید [۴۳]. با این‌حال، آلبرت اینشتین برخلاف بقیه که قصد داشتند ثابت بودن سرعت نور را به نحوی توجیه کنند تا هم‌چنان اتر به‌عنوان شاخصی مطلق برای زمان و مکان وجود داشته باشد، جسارت کافی را به خرج داد و در سال ۱۹۰۵ میلادی[۶] در مقاله‌ای با عنوان *در مورد الکترودینامیک اجسام متحرک*[۷] گفت که اگر زمان

---

[1] Ole Christensen Roemer
[2] Aether
[3] Albert Michelson
[4] Edward Morley
[5] Henri Poincaré
[۶] سالی که به آن سال جادویی اینشتین گفته می‌شود زیرا او در این سال، چهار مقاله استثنایی به چاپ رساند که هر یک تحولی بنیادی در فیزیک ایجاد کرد. در این چهار مقاله او به ترتیب مفهوم فوتون را پیشنهاد کرد، شواهدی تجربی برای وجود اتم‌ها ارایه کرد، نشان داد که سرعت نور مستقل از حرکت ناظر است و در نهایت اثبات کرد که ماده و انرژی هم‌ارزند.
[7] Zur Elektrodynamik Bewegter Körper

avayebuf.com

را نسبی تلقی کنیم دیگر نیازی به مفهوم اتر نداریم. به زبان ساده، او گفت که هیچ چهارچوب یا موقعیت ارجحی در کار نیست و این به شما بستگی دارد که خود را نسبت به چه چیزی و کجا بسنجید.

اینشتین به این طریق عملا آخرین میخ را بر تابوت مطلق‌گرایی زمان و مکان کوبید. از آن زمان تا امروز ما می‌دانیم که اجزای سازنده کیهان تحت تاثیر یک ساعت جهانی نیستند و هر جسم یا رویداد، می‌تواند زمان مخصوص به خودش را داشته باشد. اینشتین به ما نشان داد آن‌چه که سرعت گذر زمان می‌خوانیم به سرعت و پتانسیل گرانشی بستگی دارد. به این صورت که از نگاه ناظر ظاهرا ثابتی که در حال مشاهده است، هرچه بر سرعت یک جسم و یا نیروی گرانشی موثر بر آن افزوده شود، گذر زمان برای آن جسم هم آهسته‌تر دیده می‌شود. به‌صورت وارونه، آن جسم نیز گذر زمان را برای ناظری که در حال تماشای اوست و تحت تاثیر سرعت یا نیروی گرانشی مشابهی نیست، سریع‌تر از زمان خودش می‌بیند. پدیده‌ای که آن را *اتساع زمان*[1] می‌نامند و به این معناست که سرعت سپری شدن زمان برای دو فرد می‌تواند کاملا متفاوت باشد.

اگرچه از لحاظ درک و شهود انسانی ما، مفهوم اتساع زمان موضوعی غیرقابل هضم است اما تاکنون آزمایشات فراوانی در تایید این پدیده به انجام رسیده و عملا بحثی در صحت آن نیست. در جدیدترین آن‌ها که همین امسال به چاپ رسیده است محققین موفق شدند اختلاف زمانی میان تعدادی از اتم‌های استرانسیوم که تنها یک میلی‌متر از یک‌دیگر فاصله داشتند را اندازه بگیرند. اتم‌هایی که از لحاظ قرار داشتن در معرض نیروی گرانشی، مقدار ناچیزی با یک‌دیگر تفاوت داشتند. این بازه ناچیز، کوچک‌ترین فاصله‌ای محسوب می‌شود که تاکنون اختلاف زمان گرانشی آن اندازه گرفته شده است [۴۴]. اگر درک ابعاد اتمی و فاصله یک میلی‌متر برایتان دشوار است بگذارید به سراغ مثال دیگری برویم. برای ذره‌ای که از آغاز شکل‌گیری زمین در مرکز آن قرار داشته، در مقایسه با ذره مشابهی که در سطح زمین بوده، به اندازه ۲٫۵ سال اختلاف زمانی وجود دارد. به عبارت دیگر، هسته زمین

[1] Time Dilation

t.me/AVAYeBUF

حدود ۲٫۵ سال جوان‌تر از سطح آن است [۴۵]. در نتیجه، هرچه ارتفاع از سطح زمین بیش‌تر شود، از میزان موثر نیروی گرانشی زمین کاسته شده و این کاهش سبب می‌شود که گذر زمان در ارتفاعات سریع‌تر باشد. به‌عنوان مثالی دیگر، فرض کنید شما ۳۰ سال بر روی زمین و در ارتفاع سطح دریا زندگی کرده‌اید. فردی که همین مدت را در نوک کوه اورست زندگی کرده نسبت به شما، به اندازه ۰٫۹۱ میلی‌ثانیه گذر زمان بیش‌تری را تجربه کرده و به همین میزان نسبت به شما پیرتر است. اگر آن فرد همین مدت را بر روی ماه زیسته باشد ۶۲۹ میلی‌ثانیه پیرتر از شما خواهد بود.[۱] وضعیت وارونه‌ای برای ارتفاعات کم‌تر از سطح دریا و نزدیک‌تر به مرکز زمین وجود دارد. اگر فرد مورد نظر تمام مدت را در جایی به مانند دریای مرده زندگی کرده باشد که حدود ۴۲۲ متر پایین‌تر از سطح دریا قرار دارد، ۴۴ میکروثانیه نسبت به شما جوان‌تر است. اگر این فرد، همین مدت را در گودال چلنجر سپری کرده باشد که در عمق حدودا ۱۱ کیلومتری از سطح زمین قرار دارد، نسبت به شما حدود ۱٫۱ میلی‌ثانیه جوان‌تر است [۴۶]. مثال‌های بیش‌تری از پدیده اتساع زمان در جدول ۳ ارایه شده است.

جدول ۳: مقایسه اتساع زمان در مجاورت اجرام مختلف [۴۷]

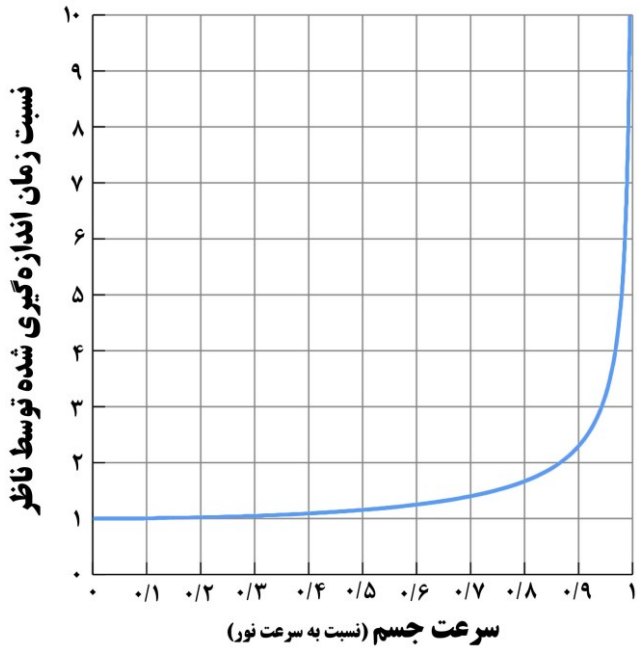
جسم	**جرم** (کیلوگرم)	**شعاع** (کیلومتر)	**زمان سپری شده** (ثانیه)
ساعت مرجع	–	–	۶۰
زمین	۶×۱۰^{۲۴}	۶۳۶۷	۵۹٫۹۹۹۹۹۹۹۶
مشتری	۲×۱۰^{۲۷}	۷۰۰۰۰	۵۹٫۹۹۹۹۹۸۸
خورشید	۲×۱۰^{۳۰}	۷۰۰۰۰۰	۵۹٫۹۹۹۸۷
کوتوله سفید	۲×۱۰^{۳۰}	۵۰۰۰	۵۹٫۹۸۲۳
ستاره نوترونی	۴×۱۰^{۳۰}	۱۰	۳۸٫۳۹
سیاه‌چاله	۱۰×۱۰^{۳۰}	۱۵	۰

همان‌طور که افزایش میزان نیروی جاذبه موجب کاهش گذر زمان برای یک جسم می‌شود، افزایش سرعت هم اثری مشابه را به بار می‌آورد. به این صورت که هرچه شما بر سرعت

[۱] در این‌جا از اثر جرم ماه بر اتساع زمان صرف نظر شده و جرم زمین به‌عنوان تنها جرم موثر در نظر گرفته شده است.

avayebuf.com

خود بیافزایید اگرچه از دید شما همه‌چیز عادی و نرمال است اما وقتی ساعت خودتان را با ناظری اصطلاحا ایستا مقایسه کنید، متوجه می‌شوید که ساعت شما در مقایسه با ساعت او، با سرعت کم‌تری حرکت می‌کند. کاهش سرعتی که میزان آن به سرعت شما بستگی دارد (تصویر ۱۶). برای درک این موضوع، ذره‌ای مانند پیون (π^+) را در نظر بگیرید که از نظر خودش دارای طول عمری برابر با $۲/۵\times۱۰^{-۸}$ ثانیه است اما از نظر ما که آن را در حال حرکت با سرعتی معادل با ۰/۹۹۹۹۵ سرعت نور ملاحظه می‌کنیم، طول عمر آن برابر با $۲/۶\times۱۰^{-۶}$ ثانیه است. به عبارت دیگر، از دید ما که نسبت به پیون، مرجعی ثابت فرض می‌شویم، طول عمر یک پیون حدود ۱۰۰ برابر طولانی‌تر از چیزی است که خودش آن را تجربه می‌کند [۱۴].

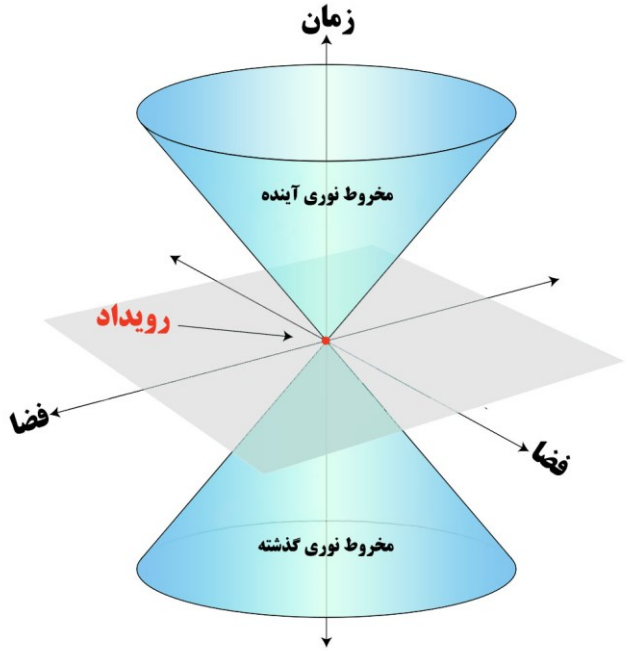


تصویر ۱۶: ضریب انبساط زمان اندازه‌گیری شده توسط ناظر برای یک جسم در حال حرکت در سرعت‌های مختلف

با معرفی مفهوم نسبیت عام توسط اینشتین، او نشان داد که زمان و مکان دو مفهوم درهم‌تنیده هستند و برخلاف مکانیک نیوتنی، ما باید در توصیف کیهان از ترکیب این دو و در چهارچوبی با عنوان فضازمان استفاده کنیم. ترکیبی چهاربعدی که سه بعد آن متعلق

t.me/AVAYeBUF

به مکان و بعد چهارم متعلق به زمان است. با توجه به این که نمایش دقیق یک مفهوم چهاربعدی در فضای سه‌بعدی ممکن نیست، معمولا برای نمایش آن از نموداری ساده شده استفاده می‌شود که ریاضی‌دانی به نام *هرمان مینکوفسکی*[1] آن را پیشنهاد کرد (تصویر ۱۷).



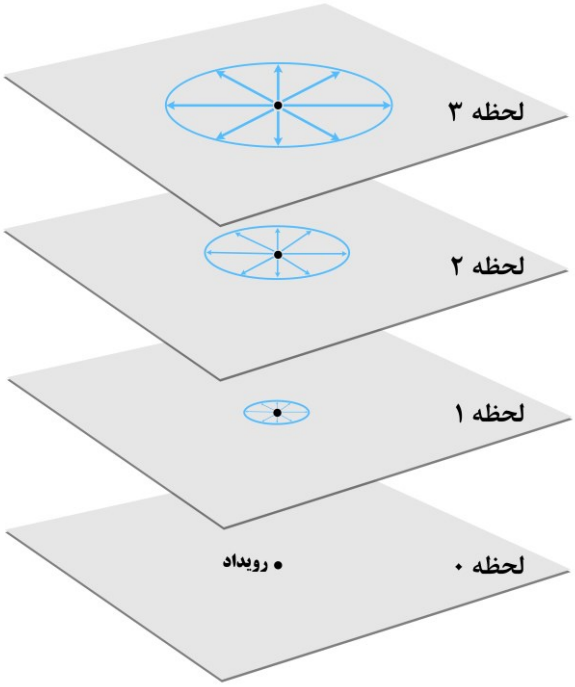
تصویر ۱۷: در نمودار سه‌بعدی مینکوفسکی که نمایشی ساده از فضازمان چهاربعدی است، مرکز نمودار (نقطه ۰، ۰، ۰) موید موقعیت یک رویداد یا جسم می‌باشد. دو محور افقی موجود در نمودار (طول و عرض) صفحه‌ای را تشکیل می‌دهند که تعیین‌کننده موقعیت مکانی رویداد مورد نظر است. محور عمودی هم به تغییرات این صفحه در راستای زمان اشاره دارد. هر رویداد می‌تواند مخروط زمانی خاص خودش را داشته باشد و ابعاد این مخروط متناسب با سرعت نور است.

در این نمودار، دو محور طول و عرض یک سطح فرضی را می‌سازند که می‌توان این سطح را معادل همان فضای آشنای سه‌بعدی (طول، عرض و ارتفاع) در نظر گرفت و یک جسم یا رویداد به‌صورت قراردادی در مرکز آن قرار می‌گیرد. محور عمودی این نمودار متعلق به زمان است و رویداد یا جسم مورد نظر ما می‌تواند در راستای آن به سمت آینده حرکت

[1] Hermann Minkowski

avayebuf.com

کند. در این نمودار، هر جسم در هر لحظه، در بالا و پایین خود (یا در جلو و پشت خود)، دو مخروط زمانی را می‌بینند. هرچه در راستای محور زمان از جسم مورد نظر دور بشویم و به سمت گذشته یا آینده حرکت کنیم، ابعاد این دو مخروط هم افزایش می‌یابد. علت مشخص است، چون نور مربوط به جسم/رویداد مورد نظر فرصت بیش‌تری برای گسترش همه‌جانبه در (صفحه) فضا را پیدا می‌کند. به بیان دیگر، اگر جسمی بخواهد از مخروط نوری خودش خارج شود، باید به سرعتی بیش‌تر از سرعت نور دست پیدا کند (تصویر ۱۸).

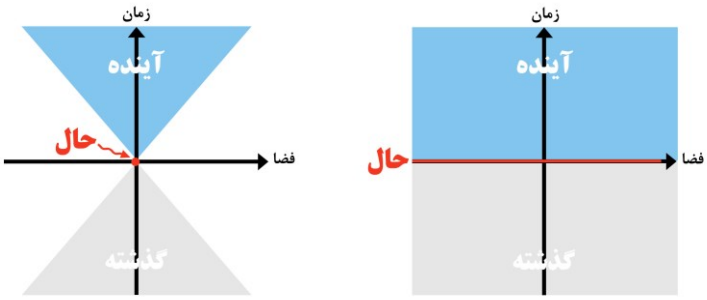


تصویر ۱۸: شکل‌گیری مخروط نوری. یک مخروط نوری نمایان‌گر مسافت پیموده شده توسط نور یک رویداد در جهت‌های مختلف در صفحه مکان است.

برخلاف توصیف نیوتنی از زمان که تنها یک گذشته و یک آینده مشترک برای تمام نقاط کیهان در نظر می‌گیرد، در تصویری که اینشتین برای ما از کیهان ساخت، هیچ گذشته و آینده مشترکی در کار نیست و هر جسم یا رویدادی را که در نظر بگیریم، می‌تواند مخروط زمانی اختصاصی خودش را داشته باشد. در نهایت هم باید گفت یک جسم به‌صورت معمول

t.me/AVAYeBUF

برهم‌کنشی با چیزهایی که خارج از مخروط زمانی خودش هستند ندارد زیرا چنین برهم‌کنشی به این نیاز دارد که جسم مورد نظر یا اثرات آن بتوانند به سرعتی بیش از سرعت نور دست پیدا کنند که چنین چیزی مطابق نسبیت خاص غیرمجاز است (تصویر ۱۹).

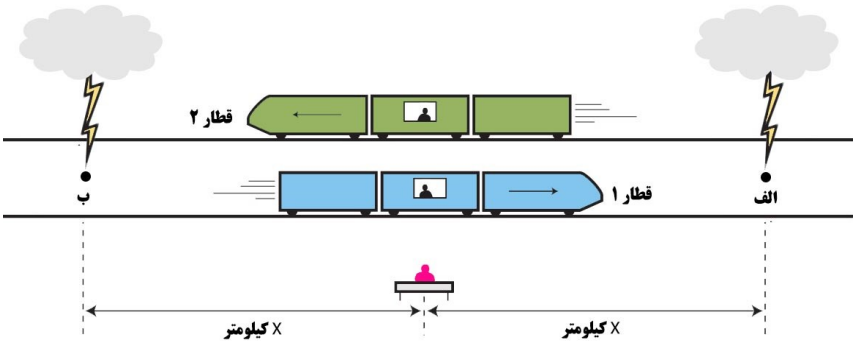


تصویر ۱۹: نمودار فضازمان در مکانیک نیوتنی (راست) و نسبیتی (چپ). در دنیای نیوتونی، در هر لحظه تنها یک زمان حال برای تمام نقاط کیهان وجود دارد و فرقی ندارد یک رخداد از لحاظ مکانی در کجا قرار دارد زیرا گذر زمان برای تمامی رخدادهای سراسر کیهان یکسان تلقی می‌شود. با این‌حال، در دنیای اینشتینی، هر رخداد زمان مخصوص به چهارچوب خودش را دارد و هم‌زمانی سراسری بی‌معناست.

یکی از عواقب و نتایج عجیب و غریب نسبی دانستن زمان، مساله ترتیب و توالی وقوع رخدادها است. وقتی هیچ مبنای مطلقی برای زمان در دست نباشد، دو یا چند ناظر می‌توانند روایت‌های مخصوص به خودشان را در مورد ترتیب وقوع مراحل یک رخداد مشخص داشته باشند. برای درک این موضوع می‌توان به مثالی که خود اینشتین آن را مطرح کرد متوسل شویم. تصور کنید در یک ایستگاه قطار و به فاصله کاملا مشخص و برابری از دو نقطه الف و ب نشسته‌اید (تصویر ۲۰). کمی که می‌گذرد دو قطار یکی از سمت راست و دیگری از سمت چپ در دو مسیر مخالف نسبت به هم، وارد ایستگاه می‌شوند. دو قطاری که در هر یک از آن‌ها، یکی از دوستان شما قرار دارد. حالا تصور کنید که در یک لحظه کاملا مشخص و در حالی که دو قطار در حال حرکت، دقیقا روبروی یک‌دیگر و مقابل شما قرار گرفته‌اند، دو صاعقه به‌صورت هم‌زمان به نقاط الف و ب برخورد کند. آن‌چه شما می‌بینید چیزی به جز برخورد هم‌زمان دو صاعقه به دو نقطه الف و ب نیست. با این‌حال،

avayebuf.com

روایت دوستان شما از این واقعه، داستان متفاوتی است. دوست اول شما که در زمان برخورد دو صاعقه، سوار بر قطار شماره ۱ و در حال حرکت به سمت نقطه الف بوده، به خاطر می‌آورد که در آن لحظه، اول یک صاعقه به نقطه الف و سپس صاعقه دیگری به نقطه ب اصابت کرد. وقتی که از دوست دومتان سوال مشابهی را بپرسید، داستان حتی از این هم جالب‌تر می‌شود. او که در زمان وقوع برخورد دو صاعقه سوار قطار شماره ۲ و در حال حرکت به سمت نقطه ب بوده برای شما داستان کاملا وارونه‌ای را تعریف خواهد کرد. از نظر او اولین صاعقه به نقطه ب و صاعقه دوم به نقطه الف برخورد کرده است.

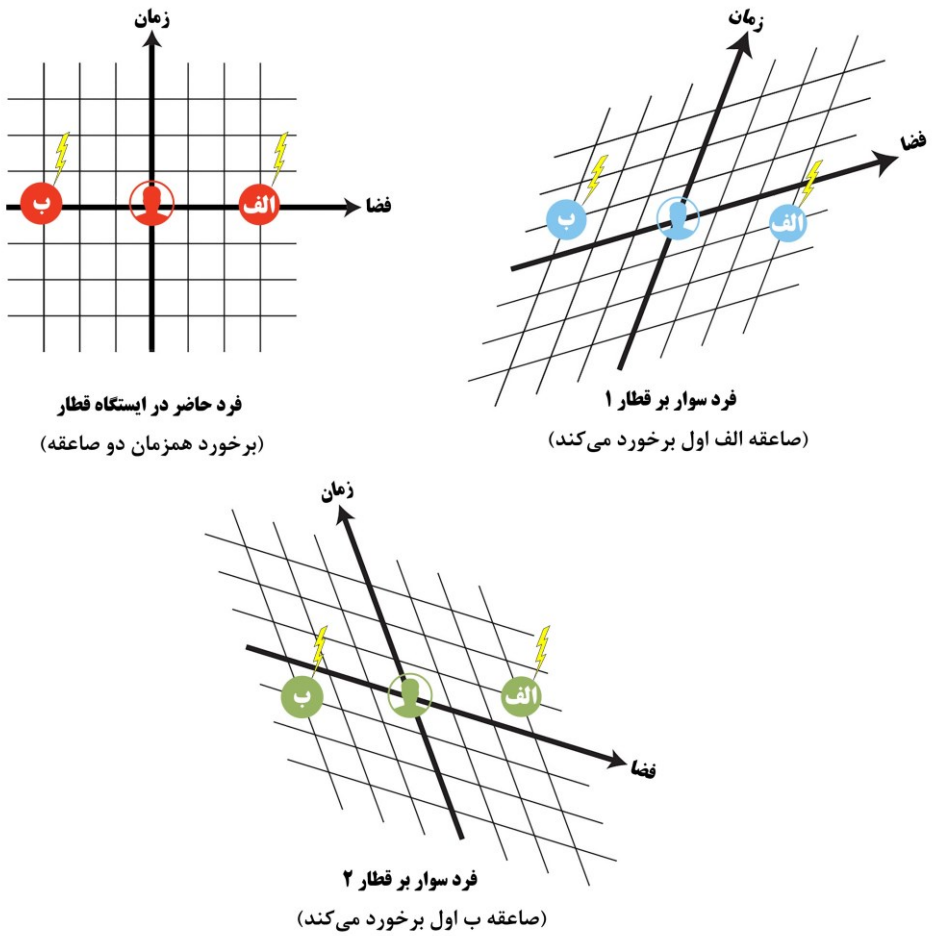


تصویر ۲۰: روایت‌های مختلف سه ناظر، از برخورد دو صاعقه به نقاط الف و ب

این یعنی سه روایت مختلف از ترتیب توالی وقوع یک حادثه مشخص! خب حق با چه کسی است؟ شما که ظاهرا ثابت در ایستگاه نشسته بودید یا دوستانتان که در لحظه برخورد دو صاعقه در حال حرکت بوده‌اند؟ پاسخ حتی از سوال پیش آمده هم عجیب‌تر است. حق با همه است! موضوع از این قرار است که چون فرد سوار بر قطار شماره ۱ به سمت نقطه الف در حال حرکت بوده، نور منتشر شده از صاعقه در زمان برخورد به این نقطه را زودتر از نور صاعقه نقطه ب دیده و شرایط وارونه‌ای برای فرد سوار بر قطار شماره ۲ وجود داشته است. با این‌حال، چون شما دقیقا در میان دو نقطه الف و ب نشسته بودید و در حال نزدیک شدن به هیچ‌یک از آن‌ها نبودید، برخورد آن‌ها را هم‌زمان دیده‌اید. نسبیت به ما می‌گوید که هیچ مرجع و مکان مطلقی در کار نیست و همه آن‌ها به یک میزان حقیقت را می‌گویند. شاید شما فکر کنید که بر روی صندلی ایستگاه ثابت نشسته‌اید اما شما هم بر روی زمینی قرار دارید که با سرعت حدود ۱۷۰۰ کیلومتر برساعت به دور خود و با سرعت بیش از ۱۰۷

t.me/AVAYeBUF

هزار کیلومتر بر ساعت به دور خورشید می‌چرخد.



تصویر ۲۱: اثر سرعت و جهت حرکت سه ناظر بر زمان. تفاوت قاب مرجع و نمودار فضازمان ترسیم شده، باعث می‌شود که هر ناظر ترتیب متفاوتی را برای برخورد دو صاعقه ببیند.

در پایان این فصل باید گفت که دستاورد بزرگ اینشتین این بود که ما را از چاه بی‌انتهای فلسفه‌بافی محض در مورد زمان بیرون کشید و مسیر مشخصی را برای درک مفهوم زمان پیشنهاد کرد. درکی مستند و بر اساس مدارک قابل بررسی که نتایج آن می‌تواند در خارج از ذهن و به‌صورت کاملا مستقل بررسی و تایید شود. او به ما نشان داد که زمان نه مفهومی ماورایی که رخدادی کاملا درهم تنیده با ماده و انرژی است که سرعت جریان ظاهری آن می‌تواند بسته به شرایط متفاوت باشد.

avayebuf.com

۳

در جستجوی معنا

برای ما فیزیک‌دانان متعهد، تفاوت میان گذشته، حال و آینده تنها یک توهم سرسختانه و همیشگی است.

– آلبرت اینشتین (نامه‌ای به خانواده بِسو)

در فصل قبل سعی کردم که به شکلی کلی و البته مختصر به سیر تغییر و تحول فکری نوع بشر به مفهوم زمان بپردازم. با این‌حال، سوال مهمی از همان آغاز مطرح بود که ما هنوز به آن نپرداخته‌ایم. سوالی که می‌پرسد زمان واقعا چیست؟ برای پاسخ به این سوال، اولین چیزی که باید در نظر داشته باشیم این است که میان زمان بیرونی (زمان فیزیکی) و زمان درونی (زمان زیستی)، تفاوت مشخصی وجود دارد. زمان بیرونی همان چیزی است که جریان ظاهری آن در محیط پیرامون دیده می‌شود و ما در گذرش رشد می‌کنیم، پیر می‌شویم و نهایتا می‌میریم. همان زمانی که بدون وجود ما هم به جریان داشتن ادامه می‌دهد و در نتیجه، فرقی نمی‌کند که ما آن را تماشا کنیم یا نکنیم. با این حال، زمان درونی می‌تواند به معنای نوعی ادراک و پردازش زیستی مفهوم زمان باشد که خود بحث دیگری است. بحثی که صحبت مفصل در مورد آن را به فصل چهارم واگذار می‌کنم.

به‌صورت کلی ما زمان را به سه صورت می‌شناسیم. اولین نوع آن، لحظه و «آن» است که

t.me/AVAYeBUF

اشاره به یک نقطه مشخص بر روی خط زمان دارد. مثلا همین حالا که مشغول نوشتن این جملات می‌باشم در لحظه‌ای هستم که می‌توان آن را به این صورت نمایش داد: ساعت ۱۸:۳۸، روز پنج‌شنبه، سوم خرداد سال ۱۴۰۱. شکل دیگری از زمان که ما آن را درک می‌کنیم، مدت زمان است که به معنای فاصله میان دو لحظه مشخص است. مثلا از آغاز سال تا زمان نگارش این جملات، حدود ۶۵ روز گذشته است. برخلاف مفهوم لحظه، این شکل از زمان، مقدار عددی مشخصی بر روی خط زمان ندارد و صرفا یک دامنه و گستره زمانی است. در نهایت، سومین مفهوم زمان هم مربوط به گاه‌شماری است. در این مفهوم هم همانند مورد دوم، نمی‌توان نقطه دقیقی برای آن بر روی خط زمانی متصور شد اما برخلاف هر دو مورد قبلی، ترتیب و توالی زمان اهمیت پیدا می‌کند و این همان چیزی است که مفهوم تاریخ بر آن استوار است. مثلا این که دوران ژوراسیک (۱۴۵-۲۰۱ میلیون سال پیش) پیش از دوران کِرتاسه (۶۶-۱۴۵ میلیون سال پیش) بوده، در راستای همین مفهوم از زمان است.

سه موردی که در پاراگراف قبل به آن اشاره شد، نه تعریف زمان که نحوه برخورد ما با آن است. تعریف ماهیت زمان مخصوصا به شکلی ملموس‌تر چیزی است که قصد داریم در بخش بعدی به آن نزدیک شویم، هرچند که تعریف دقیق آن از عهده ما خارج است. بیایید در آغاز، کارمان را با مفهوم اندازه‌گیری و ملاک‌های تعیین مقدار زمان شروع کنیم.

عقربه‌های خیالی

منابع مختلف تعاریف گوناگونی از زمان ارایه کرده‌اند. به‌عنوان مثال، دانش‌نامه بریتانیکا در فرهنگ لغت خودش حداقل ۱۸ تعریف برای زمان ارایه کرده است. تعاریفی مانند «چیزی که با کمک ثانیه، دقیقه، ساعت، روز، سال و غیره اندازه گرفته می‌شود»، «وقوع یک عمل یا رخداد»، «کیفیت تجربه یک لحظه مشخص یا مدت زمان مربوط به یک دوره معین» و مانند این‌ها که البته قصد ندارم در این‌جا به تمام آن‌ها اشاره کنم [۴۸]. با در نظر گرفتن چنین تعاریفی می‌توان گفت که زمان مفهومی است که ما آن را اندازه می‌گیریم اما چطور؟ مطابق آن‌چه که دستگاه بین‌المللی یکاها تعریف کرده است ما دارای هفت یکای واحد

avayebuf.com

هستیم که عبارت‌اند از طول (متر)، جرم (کیلوگرم)، زمان (ثانیه)، شدت جریان الکتریکی (آمپر)، دما (کلوین)، مقدار ماده (مول) و شدت نور (شمع). یکاهایی که تمامی واحدهای دیگر بر اساس آن‌ها تعریف می‌شوند. یکای زمان با واحد پایه ثانیه اندازه گرفته می‌شود اما این واحد از کجا آمده و ما چطور آن را اندازه‌گیری می‌کنیم؟ به‌صورت تاریخی، تقسیم مدون و رسمی روز (شبانه‌روز) به واحدهای کوچک‌تر، حداقل از زمان شکل‌گیری تمدن‌های ساکن بین‌النهرین وجود داشته است. همان‌طور که در فصل قبلی به آن اشاره شد، آن‌ها هر شبانه‌روز را به ۱۲ قسمت تقسیم کردند که هر یک از این قسمت‌ها هم می‌توانسته حداقل به‌صورت نظری و بر اساس نسبت‌های ثابت، حتی به قسمت‌های کوچک‌تری در حدود چهار ثانیه امروزی هم تقسیم شود. با این‌حال، اولین‌بار این مصریان باستان بودند که یک شبانه‌روز را به جای ۱۲ قسمت، به ۲۴ بخش تقسیم کرده و عملا راه را برای تعریف آن‌چه امروز ثانیه می‌خوانیم هموارتر کردند.

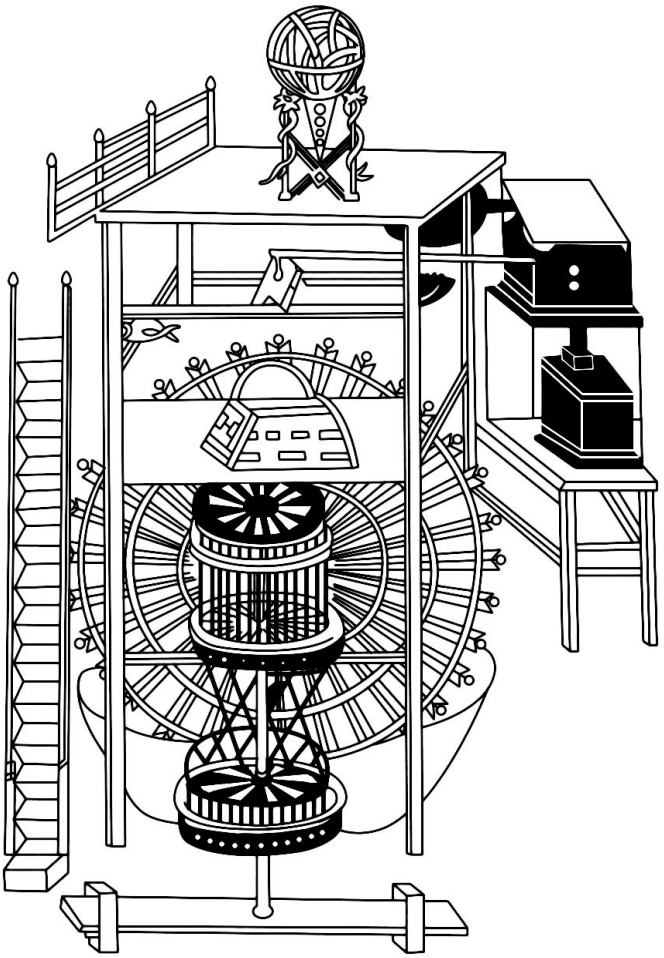
نکته مهم این است که اگرچه به‌صورت نظری مفهوم واحدی به نام ثانیه از قرن‌ها قبل از پیدایش ساعت‌های مکانیکی مطرح بوده اما اندازه‌گیری و دنبال کردن حساب و کتاب آن با کمک ساعت، تا حدود قرن شانزدهم میلادی میسر نبوده است. مثلا ساعت‌های آفتابی و آبی از هزاره‌های قبل از میلاد هم وجود داشته‌اند اما به قدری دقیق نبوده‌اند که امکان اندازه‌گیری مفاهیمی مانند دقیقه و ثانیه با کمک آن‌ها میسر باشد. حتی در جایی مانند اروپا و از اواسط قرن سیزدهم میلادی به بعد هم که امکان تولید ساعت‌های مکانیکی وجود داشته هم‌چنان خطای زیادی در اندازه‌گیری دیده می‌شده است. نکته دیگر این است که اگرچه اولین ساعت‌های مکانیکی وزنه‌دار در اروپا ساخته شدند [۴۹] اما اگر کمی منصفانه‌تر به تاریخ نگاه کنیم، متوجه می‌شویم که اولین ساعت مکانیکی شناخته شده، نوعی ساعت هیدرومکانیکی نجومی بوده که دو قرن زودتر از ساعت‌های مکانیکی اروپایی، توسط مخترعی چینی به نام *سو سونگ*[1] ساخته شده است (تصویر ۲۲) [۵۰].

اگرچه اشاره به عقربه‌های دقیقه‌شمار و ثانیه‌شمار را می‌توان به ترتیب در میان نوشته‌های

[1] Su Song

t.me/AVAYeBUF

مربوط به اواخر قرن‌های پانزدهم و شانزدهم میلادی ملاحظه کرد اما حتی این ساعت‌ها هم با مشکل عدم دقت کافی روبرو بوده‌اند. در این ساعت‌ها کاربرد عقربه‌های ثانیه‌شمار و حتی دقیقه‌شمار بیش‌تر برای نشان دادن فعالیت ساعت و عدم توقف آن بوده است [۵۱]. به‌عنوان یکی از عوامل اصلی در عدم دقت ساعت‌های مکانیکی اولیه می‌توان به این اشاره کرد که ساعت‌های چرخ‌دنده‌ای از قطعاتی مانند آونگ یا چرخ تعادل بهره می‌بردند و در نتیجه، فاقد منبعی برای تولید نیروی حرکتی یک‌نواخت و بدون نوسان بوده‌اند.



تصویر ۲۲: نمایی از ساعت هیدرومکانیکی غول‌پیکر سو سونگ که ۱۲ متر ارتفاع و ۷ متر عرض داشته است. ساعتی مجهز به چرخ‌دنگ که دارای ۳۶ سطل نگه‌دارنده آب بوده و با کمک چرخش ناشی از پر و خالی شدن همین سطل‌ها حرکت می‌کرده است [۵۰].

avayebuf.com

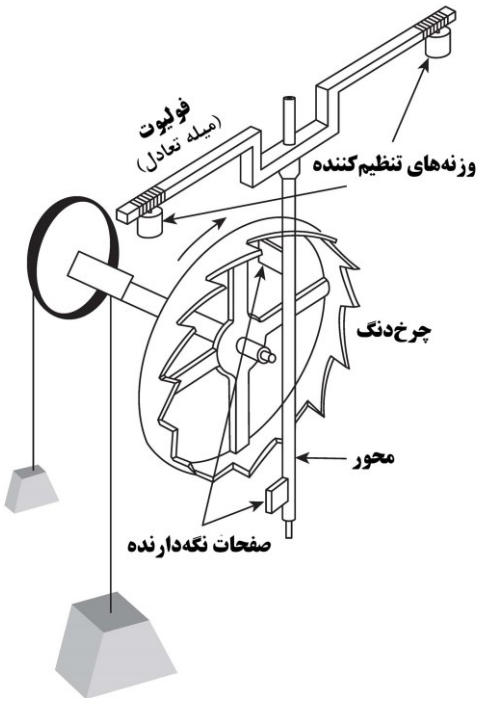
در قرن شانزدهم میلادی، ساعت‌سازی سوئیسی به نام *جوست بورگی*[1] با استفاده از سازوکار مکانیکی جدیدی توانست تا حدودی مشکل نوسان ساعت‌های مکانیکی را حل کند. تا پیش از ابداع او، سازوکار ساعت‌های مکانیکی به این صورت بود که نیروی محرکه‌ی حاصل از وزنه یا فنر مستقیما به چرخ‌دنگ و نهایتا عقربه‌ها منتقل می‌شد که در چنین روندی، هرگونه نوسان ناشی از استهلاک فنر، نیروی اصطکاک ناشی از روان‌کاری نامناسب و مثلا نقص در چرخ دنده‌ها بر روی حرکت عقربه‌ها و در نتیجه، دقت ساعت‌ها اثر می‌گذاشت. بورگی با افزودن بخشی موسوم به *ریمونتور*[2] در میانه‌ی مسیر انتقال نیرو از منبع (وزنه یا فنر) به چرخ‌دنگ، جلوی انتقال نوسانات حرکتی منبع نیرو به عقربه‌ها را گرفت و در نتیجه، دقت ساعت‌های موجود را به‌صورت چشم‌گیری افزایش داد [۵۲]. ساعت‌های مجهز به چنین ریمونتورهایی می‌توانستند گذر دقیقه‌ها و حتی ثانیه‌ها را با صحت قابل قبولی اندازه بگیرند، آن‌هم به شکلی که میزان خطای آن‌ها بیش‌تر از یک دقیقه در روز نباشد [۵۱]. از آن زمان تاکنون، آن‌چه بیش‌تر به چشم آمده، افزایش دقت ما در ساخت ساعت‌ها بوده است. آن‌هم به شکلی که امروزه ساعت‌هایی داریم که میزان خطای آن‌ها در اندازه‌گیری زمان، برابر با رقم سرسام‌آور یک ثانیه در ۳۰۰ میلیارد سال است [۵۳].

کمی قبل‌تر اشاره شد که ثانیه به‌عنوان یکای پایه اندازه‌گیری زمان در نظر گرفته می‌شود اما سوا از این که بدانیم دقت ما در اندازه‌گیری ثانیه چطور افزایش یافته، بهتر است کمی هم به نحوه رسمی شدن این یکا اشاره کنیم. در سال ۱۸۳۲ میلادی، فیزیک‌دانی آلمانی به نام فردریش گاوس پیشنهاد کرد که برای سه کمیت طول، جرم و زمان به‌عنوان کمیت‌های پایه، از یک سیستم واحد در اندازه‌گیری‌ها استفاده شود. پیشنهاد او برای این سه کمیت به ترتیب واحدهای میلی‌متر، میلی‌گرم و ثانیه بود. حدود ۴۰ سال بعد و در سال ۱۸۷۳ میلادی، انجمن بریتانیایی پیشرفت علم که فیزیک‌دان‌های برجسته‌ای مانند لُرد کلوین و جیمز ماکسول از آن حمایت می‌کردند، سیستم یکای *سی‌جی‌اس*[3] را مطرح کرد که استفاده از کمیت‌های سانتی‌متر/گرم/ثانیه را پیشنهاد کرد. در این سیستم

[1] Jost Bürgi
[2] Remontoir
[3] CGS

t.me/AVAYeBUF

اندازه‌گیری، هر ثانیه برابر با $\frac{۱}{۸۶۴۰۰}$ از یک روز در نظر گرفته شد. کمی بعدتر و از میانه‌های قرن بیستم، سیستم سی‌جی‌اس به‌تدریج توسط سیستم *ام‌کی‌اس*[1] (متر/کیلوگرم/ثانیه) جایگزین شد اما واحد ثانیه هم‌چنان به همان صورت قبلی تعیین می‌شد. علاوه‌بر این، تعریف یک روز در هر دو سیستم سی‌جی‌اس و ام‌کی‌اس، چرخش زمین و در نتیجه، روز خورشیدی بود.



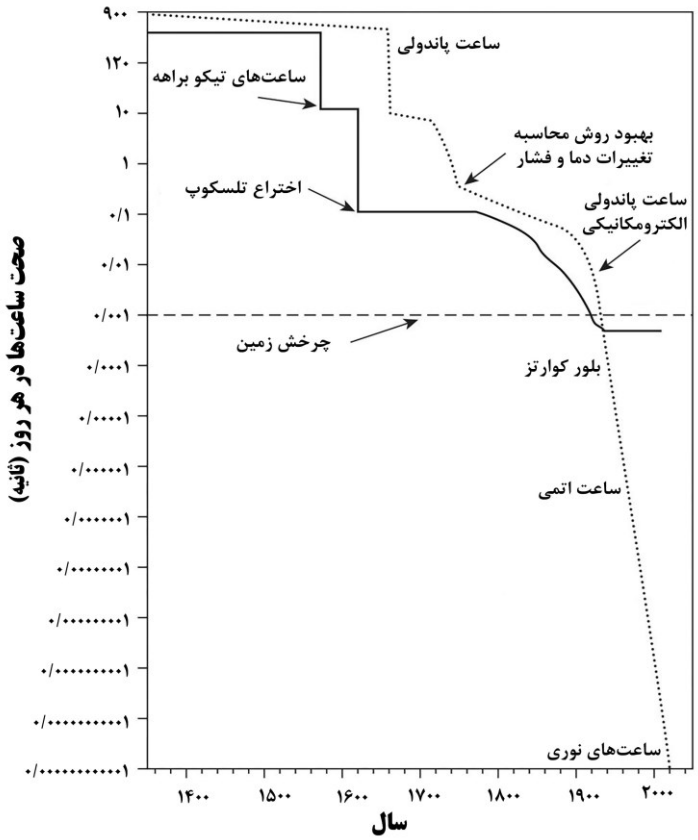
تصویر ۲۳: ساختمان ساعت‌های مکانیکی اولیه. نیروی حاصل از حرکت وزنه چرخ‌دنگ را به حرکت درمی‌آورد و حرکت چرخ‌دنگ در نهایت منجر به چرخش عقربه‌های ساعت می‌شود. دو صفحه نگه‌دارنده در بالا و پایین محور، با متوقف کردن متناوب چرخش چرخ‌دنگ، جلوی چرخش پیوسته آن که ناشی از سقوط وزنه است را می‌گیرند. نقش میله تعادل فولیوت این است که موجب تنظیم سرعت عمل صفحات نگه‌دارنده شود.

با افزایش دقت ساعت‌ها در همان میانه‌های قرن بیستم، کم‌کم مشخص شد که چرخش زمین به دور خودش کاملا یک‌نواخت نیست و بهتر است مبنای دقیق‌تر و با نوسان کم‌تری

[1] MKS

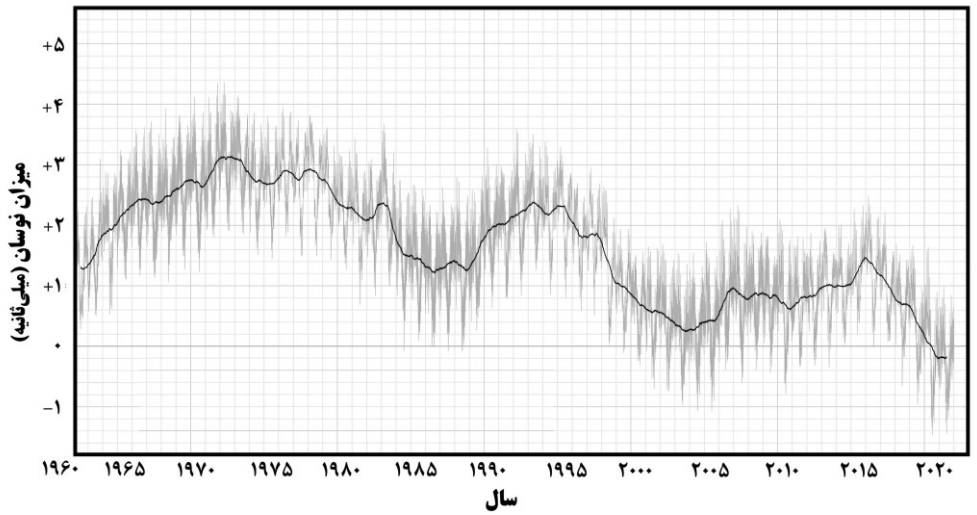
avayebuf.com

برای یک روز در نظر گرفته شود. این موضوع که رسیدن به آن، عملا به لطف ساخته شدن ساعت‌های کوارتزی از سال ۱۹۲۷ میلادی به بعد میسر شده بود، در نهایت سبب شد که در سال ۱۹۵۲ میلادی، اتحادیه بین‌المللی اخترشناسی به جای چرخش زمین به دور خودش، به سراغ چرخه یک‌نواخت‌تر و باثبات‌تری مانند چرخش زمین به دور خورشید برود. تا قبل از این، یک روز بر اساس موقعیت خورشید در آسمان تعیین می‌شد و چنین روزی، روز خورشیدی خوانده می‌شد. با این‌حال، با ملاک قرار گرفتن چرخش زمین به دور خورشید، به جای خود خورشید، یک ستاره به‌عنوان مبنا در نظر گرفته شد. ستاره‌ای به قدری دور که موقعیت ظاهری آن با چرخش زمین به دور خورشید تغییر نکند. روزی که با کمک چنین روشی حاصل می‌شود را روز نجومی می‌خوانند.

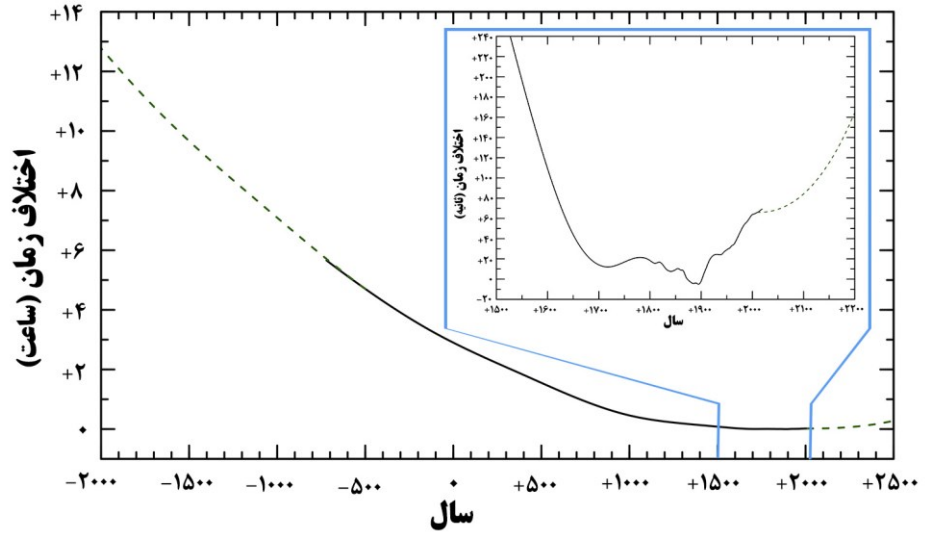


تصویر ۲۴: بهبود صحت ساعت‌ها در طول زمان. خط پیوسته برابر با صحت اندازه‌گیری‌های نجومی و خط نقطه‌چین معادل صحت اندازه‌گیری ساعت‌ها است [۴۹].

t.me/AVAYeBUF



تصویر ۲۵: خطوط خاکستری معادل نوسانات طول هر روز در سال‌های مختلف به‌خاطر سرعت چرخش غیریک‌نواخت زمین و خط سیاه میانگین نوسانات ثبت شده است [۵۴].[۱]



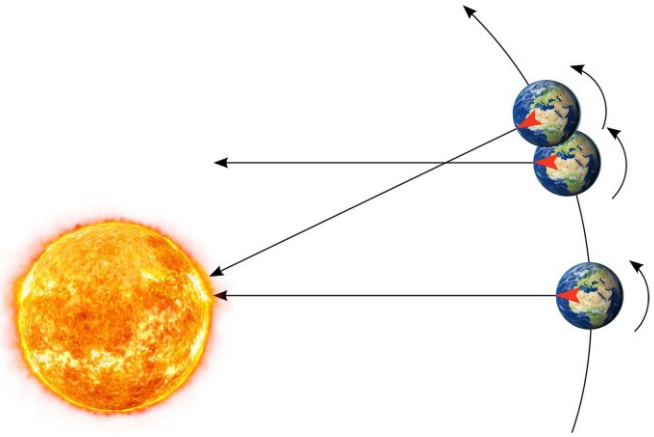
تصویر ۲۶: تغییر طول روز در سال‌های مختلف به‌خاطر کند/تند شدن تدریجی چرخش زمین در طول سال‌های مختلف. این اختلاف زمانی نسبت به یک ساعت اتمی که مستقل از چرخش زمین است سنجیده می‌شود [۴۹].

روز نجومی در حدود چهار دقیقه نسبت به روز خورشیدی کوتاه‌تر می‌باشد که علت آن هم

[۱] ۸ تیرماه سال ۱۴۰۱، کوتاه‌ترین روز ثبت شده از زمان اختراع ساعت‌های اتمی بود (۱/۵۹- میلی‌ثانیه کوتاه‌تر از ۲۴ ساعت).

avayebuf.com

کاملا مشخص است. زمین علاوه بر چرخش به دور خودش، به دور خورشید هم می‌چرخد. موضوعی که سبب می‌شود در هر روز جدیدی که قرار است بر اساس مقیاس روز خورشیدی تعیین شود، با این مشکل روبرو باشیم که موقعیت خورشید نسبت به روز قبل، در حدود یک درجه تغییر کرده است. یعنی زمین باید کمی بیش‌تر بچرخد تا این اختلاف ظاهری حل شود. پس از اعمال این تصحیح، خورشید دقیقا در همان محل قبلی خود دیده شده و اصطلاحا یک روز تکمیل می‌شود (تصویر ۲۷). با این‌حال، در یک روز نجومی که ملاک یک جسم آسمانی دور مانند یک ستاره ظاهرا ثابت است، به این تصحیح نیاز نیست.



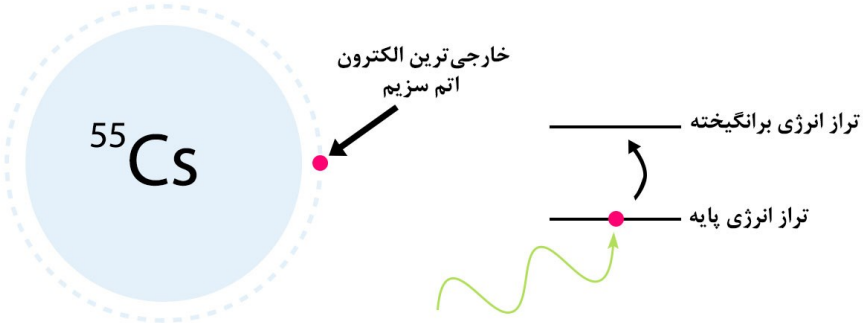
تصویر ۲۷: به خاطر چرخش زمین به دور خورشید، برای این که از دید ناظر زمینی، خورشید دقیقا در موقعیت روز قبل باشد، زمین باید کمی بیش‌تر از یک دور جابه‌جا شود.

تغییر ملاک اندازه‌گیری یک روز به همین جا ختم نشد و در سال ۱۹۵۵ میلادی اعلام شد که سال اعتدالی حتی ملاکی بهتر در مقایسه با سال نجومی است. برخلاف سال نجومی که برابر با یک دور گردش کامل زمین به دور خورشید آن‌هم با در نظر گرفتن یک ستاره دوردست به‌عنوان شاخص است، در سال اعتدالی ملاک تغییر حرکت ظاهری خورشید است. به این صورت که مثلا در مقایسه با یک ستاره ثابت، چقدر طول می‌کشد که خورشید به سرجای قبلی خودش در یک نقطه مشخص در آسمان بازگردد. نهایتا با تکیه بر همین مبنا، در سال ۱۹۶۰ میلادی یک ثانیه برابر با $\frac{۱}{۳۱۵۵۶۹۲۵٫۹۷۴۷}$ یک سال اعتدالی[۱] در نظر

[۱] مبنای این تعریف آغاز قرن بیستم میلادی یعنی سال ۱۹۰۰ میلادی بوده است.

t.me/AVAYeBUF

گرفته شد [۵۵]. حتی این تعریف هم خیلی پایدار نماند و کنفرانس عمومی وزن و اندازه‌گیری در بیانه‌ای در سال ۱۹۶۷ میلادی اعلام کرد که بهتر است به جای تعریف قبلی که مبتنی بر اندازه‌گیری‌های نجومی بود، از تعداد نوسانات اتم سزیم-۱۳۳ استفاده شود. موضوعی که رجوع به آن به‌خاطر ساخته شدن ساعت‌های اتمی عملا میسر شده بود. ساعت‌هایی که در مقایسه با انواع کوارتزی بسیار دقیق‌تر بودند. در نتیجه، پیشنهاد شد که تعریف ثانیه برابر با مدت زمانی باشد که تابش دارای انرژی کافی برای انتقال یک اتم سزیم-۱۳۳ از حالت پایه به حالت برانگیخته به اندازه ۹۱۹۲۶۳۱۷۷۰ مرتبه نوسان کند (تصویر ۲۸) [۵۶]. موضوعی که سال بعد توسط دستگاه بین‌المللی یکاها هم تایید شد و عملا تا امروز به موضوعی جهانی برای مفهوم ثانیه تبدیل شده است.



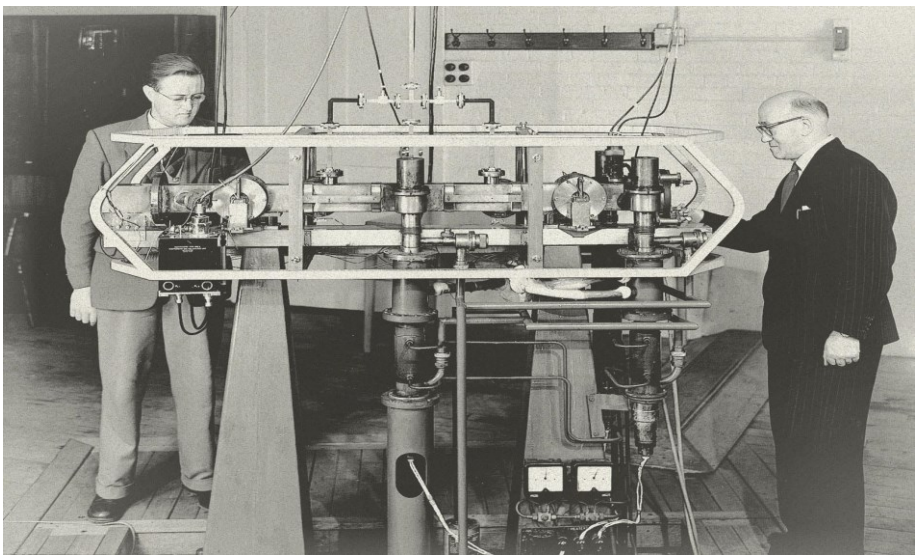
تصویر ۲۸: اتم سزیم ۵۵ الکترون دارد که به جز یکی، همه آن‌ها جفت شده هستند. مبنای اندازه‌گیری یک ثانیه، دفعات نوسان همین تک الکترون موجود در بیرونی‌ترین لایه اتم سزیم است که می‌تواند با دریافت تابشی با انرژی مشخص به تراز برانگیخته برود.

در دهه ۶۰ میلادی علاوه‌بر این که بحث تعریف ثانیه در حال تغییر و تحول جدی بود، بحث راه‌اندازی *ساعت هماهنگ جهانی*[1] هم در حال تجربه وضعیت تقریبا مشابهی بود. ساعتی که مبنای آن همان زمان خورشیدی است و برای هر منطقه، بر اساس نصف النهار مجاور آن تعیین می‌شود (ضمیمه ج). با شروع اندازه‌گیری هر ثانیه با کمک ساعت‌های فوق‌العاده دقیق اتمی، یک مشکل ذاتی کم‌کم مانند حبابی بر سطح آب ظاهر شد. ساعت هماهنگ جهانی که مبتنی بر چرخش زمین و روز خورشیدی بود به‌صورت مشخصی نسبت

[1] Coordinated Universal Time (UTC)

avayebuf.com

به ساعت اتمی بین‌المللی عقب می‌ماند. اختلاف به قدری بود که در آغاز، دفتر بین‌المللی زمان مجبور شد تا با کند کردن ساعت اتمی بین‌المللی، به هر شکلی که شده این دو ساعت را با هم هماهنگ نگه‌دارد. علت عقب افتادگی ساعت هماهنگ جهانی این است که نیروی جاذبه ماه بر روی چرخش زمین اثر می‌گذارد. این اثر در بازه زمانی بین سال‌های ۱۹۰۲ تا ۲۰۰۲ میلادی، موجب یک عقب افتادگی ۶۴ ثانیه‌ای شده است. برای رفع این اختلاف از سال ۱۹۷۲ میلادی به بعد، مفهومی به نام ثانیه کبیسه ابداع شده است که طی آن هر زمان که لازم باشد[۱]، یک ثانیه به ساعت هماهنگ جهانی افزوده می‌شود تا این عقب افتادگی جبران شود. از ۱۹۷۲ میلادی تا کنون، ۲۷ ثانیه به همین طریق به ساعت هماهنگ جهانی افزوده شده است. با توجه به این که ساعت هماهنگ جهانی در آغاز اضافه شدن ثانیه کبیسه در سال ۱۹۷۲ میلادی، ۱۰ ثانیه عقب‌تر بود، مجموع اختلاف زمانی آن با ساعت اتمی بین‌المللی تا به امروز برابر با ۳۷ ثانیه می‌شود [۵۷].



تصویر ۲۹: *لوئیس اسن*[۲] (راست) و *جک پری*[۳] (چپ) در کنار اولین ساعت اتمی سزیمی دنیا در *آزمایشگاه ملی فیزیک*[۴] در سال ۱۹۵۵ میلادی [۵۸]

[۱] در حال حاضر عهده‌دار این مسئولیت، سازمانی به نام سرویس بین‌المللی چرخش زمین و سامانه‌های مرجع (IERS) است.

[2] Louis Essen

[3] Jack Parry

[4] National Physical Laboratory

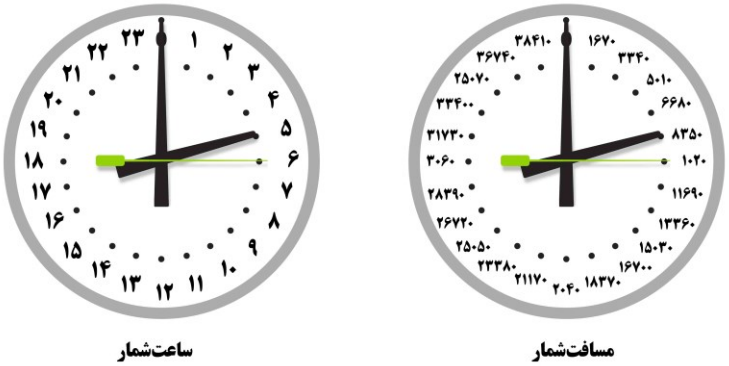
t.me/AVAYeBUF

امروزه ما به لطف ساعت‌های اتمی قادریم که دقیق‌تر از هر زمان دیگری، زمان را اندازه بگیریم اما مشکل بزرگ داستان اندازه‌گیری زمان این است که آن‌چه که یک ساعت اندازه‌گیری می‌کند واقعا خود زمان نیست! در واقع، اگرچه از لحاظ لغوی، ما آن‌چه ساعت‌ها اندازه‌گیری می‌کنند را زمان می‌خوانیم اما از نظر ماهیت، این ارقام و اعداد، تنها نمادهایی هستند که نه خود زمان بلکه گذر جریان ظاهری آن را نشان می‌دهند. یعنی پس از سال‌ها تحصیل در مدرسه و دانشگاه، حالا باید اعتراف کنیم که هر آن‌چه در مورد زمان آموخته‌ایم اشتباه بوده است؟ نه کاملا اما ما معمولا از یک نکته بزرگ در مورد اندازه‌گیری زمان غفلت می‌کنیم. نکته‌ای که اگرچه کم و بیش آموخته‌ایم اما در عمل آن را فراموش می‌کنیم. موقعیت عقربه‌های یک ساعت، نه نمایان‌گر گذر زمان که بیان‌گر میزان مسافت طی شده در اثر چرخش کره زمین به دور خود است. به‌صورت تاریخی، ما به مانند بقیه موجودات زنده حول چرخه شب و روز شکل گرفته‌ایم که ناشی از چرخش زمین به دور خودش و به دور خورشید است. در نتیجه، طبیعی است که ادراک ما از تغییرات، متناسب با چرخش زمین و تغییر موقعیت ظاهری خورشید در آسمان باشد. موضوعی که سبب شده ما این تغییر منظم دوری و به نظر ثابت را ملاکی منسجم و قابل اعتماد برای گذر زمان در نظر بگیریم. به زبان دیگر، ما برای بیان میزان مسافت طی شده توسط گردش زمین به دور خودش، واحدی به نام روز را ساخته‌ایم و سپس آن را بر اساس توانمان در اندازه‌گیری، به قسمت‌هایی دلخواه مانند ساعت، دقیقه، ثانیه و واحدهای کوچک‌تر تقسیم کرده‌ایم.

باید اعتراف کنیم ساعت‌ها تنها کیلومترشمارهایی هستند که چرخش زمین و نه مفهومی به نام زمان را اندازه‌گیری می‌کنند. با چنین توصیفی از زمان، تقریبا هر ثانیه به معنای ۴۶۴ متر، هر دقیقه به معنای ۲۸ کیلومتر و هر ساعت برابر با ۱۶۷۰ کیلومتر چرخش زمین به دور خود است (تصویر ۳۰). علاوه‌بر بیان مسافت طی شده بر اثر چرخش زمین، حتی می‌توان به میزان چرخش آن هم رجوع کرد. در این صورت، هر روز برابر با ۳۶۰ درجه، هر ساعت ۱۵ درجه، هر دقیقه ۰/۲۵ درجه و هر ثانیه معادل $\frac{۱}{۲۴۰}$ درجه چرخش کره زمین است. در نتیجه، فرقی نمی‌کند که نوع ساعت ما چه باشد. یعنی اگرچه سازوکار یک ساعت کوارتزی (ساعت‌های دیجیتالی، تلفن‌های همراه، کامپیوترها و سایر وسایل

avayebuf.com

الکترونیکی) بر مبنای نوسان بلور کوارتز و ساعت اتمی بر مبنای نوسانات اتمی است و در نتیجه، نحوه کار هر دو با ساعت‌های مکانیکی تفاوت دارد اما همه آن‌ها در حال اندازه‌گیری چرخش زمین و نه خود زمان هستند.



تصویر ۳۰: ساعت معمولی (چپ) و آن‌چه واقعا یک ساعت معمولی آن را اندازه می‌گیرد و برابر با میزان مسافت طی شده توسط چرخش زمین است (راست).

البته که ساعت‌ها تنها در حال شمردن واحدی به نام ساعت هستند که خود ناشی از تقسیم یک دور گردش زمین بر ۲۴ قسمت است. با این‌حال، ما با آگاهی از این که گردش زمین به دور خودش، تنها حرکت دوری زمین نیست و شکل‌های دیگری از حرکت دوری و چرخه‌ای هم برای آن وجود دارد، شمارنده‌های دیگری هم برای نگه‌داشتن حساب زمان برای خودمان ساخته‌ایم. شمارنده‌هایی که البته نحوه بیان آن‌ها هم‌چنان بر اساس همان مبنای یک روز و یک‌بار گردش زمین به دور خودش است. مثلا ما گردش زمین به دور خورشید را که تقریبا هر ۳۶۵ روز یا در مقیاس یک ساعت‌شمار، در هر ۸۷۶۰ ساعت یک‌بار تکرار می‌شود را با تقویم یا بهتر بگویم روزشمار دنبال می‌کنیم. شکل سوم گردش چرخه‌ای و تکرارشونده زمین هم چرخش آن به دور کهکشان راه‌شیری است که هر دور آن را یک سال کیهانی می‌نامیم و می‌توانیم آن را با سال‌شمار دنبال کنیم و مدت یک دوره آن برابر با ۲۳۰ میلیون سال یا ۸۳,۹۵۰,۰۰۰,۰۰۰ روز است. حتی می‌توان به نوع چهارمی از چرخش دوری زمین هم اشاره کرد که استفاده از آن برای بیان زمان خیلی متداول نیست. این حرکت به گردش محور چرخش زمین اشاره دارد که دارای دوره‌ای برابر با ۲۵۷۷۲

t.me/AVAYeBUF

سال است و از آن با عنوان حرکت تقدیمی زمین یاد می‌شود.

در نتیجه، باید گفت کاری که ما با اختراع ساعت انجام داده‌ایم نوعی بیان مسافت طی شده بر اساس حرکت وضعی زمین بوده و هر عدد و رقمی که ما تا کنون برای رخدادها و اتفاقات اعلام کرده‌ایم چیزی نبوده به جز میزان مسافتی که زمین به دور خودش چرخیده است. از همین‌رو، می‌توان گفت وقتی با دوستمان قرار می‌گذاریم که مثلا ساعت ۸ شب در کافه‌ای یک‌دیگر را ملاقات کنیم، در واقع داریم به او می‌گوییم که من تو را وقتی در آن‌جا خواهم دید که کره زمین نسبت به آغاز روز، در حدود ۱۳۳۶۰ کیلومتر چرخیده باشد. وقتی به یکی می‌گوییم مسابقه فوتبال ۱۲۰ دقیقه طول کشید عملا داریم به او می‌گوییم که این مسابقه تقریبا به اندازه چرخش زمین به میزان ۳۳۴۰ کیلومتر طول کشیده است.

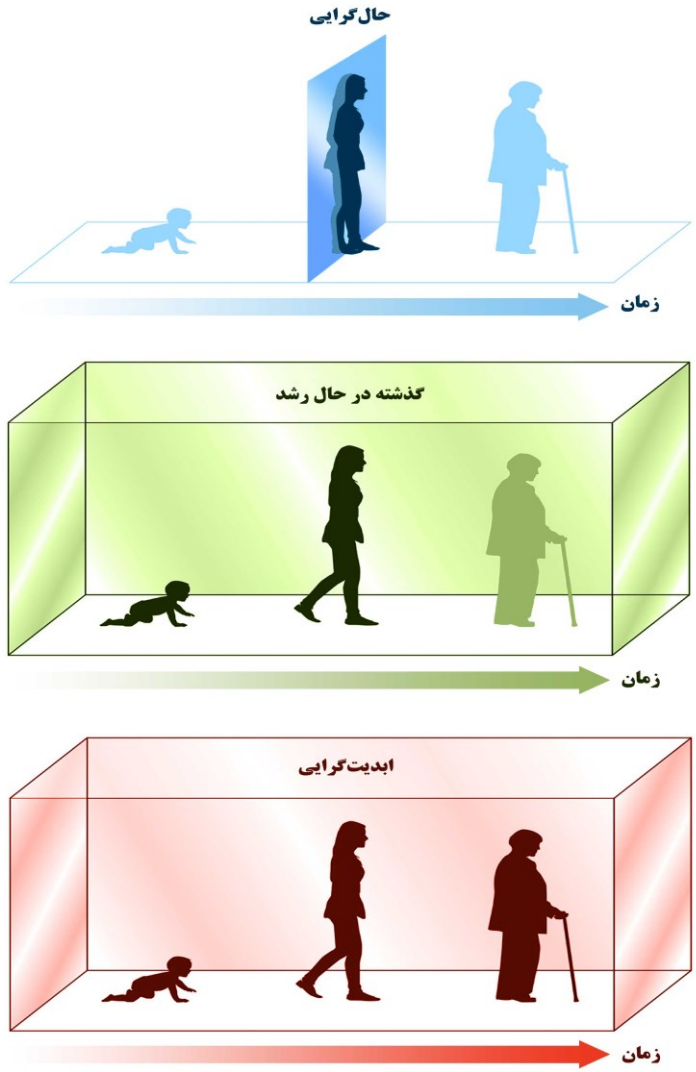
اگر ساعت‌ها صرفا ابزارهایی قراردادی و ساختگی برای ثبت گردش زمین هستند آیا واقعا راهی وجود دارد که بتوان خود زمان را اندازه‌گیری کرد؟ آیا اصلا زمان مفهومی کمی است که اندازه‌گیری آن معنی بدهد؟ فارغ از بحث اندازه‌گیری، مفهوم و معنای زمان چیست؟ نکند زمان صرفا مفهومی ساختگی و ذهنی است که ما تنها احساس می‌کنیم که وجود دارد؟ وقتی بهترین ابزارهای اندازه‌گیری زمان، عملا هیچ ربطی به مفهوم زمان ندارند و تنها تغییری هم‌راستا با آن، یعنی چرخش زمین را اندازه‌گیری می‌کنند پس ما از کجا این‌قدر مطمئنیم که اصلا چیزی به اسم جریان زمان و حرکت روبه‌جلوی آن وجود دارد؟ در ادامه سعی می‌شود به تدریج به پاسخ‌هایی برای این سوالات نزدیک شویم و در این راه، بهتر است کارمان را با مفهومی به نام جریان زمان شروع کنیم.

پیکانی برای زمان

وقتی به مفهوم زمان توجه می‌کنیم یک روند مشخص توجهمان را جلب می‌کند. زمان را می‌توان به گذشته، حال و آینده تقسیم کرد و ما چنین چیزی را همانند یک جریان یک‌طرفه و رو به جلو، از گذشته به سمت آینده می‌بینیم. برای نشان دادن رابطه میان

avayebuf.com

گذشته، حال و آینده هم می‌توان حداقل به سه مدل زمانی به نام‌های *حال‌گرایی*،[1] *بلوک/گذشته در حال رشد*[2] و *ابدیت‌گرایی*[3] اشاره کرد (تصویر ۳۱).



تصویر ۳۱: سه مدل زمانی. حال‌گرایی: گذشته از بین رفته، آینده هنوز شکل نگرفته و زمان تنها متشکل از حال است. گذشته در حال رشد: حال و گذشته وجود دارند اما آینده هنوز شکل نگرفته است. ابدیت‌گرایی: گذشته، حال و آینده هم‌زمان وجود دارند.

[1] Presentism
[2] Growing Block (Growing Past)
[3] Eternalism

t.me/AVAYeBUF

حال‌گرایی بر مبنای این فرض قرار دارد که زمان فقط به معنای حال است. در این مدل، برای یک لحظه مشخص، گذشته و آینده‌ای در کار نیست و زمان، تنها مملو از حال است. مثلا اگرچه زمانی مهندسی گمنام به نام ایلان ماسک مشغول کار در دفتر کوچک شرکتی تازه تاسیس به نام *زیپ۲* [1] در کالیفرنیا بوده اما آن زمان، دیگر وجود ندارد. در زمان حال و هر لحظه مشخصی که آن را در نظر بگیرید، با ابرمیلیاردری روبرو هستید که قصد سفر به مریخ را دارد. در این زمان حال، نه خبری از آن گذشته ذکر شده و همچنین نه خبری از سکونت احتمالی او در مریخ است. نکته دیگر در مورد حال‌گرایی این است که در این مدل، گذر زمان در هر دوره مشخص، به معنای تبدیل یک حال به حالی دیگر است. در نتیجه، اگرچه تغییر وجود دارد اما تغییرات واسطه‌هایی هستند که خودشان باقی نمی‌مانند.

مدل مطرح دیگری که می‌توان از آن برای توصیف رابطه میان گذشته/حال/آینده بهره برد با نام ابدیت‌گرایی شناخته می‌شود. مدلی که می‌گوید گذشته، حال و آینده همیشه وجود داشته و همواره وجود خواهند داشت. ابدیت‌گرایی برخلاف حال‌گرایی، معتقد به تغییر و تبدیل شدن یک حال به حال دیگر نیست. در این مدل، عدم دسترسی ما به گذشته یا آینده در هر لحظه، شبیه عدم دسترسی ما به مکانی دیگر توصیف می‌شود. مثلا وقتی ما در تهران زندگی می‌کنیم، اگرچه نیویورک وجود دارد اما به خاطر فاصله زیاد امکان دسترسی فوری به آن را نداریم. به عبارت دیگر، نیویورک وجود دارد اما نه در تهرانی که ما زندگی می‌کنیم. در این مدل، گذشته، حال و آینده همانند ردیف‌هایی هستند که همیشه در ساختار فضازمان وجود دارند و این ترتیب و توالی میان آن‌هاست که باعث می‌شود گذشته قبل از حال و حال قبل از آینده رخ دهد و در نتیجه، در هر لحظه همه آن‌ها را با هم ملاحظه نکنیم.

اگر بخواهیم دو مدل حال‌گرایی و ابدیت‌گرایی را با آن‌چه مک‌تاگارت بیان کرده تطبیق دهیم می‌توان گفت که حال‌گرایی مطابق توالی‌های سری آ (حاوی جریانی از تغییر پیوسته) و ابدیت‌گرایی مطابق توالی‌های سری ب (بلوک‌هایی متوالی و پشت سر هم) هستند. با

[1] Zip2

avayebuf.com

این‌حال، همان‌طور که اشاره شد، می‌توان مدل سومی هم در نظر گرفت که بلوک یا گذشته در حال رشد است. این مدل که به خصوص مورد تایید تعداد زیادی از فیزیک‌دانان است عملا هر دو مدل قبلی را رد می‌کند اما خود در جایی میان آن‌ها قرار می‌گیرد. شباهت مدل گذشته در حال رشد با دو مدل دیگر در این است که این مدل همانند مدل ابدیت‌گرایی، این را می‌پذیرد که گذشته از بین نرفته و هنوز وجود دارد. از سوی دیگر، این مدل مانند حال‌گرایی این را می‌پذیرد که برای هر لحظه مشخص، آینده هنوز به‌وجود نیامده است. در این مدل، واقعیت یک بلوک در حال رشد می‌باشد که مرز و جبهه آن زمان حال است و هر رخدادی که در گذشته اتفاق افتاده از بین نرفته و هنوز وجود دارد.

هر سه مدل اشاره شده در مورد مفهوم زمان، دارای انتقادات و مشکلات خاص خود هستند. مثلا مشکل بزرگ مدل حال‌گرایی، سرشاخ شدن با نظریه نسبیت خاص است. نسبیت خاص به ما می‌گوید که زمان حال برای هر ناظر به چهارچوب مرجع آن بستگی دارد. در نتیجه، سرعت یا پتاسیل گرانشی یک فرد می‌تواند تعریف او از حال و وقایع آن را تغییر دهد. با این حساب و بر خلاف حال‌گرایی که مانند تفکر نیوتونی یک وضعیت حال یک‌پارچه را برای همه‌چیز در نظر می‌گیرد، مطابق نسبیت خاص نمی‌توان به یک وضعیت حال مطلق یا سراسری برای کل کیهان باور داشت. انتقاد وارده بر مدل ابدیت‌گرایی هم این است که چنین مدلی منجر به تقدیرگرایی و از بین رفتن مفهومی به نام اختیار آزاد می‌شود زیرا می‌گوید آینده شبیه طرحیست که بر روی سنگ هک شده و بنابراین غیرقابل اجتناب است. مشکل دیگر ابدیت‌گرایی فقدان چیزی به نام تغییر است که در هر دو مدل دیگر دیده می‌شود. موضوعی که سبب می‌شود زمان بدون جهت دیده شود و در نتیجه، این سوال پیش بیاید که چرا علت‌ها قبل از معلول‌ها رخ می‌دهند؟ یا مثلا چرا ما گذشته را به یاد می‌آوریم اما خاطره‌ای از آینده نداریم؟ در نهایت هم مدل گذشته در حال رشد با این مشکل روبروست که نمی‌تواند مشخص کند یک رخداد معین، به گذشته تعلق دارد یا این که باید آن را متعلق به زمان حال دانست. مثلا یک فرد نمی‌تواند مطمئن شود که دقیقا در زمان حال حضور دارد یا این که بخشی از گذشته کیهان است.

فارغ از این که چه مدلی را برای توصیف زمان و رابطه آن با کل کیهان در نظر بگیریم یک

t.me/AVAYeBUF

موضوع به نظر بدیهی می‌آید که آن موضوع، وجود عدم تقارن یا نوعی جهت ظاهری در جریان زمان است. به این معنی که وقتی ما به خود یا به محیط پیرامونمان توجه می‌کنیم به سرعت پی‌می‌بریم که گویی افکار، رخدادها و به‌طور کلی پدیده‌های طبیعی شناخته شده، در حال تغییر و تحول در یک جهت مشخص هستند. در نگاه ما، زمان یک پدیده متقارن نیست که حرکت به سمت جلو و عقب در آن یکسان دیده شود و هیچ اولویتی در کار نباشد بلکه پدیده‌ای است که انگار مانند یک پیکان، به سمت مشخصی در جریان است. مثلا ما همیشه می‌دانیم که در گذشته چه اتفاقی افتاده اما اطلاعی از آینده نداریم. یک تکه یخ زمانی آب می‌شود که به‌قدر کافی انرژی دریافت کرده باشد و هیچ‌گاه ندیده‌ایم که آب درون یک لیوان به‌صورت خودبه‌خود شروع به منجمد شدن کند. به‌عنوان مثالی دیگر می‌توان به ستارگان دوردست اشاره کرد که همیشه در حال دورتر شدن هستند و ما هیچ‌گاه نزدیک‌شدن آن‌ها را ندیده‌ایم. از زمانی که اخترفیزیک‌دان انگلیسی، آرتور ادینگتون، مفهوم پیکان زمان را مطرح کرد همواره این بحث وجود داشته که وجود جهت در زمان یا همان پیکان زمان را به چه صورت‌هایی می‌توان نشان داد. او در سال ۱۹۲۸ میلادی نوشت:

> «من از اصطلاح *پیکان زمان*[1] استفاده می‌کنم تا خاصیت یک‌طرفه بودن زمان را بیان کنم. خاصیتی که هیچ معادلی برای آن در فضا وجود ندارد. از نقطه نظر فلسفی، این یک ویژگی منحصر به فرد است. ما باید توجه کنیم که:
>
> ۱- پیکان زمان به روشنی قابل درک است.
>
> ۲-عقل و منطق مشابهی به ما می‌گوید که وارونه شدن چنین پیکانی منجر به دنیایی مهمل و بی‌معنی می‌شود.
>
> ۳- چنین پیکانی در علوم فیزیکی دیده نمی‌شود مگر آن‌جا که مربوط به مطالعه سازمان یافتن تعدادی از اجزای یک مجموعه باشد. جایی که در آن‌جا پیکان زمان حاکی از پیشرفت میزان عامل بی‌نظمی است [۵۹].»

پس از ادینگتون هم افراد زیادی مانند فیزیک‌دان معروف و برنده جایزه نوبل، راجر پِنروز

[1] Time's Arrow

avayebuf.com

به معرفی انواع پیکان‌های مشاهده شده برای زمان پرداخته‌اند. با این‌حال، شاید شناخته‌شده‌ترین این اشاره‌ها برای عامه مردم، مربوط به استیون هاوکینگ باشد. او در کتاب معروفش که در فارسی با نام *تاریخچه مختصر زمان*[1] ترجمه شده، سه پیکان فیزیولوژیکی، ترمودینامیکی و کیهانی را به‌عنوان جهت‌هایی برای زمان معرفی کرده است. با این‌حال، علاوه‌بر پیکان‌های پیشنهادی هاوکینگ و بسته به این که چطور به مفهوم زمان نگاه کنیم می‌توان حتی پیکان‌های بیش‌تری را برای زمان در نظر گرفت. پیکان‌هایی که همه آن‌ها جلوه‌هایی مختلف از مفهوم واحدی به نام پیکان زمان هستند. در ادامه سعی می‌شود به‌صورتی مختصر به برخی از پیکان‌های محتمل برای زمان اشاره شود.

۱- پیکان فیزیولوژیکی

ما گذشته‌ای را به خاطر می‌آوریم که رخ داده و قابل تغییر نیست و آینده‌ای را در پیش روی خود می‌بینیم که هنوز رخ نداده است. آینده‌ای که از نظر ما قابل پیش‌بینی و قابل تغییر است. ما هرگز از مرگ و نیستی به سمت زاده شدن حرکت نمی‌کنیم و همواره اول زاده شده و سپس می‌میریم. هرگز ندیده‌ایم که فردی مانند داستان بنجامین باتن در کهن‌سالی متولد شده و به سمت نوزادی و مرگ برود.

۲- پیکان علّی

به‌صورت معمول و حداقل در مقیاس ماکروسکوپی و روزمره، به نظر می‌رسد که علت‌ها همیشه پیش از معلول‌ها رخ می‌دهند. مثلا می‌بینیم که در اثر چرخش زمین، شب و روز به‌وجود می‌آید. همیشه اول جریان الکتریسیته به لامپ می‌رسد و سپس آن لامپ شروع به تولید روشنایی می‌کند. همیشه اول سیگار روشن می‌شود و سپس شروع به دود کردن می‌کند یا در مثالی دیگر می‌توان گفت تا وقتی تیوب‌های خالی لاستیک‌های ماشینمان با هوا پر نشوند، رینگ‌ها از زمین جدا نخواهند شد. هرچند که فیلسوفی مانند دیوید هیوم معتقد بود که ما واقعا خود رابطه علّی موجود میان علت و معلول را تجربه نمی‌کنیم. از نظر او، آن‌چه ما تجربه می‌کنیم مجموعه‌ای از رخدادهاست و تجربه توالی این رویدادها است

[1] A Brief History of Time

t.me/AVAYeBUF

که سبب می‌شود فکر کنیم این اتفاقات واقعا به هم مربوط هستند و هر یک عامل دیگریست.

۳- پیکان فرگشتی

اگرچه در مواردی می‌توان کاهش پیچیدگی به‌صورت موضعی را در میان موجودات زنده ملاحظه کرد اما به‌صورت کلی، به نظر می‌رسد که بیشینه پیچیدگی موجودات زنده و حتی افکار و باورهای آن‌ها در طول فرگشت افزایش یافته است. مثلا حدود چهار میلیارد سال پیش، تک‌سلولی‌های فوتوسنتزکننده پیچیده‌ترین موجودات زنده روی زمین بودند. وضعیتی که به همان صورت باقی نماند و هرچه بر عمر حیات زمینی افزوده شد موجودات پیچیده‌تری شکل گرفتند. موضوعی که مخصوصا بعد از پیدایش موجودات پرسلولی و وقوع دوره‌ای موسوم به انفجار کامبرین در حدود ۵۵۰ میلیون سال پیش، ابعاد تازه‌ای به خود گرفت. محصول تمامی این تحولات حالا موجودی به نام انسان است که مجموعا متشکل از ۱۰۰ تریلیون سلول متفاوت است و قوه پردازش او چنان پیچیده است که می‌تواند این جملات را بنویسد، بخواند و متوجه مفهوم آن‌ها بشود.

۴- پیکان تابشی

فوتون‌های نوری تولید شده از یک منبع مانند اتم‌های برانگیخته یک ستاره یا لامپ، همیشه از منبع تولیدکننده خود دور می‌شوند و ما هیچ‌گاه نمی‌بینیم که آن‌ها در یک نقطه مشخص جمع شوند. وضعیت مشابه با امواج الکترومغناطیس را می‌توان در مورد امواج صوتی و مکانیکی مشاهده کرد. به‌صورتی که مثلا همیشه موج ایجاد شده در آب که خود ناشی از افتادن یک سنگ است، از سنگ مورد نظر دور می‌شود.

۵- پیکان ترمودینامیکی

چای شما همیشه تمایل به از دست دادن انرژی و سرد شدن دارد. یک قطره جوهر پس از افتادن به درون آب، شروع به پخش شدن می‌کند و یک تکه فلز مانند آهن تمایل دارد که با اکسیژن هوا ترکیب شده و اصطلاحا زنگ بزند. ما هیچ‌گاه نمی‌بینیم که چای سردمان خود به خود شروع به گرم شدن کند، یک محلول رنگ به یک قطره رنگ و حجمی از آب

avayebuf.com

دست نخورده تبدیل شود یا این که یک تکه آهن زنگ زده شروع به زدودن زنگ خود کرده و به آهن خالص تبدیل شود. با وجود چنین مثال‌هایی، به نظر می‌رسد که فرایندهای برگشت‌ناپذیر به‌صورت ذاتی و خودبه‌خود همواره به یک سمت مشخص حرکت می‌کنند. مسیری یک‌طرفه که مطابق قانون دوم ترمودینامیک با افزایش آنتروپی همراه است.

۶- پیکان میکروسکوپی

برخی از فرایندهای میکروسکوپی و مربوط به ذرات زیراتمی به‌صورت یک‌طرفه انجام می‌شوند. مثلا واپاشی ذره‌ای بنیادی مانند مزون *کائون*[1] که بازیگر اصلی آن نیروی هسته‌ای ضعیف است، فرایندی برگشت‌ناپذیر و یک‌طرفه تلقی می‌شود [۶۰]. مزون‌ها ذرات زیر اتمی حدواسط و ناپایداری هستند که متشکل از یک کوارک و یک ضدکوارک هستند.

۷- پیکان کوانتومی

اندازه‌گیری یا برهم‌کنش یک سیستم کوانتومی با محیط، منجر به فروپاشی تابع موج آن سیستم به یک حالت مشخص می‌شود و چنین روندی به‌صورت برعکس رخ نمی‌دهد. فرض کنید می‌خواهید موقعیت یک الکترون را با کمک اندازه‌گیری مشخص کنید. تا زمانی که اقدام به اندازه‌گیری نکرده‌اید، تابع موجب به ما می‌گوید که احتمال حضور الکترون مورد نظر در هر کجا چقدر است اما نمی‌توان گفت که الکترون دقیقا کجاست. با این‌حال، به محض اندازه‌گیری، تابع موج شکسته شده و موقعیت دقیق الکترون هویدا می‌شود.

۸- پیکان گرانشی

نیروی جاذبه که از آغاز شکل‌گیری کیهان وجود داشته، همواره منجر به تراکم ماده شده است.[2] موضوعی که حفظ شدن آن در طول توسعه کیهان به‌خصوص در ابعاد کلان، موجب شکل گرفتن اجسامی مانند سیارات و ستارگان از ذرات ساده شده است و حتی می‌تواند تا شکل‌گیری یک سیاه‌چاله هم به پیش برود. به بیان دیگر، ما همواره ملاحظه می‌کنیم که گرانش نیرویی مثبت و کشنده است اما هرگز ندیده‌ایم که نیروی جاذبه سبب دور شدن

[1] Kaon

[2] پژوهش جدیدی که البته هنوز رسما منتشر نشده نشان داده که ماهیت نیروی جاذبه در تمام عمر کیهان ثابت بوده است.

t.me/AVAYeBUF

اجسام از یک‌دیگر شود. هرچه ما به یک جسم نزدیک‌تر شویم میزان اثر نیروی جاذبه آن بر ما بیش‌تر می‌شود و اگر آن جسم یک سیاه‌چاله باشد و ما به حدی به آن نزدیک‌شویم که از افق رویداد آن گذر کرده باشیم، سقوط ما به سمت تکینگی مرکز سیاه‌چاله، آینده‌ای قطعی و اجتناب‌ناپذیر خوهد بود که گریز از آن ممکن نیست.

۹- پیکان کیهانی

از زمان مه‌بانگ تا کنون، کیهان همواره در حال افزایش اندازه و انبساط بوده و خلاف آن مشاهده نشده است. جهانی که در حدود ۱۳/۸ میلیارد سال پیش شکلی بسیار کوچک، فشرده و تقریبا همگن داشته اما هرچه گذشته بزرگ‌تر و متنوع‌تر شده است. روندی که موید یک عدم تقارن مشخص است، هرچند که ما از سرنوشت کل کیهان به‌عنوان یک مجموعه مطمئن نیستیم.

سوال بزرگی که در مورد این پیکان‌ها وجود دارد این است که کدام پیکان را باید پیکان اصلی در نظر گرفت؟ آیا هیچ‌کدام از آن‌ها بنیادی‌تر از بقیه به حساب می‌آید که اصلی خواندن یکی از آن‌ها معنی بدهد؟ فارغ از این که چه نامی برایش انتخاب کنیم، آیا اصلا چیزی به اسم پیکان زمان وجود دارد؟ نکند یک ابرپیکان زمان وجود دارد که تمامی پیکان‌های اشاره شده، هم‌راستا یا ناشی از آن باشند؟

در مورد پیکان‌هایی که به آن‌ها اشاره شد می‌توان این‌طور گفت که همه آن‌ها از مشکلات خاص خود برخوردار هستند و هیچ‌کدام به معنای کلمه، بی‌عیب و اصطلاحا همه‌چیز تمام نیستند. مهم‌ترین مشکل این است که هیچ یک از آن‌ها از جامعیت کافی برخوردار نیست و هرکدام تنها نمایشی محدود از جهت‌دار بودن ظاهری زمان هستند. از طرفی، اگرچه به نظر می‌رسد که هرکدام از این پیکان‌ها گذر جریان زمان را نشان می‌دهند اما هیچ‌یک، مستقیما موید خود زمان و گذر آن نیست. به زبان دیگر، هر یک از این پیکان‌ها تنها موید جهت رخدادهایی هستند که ما آن‌ها را هم‌سو با زمان می‌دانیم و در نتیجه، این سبب شده که بعضا خود این رخدادها و پیکان‌های مرتبط با آن‌ها را معادل پیکان زمان بدانیم.

avayebuf.com

نکته دیگری که باید به آن توجه کرد این واقعیت است که اگر شرایط خاص موجود در پیکان میکروسکوپی که ناشی از نیروی هسته‌ای ضعیف است را کنار بگذاریم عملا می‌توان گفت که قوانین بنیادین فیزیک نسبت به زمان متقارن هستند. متقارن یعنی چه؟ برای پاسخ به این سوال باید به سراغ قضیه‌ای موسوم به *تقارن سی‌پی‌تی*[1] برویم که در زمان مواجهه با قوانین بنیادین فیزیک اهمیت آن بیش‌تر آشکار می‌شود. قضیه‌ای که بر خلاف نام ناآشنایش، مفهوم نسبتا ساده‌ای دارد. در این عبارت، منظور از سی، *بار*[2] یک ذره است که می‌تواند مثبت یا منفی باشد. عبارت پی یا *پاریته*[3] هم مربوط به موقعیت یک ذره است که می‌تواند به‌صورت معمولی یا کاملا وارونه (تصویر آیینه‌ای) وجود داشته باشد. در نهایت هم به عبارت تی یا همان *زمان*[4] می‌رسیم که می‌تواند رو به جلو (+) یا روبه عقب (−) باشد. به‌صورت خلاصه، تقارن سی‌پی‌تی به ما می‌گوید که اگر بار، موقعیت و زمان ذرات یک سیستم فیزیکی وارونه شوند، معادلات و قوانین بنیادین فیزیکی از کار نمی‌افتند و به همان صورت قبل عمل می‌کنند. به عبارت دیگر، مطابق این قضیه می‌توان انتظار داشت که اگر کل اجزای سازنده کیهان به ضدذراتی تبدیل شوند که تصویر آینه‌ای ذرات سازنده کیهان هستند و به جای جلوی رفتن در زمان به عقب حرکت کنند، اختلالی در قوانین و معادلات بنیادین توصیف کننده آن‌ها پیش نمی‌آید.

این تقارن به ما می‌گوید که آن‌چه پیکان یا جهت زمان می‌خوانیم موضوعی بنیادین نیست. در نتیجه، برای یک ذره در ابعاد میکروسکوپی، عقب و جلو رفتن در زمان معنی ندارد. موضوعی که حتی می‌توان برای آن مثال‌هایی از دنیای روزمره هم آورد. مثلا اگر به شما فیلمی ضبط شده از حرکت رفت و برگشتی یک آونگ را نشان دهند، به شرطی که هیچ علامت یا تغییری از محیط پیرامون آونگ به شما تقلب نرساند، به هیچ‌عنوان قادر نخواهید بود که تشخیص دهید آیا واقعا مشغول دیدن فیلمی معمولی هستید یا این که صرفا در حال تماشای فیلمی وارونه‌اید. با این‌حال، ما در زندگی روزمره با فیلم یک جسم منفرد سر

[1] CPT Symmetry
[2] Charge
[3] Parity
[4] Time

t.me/AVAYeBUF

و کار نداریم و در دنیای پیرامون و تجربیات روزمره خودمان با کمک علایم بی‌شمار محیطی فورا متوجه می‌شویم که حرکت وارونه یک جسم در زمان به چه معناست و وقوع آن چقدر عجیب و غیرقابل هضم است. در واقع، ادراک ما از زمان و تغییرات محیطی به شکلی است که اگر کودکی از پایین سرسره به‌صورت وارونه به بالای آن برود حتما به آن شک می‌کنیم و برایمان قابل قبول نیست. سوال اما این است که چرا چنین است؟ چرا همیشه می‌بینیم که مواد غذایی فاسد می‌شوند و تا به‌حال حتی یک‌بار هم ندیده‌ایم که تخم مرغی گندیده که هفته‌ها از تاریخ انقضایش گذشته، به سمت بهبودی و سلامت برگردد؟ تناقضی که موضوع پارادوکسی معروفی به نام *پارادوکس لوشمیت*[1] است. به زبانی ساده، این پارادوکس می‌گوید چطور ممکن است فرایندهایی یک‌طرفه و دارای جهت ظاهری در زمان، مانند رخدادهای متداول روزمره، از بنیاد و واحدهایی مانند فعل و انفعلات میکروسکوپی ساخته شده باشند که برای آن‌ها جهت‌دار بودن زمان بی‌معنی است. اگر زمان در قوانین بنیادین فیزیک قدرتی ندارد پس چرا چنین چیزی در رخدادهای ماکروسکوپی دیده نمی‌شود؟ چرا همیشه ترکیب چند قطعه یخ و یک لیوان آب گرم به یک لیوان آب خنک تبدیل می‌شود و ما هیچ‌وقت نمی‌بینیم که آب خنک داخل لیوان به‌صورتی خودبه‌خود و به مرور به آب گرمی تبدیل شود که چند قطعه یخ درون آن است؟ چرا هیچ‌وقت درخت خشکیده‌ای به سمت جوان شدن و شکوفه دادن نمی‌رود؟ چرا سرانجام همه ما مرگ است و به نظر گریزی از آن نیست؟

پاسخ متداولی که توسط برخی از فیزیک‌دان‌ها به این جواب داده می‌شود، مبتنی بر پیکان ترمودینامیکی و مفهوم آنتروپی است. مفهومی که در یک تعریف ساده، عمومی و البته نه چندان دقیق، با اصطلاح بی‌نظمی بیان می‌شود. بعدا به موضوع تعریف دقیق‌تر آنتروپی بازخواهم گشت اما برای دیدن چنین پاسخ‌هایی کافی است یک کتاب در مورد مفهوم زمان انتخاب کرده و شروع به مطالعه آن کنید. مثلا می‌توانید به سراغ کتاب‌های بسیار معروفی مانند *نظم زمان*[2] از کارلو روولی که در فارسی هم ترجمه شده یا کتاب *از ابدیت تا این‌جا*[3]

[1] Loschmidt's Paradox
[2] The Order of Time
[3] From Eternity to Here

avayebuf.com

از شان کارول بروید. طولی نمی‌کشد که ملاحظه می‌کنید نظر نویسندگان این است که علت معنی‌دار بودن پیکان و جهت برای زمان در رخدادهای ماکروسکوپی و روزمره برخلاف آن‌چه در ابعاد میکروسکوپی مشاهده می‌کنیم، پیکان ترمودینامیکی است. پیکانی که اساس آن افزایش آنتروپی است و سبب می‌شود چیزی به نام گذر زمان در محیط پیرامون و حتی در درون ما وجود داشته باشد. از نظر این فیزیک‌دان‌ها، باید این پیکان را بنیادی‌تر از تمامی پیکان‌های شناخته شده دیگر در نظر گرفت. به این معنی که این پیکان خود یک برآمدگی و عدم تقارن ناشی از اجزایی متقارن است. برای درک چنین وضعیتی، شان کارول در کتاب خودش وضعیت را این گونه تشریح می‌کند. تصور کنید در جایی از فضای بیرونی و دور از هر گونه ستاره، سیاره یا کلا میدان گرانشی قابل ملاحظه‌ای قرار دارید. در این نقطه، عملا بالا، پایین، چپ، راست، جلو و عقب بی‌معنی است زیرا همه جهات معادل یک‌دیگر هستند. با این‌حال، کافی است پایتان بر روی زمین بگذارید تا تحت تاثیر گرانش جهت‌دار زمین، به سرعت همه این جهات معنادار شوند. به زبان دیگر، اگرچه برای قوانین فیزیکی، تمامی جهت‌ها یکسان هستند اما حضور عوامل محیطی می‌توانند به‌صورت موضعی بر این تقارن اثر گذاشته و اصطلاحا آن را بشکنند. همین موضوع در مورد زمان هم وجود دارد به این صورت که اگرچه زمان ذاتا بخشی از بنیاد فیزیک نیست اما پیکان آنتروپی می‌تواند در هر لحظه و تحت تاثیر فاصله خودش با لحظه مه‌بانگ، ظاهری جهت‌دار به خود بگیرد و در نهایت سبب به‌وجود آمدن چیزی به نام پیکان زمان شود.

مبنای این طرز فکر این است که کیهان در آغاز خودش دارای کم‌ترین میزان آنتروپی بوده و هرچه از شروعش گذشته، بر میزان آنتروپی آن افزوده شده است. فرضیه‌ای که تحت عنوان *فرضیه گذشته*[1] شناخته می‌شود. به بیان دیگر، این طرز فکر می‌گوید که کیهان در آغاز شبیه ساعتی کوک شده بوده است که هرچه از آغاز آن گذشته از میزان این کوک هم کاسته شده و این روند تا جایی ادامه خواهد داشت که دیگر کوکی باقی نماند. یعنی در آغاز، کیهان مملو از پتانسیلی به نام زمان بوده است و روزی به جایی می‌رسد که این پتانسیل از میان رفته و دیگر تغییری در راستای محور زمان رخ نمی‌دهد. جایی که اصطلاحا

[1] Past Hypothesis

t.me/AVAYeBUF

زمان به پایان خودش خواهد رسید. نام این سناریوی پیشنهادی را می‌توان فرضیه آینده گذاشت.

برای این که پی‌ببریم چنین پاسخی چقدر صحیح است ابتدا باید با ستون فقرات پیکان ترمودینامیکی یعنی مفهوم آنتروپی آشنا شویم. در زمان اشاره به مفهوم پیکان ترمودینامیکی گفتم که مبنای آن مفهومی به نام آنتروپی است اما به معنای دقیق آن اشاره‌ای نکردم. اگر بی‌نظمی تعریف مناسبی برای آن نیست، پس این واژه به چه معناست؟ اصلا از چه زمانی چنین مفهومی شکل گرفته و از چه موقعی به زمان مربوط شده است؟ این‌ها سوالاتی هستند که در بخش پیش رو آن‌ها را پی‌خواهیم گرفت.

تقدیری به نام آشفتگی

قرن نوزدهم میلادی قرن شکوفایی علمی به نام ترمودینامیک بود. شاخه‌ای از علم فیزیک که به مطالعه رابطه میان گرما، کار، دما و انرژی می‌پردازد. در این قرن بود که قوانین ترمودینامیک فرموله شدند و مفهوم آنتروپی برای اولین بار تعریف شد. در سال ۱۸۲۴ میلادی، مهندسی فرانسوی به نام سعدی کارنو نشان داد فارغ از این که یک موتور بخار چقدر خوب و کارآمد ساخته شود، همیشه مقداری از انرژی از دست می‌رود و تمام آن به کار تبدیل نمی‌شود. در سال ۱۸۵۰ میلادی کلازیوس متوجه شد که به‌صورت خودبه‌خود، همواره گرما از جسم گرم‌تر به جسم سردتر منتقل می‌شود و بر همین اساس گفت که تغییرات آنتروپی مرتبط با تغییرات انرژی در گذر زمان است. کلازیوس در شرح علت انتخاب این واژه نوشت:

> «ترجیح می‌دهم تا از زبان یونانی باستان برای نام‌گذاری کمیت‌های علمی مهم استفاده کنم تا همه این کمیت‌ها در زبان‌های مختلف به یک صورت خوانده شوند. من پیشنهاد می‌کنم که بر همین اساس، حرف اس (S) را معادل آنتروپی یک جسم بدانیم. واژه‌ای که خود برگرفته از کلمه یونانی «تبدیل» است. من واژه آنتروپی را به این علت انتخاب کردم که شبیه واژه انرژی باشد زیر این دو مفهوم از لحاظ اهمیت قابل مقایسه هستند [۶۱].»

کلازیوس سعی کرد تا روندی را برای تغییرات آنتروپی پیشنهاد کند اما تعریف مفهوم

avayebuf.com

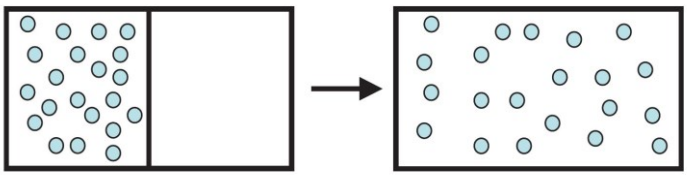
آنتروپی هم‌چنان نقطه مبهم ماجرا بود. موضوعی که برای رسیدن به آن، تاریخ علم باید منتظر فردی به لودویگ بولتسمان می‌ماند. با نزدیک شدن به اواخر قرن نوزدهم میلادی این باور که مواد از اتم‌ها و مولکول‌ها ساخته شده‌اند، بیش از پیش در میان دانشمندان رواج پیدا کرد. در این دوران، بولتسمان به اولین فردی تبدیل شد که آنتروپی را به‌صورتی مشخص تعریف کرد. مطابق تعریف او، آنتروپی برابر است با تعداد ریزحالت‌های هم‌ارز و مشابهی که یک سیستم ماکروسکوپی دارای حجم، تعداد ذرات و انرژی مشخص می‌تواند داشته باشد. مثلا یک لیوان پر از آب را در نظر بگیرید. اگر چشمانی ابرانسانی داشته باشیم که بتوانیم به مولکول‌های آب داخل این لیوان نگاه کنیم، متوجه می‌شویم که می‌توان آرایش‌های فضایی فراوانی برای این مولکول‌ها در نظر گرفت، به طوری که هم‌چنان شکل ظاهری آب درون لیوان و همچنین میزان انرژی آن بدون تغییر باقی بماند.

امروزه تعاریف مختلفی برای آنتروپی وجود دارد و در نتیجه، تعریف لودویگ بولتسمان آخرین آن‌ها نبوده است. یکی از مهم‌ترین آن‌ها که نسبت به بقیه شناخته شده‌تر محسوب می‌شود و حتی برخی آن را بهترین تعریف برای آنتروپی می‌دانند [۶۱] مبتنی بر کارهای مهندس و ریاضی‌دانی برجسته به نام کلاود شانون است. او در سال ۱۹۴۸ میلادی نشان داد که آنتروپی را می‌توان بر اساس اطلاعات تعریف کرد. به این معنی که هرچه آنتروپی بیش‌تر باشد میزان اطلاعات از دست رفته در مورد وضعیت ذرات موجود در یک سیستم هم بیش‌تر است.

پیش از ادامه کار، بد نیست کمی هم به این بپردازیم که چرا یکی فرض کردن آنتروپی به‌عنوان یک مفهوم ترمودینامیکی با موضوعی کیفی به نام بی‌نظمی، کار چندان صحیحی نیست و اگرچه ممکن است در برخی شرایط بتوان این ساده‌سازی را پذیرفت اما مواردی هم وجود دارد که به‌راحتی این تعریف را نقض می‌کند. نظم و بی‌نظمی مفاهیمی انتزاعی هستند و افراد ممکن است بر اساس ذهنیت‌های متفاوت، نظرات مختلفی در مورد منظم بودن یا نامنظم بودن یک مجموعه داشته باشند. برای روشن‌تر شدن موضوع در ادامه سه مثال ارایه می‌شود تا موضوع به‌صورت شفاف‌تری مشخص شود [۶۱]. فرض کنید یک محفظه مشخص با حجمی ثابت داریم که از وسط با کمک یک دیواره به دو قسمت کاملا

t.me/AVAYeBUF

مساوی تقسیم شده و در بخش چپ این محفظه تعدادی مولکول گازی وجود دارد (تصویر ۳۲). حالا تصور کنید که ما این دیواره جداکننده را برداشته‌ایم و مولکول‌ها در کل محفظه پخش شده‌اند. چه اتفاقی برای آنتروپی و نظم سیستم افتاده است؟ از آن‌جا که افرایش آنتروپی با افزایش حجم مرتبط است می‌توان گفت که آنتروپی افزایش یافته اما داستان نظم، داستان متفاوتی است. نظم موید رابطه‌ای مشخص میان موقعیت ذرات است اما این رابطه به این معنا نیست که لزوما هرچه فضا کوچک‌تر باشد، آن ذرات منظم‌تر و هرچه فضا بزرگ‌تر باشد آن‌ها حتما نامنظم‌تر هستند. به همین خاطر است که ما می‌توانیم گاراژی بسیار منظم‌تر از یک کشوی کوچک داشته باشیم. در نتیجه، اگرچه با افزایش حجم، آزادی عمل ذرات بیش‌تر می‌شود اما حتی اگر سیستم اولیه منظم در نظر گرفته شود (که رسیدن به چنین توصیفی خود جای سوال دارد) افزایش حجم، لزوما به معنی فقدان نظم و افزایش بی‌نظمی در لحظه اندازه‌گیری آنتروپی سیستم مورد نظر نیست.

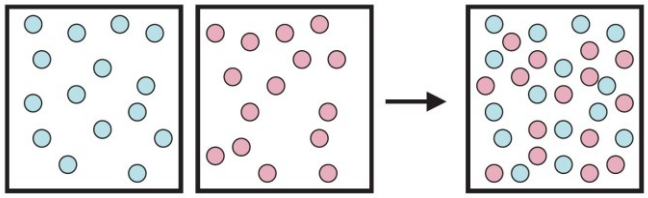


تصویر ۳۲: دو برابر کردن حجم محفظه حاوی مولکول‌های گازی یکسان

اگر با این مثال قانع نشده‌اید، بهتر است مثال دوم را دنبال کنید. تصور کنید که دو محفظه با حجم یکسان داریم که هرکدام حاوی تعداد برابری از مولکول‌های گازی متفاوت است (تصویر ۳۳). حالا تصور کنید که محتوای هر دو محفظه به یک محفظه مشابه منتقل شده است. چه بلایی بر سر بی‌نظمی و آنتروپی می‌آید؟ همان‌طور که اشاره شد تعریف دقیقی برای نظم وجود ندارد و شما ممکن است بگویید که مخلوط کردن دو نوع گاز متفاوت در یک محفظه مشابه، به معنای افزایش تراکم و نظم بیش‌تر است یا بگویید وقتی آن‌ها در محفظه‌های جداگانه بودند، نظم و اصطلاحا دسته‌بندی بهتری داشتند. دو نتیجه‌گیری کاملا متضاد! داستان آنتروپی چه می‌شود؟ آیا می‌توان با رجوع به آنتروپی گفت کدام یک از دو تعریف ارایه شده در مورد نظم صحیح است؟ خیر! زیرا محاسبه می‌گوید آنتروپی هر دو سیستم (دو محفظه گازی حاوی مولکول‌های قرمز و آبی جدا و محفظه حاوی هر دو

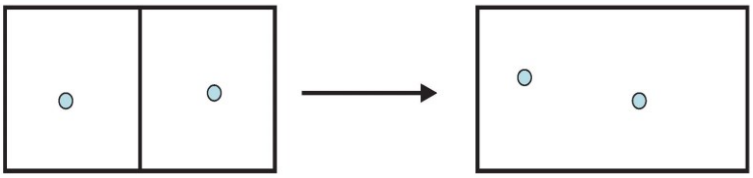
avayebuf.com

نوع مولکول) یکی است. در نتیجه تغییر آنتروپی برای چنین کاری برابر با صفر است.



تصویر ۳۳: ترکیب دو نوع مولکول گازی مجزا در یک محفظه جدید با حجم یکسان

به‌عنوان مثال آخر، محفظه‌ای را در نظر بگیرید که همانند مثال اول، دقیقا از وسط به دو قسمت تقسیم شده و مثلا در هر بخش یک مولکول گازی یکسان قرار دارد (تصویر ۳۴). فرض کنید که باز هم مانند مثال اول، دیواره جداکننده میانی را برمی‌داریم. چه بلایی بر سر نظم سیستم می‌آید؟ آن‌چه که از ظاهر تغییر مشاهده می‌شود این است که سیستم در حالت آغازین خود منظم‌تر بود و حالا که دیواره برداشته شده، نامنظم‌تر شده است. با این‌حال، اگر بخواهیم مفهوم آنتروپی را از لحاظ ترمودینامیکی و بر مبنای حساب و کتاب بیان کنیم، تغییرات آنتروپی سیستم چندان زیاد نیست.

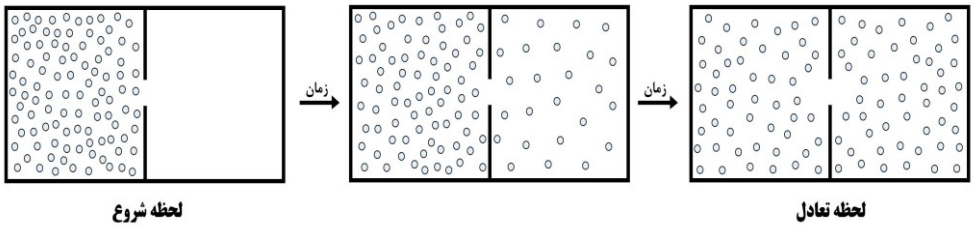


تصویر ۳۴: ادغام محفظه هم‌اندازه و حاوی دو مولکول گازی یکسان

حالا که دید بهتری به ابعاد مشکل برابر دانستن بی‌نظمی و آنتروپی پیدا کرده‌ایم، بهتر است به سراغ خود مفهوم آنتروپی برویم. همان‌طور که قبلا اشاره شد، بولتسمان اولین کسی بود که تعریف کاملا مشخصی از آنتروپی ارایه کرد. برای رسیدن به نوعی درک کمی و در قالب اعداد و ارقام از مفهوم آنتروپی، آن هم بر اساس تعریف لودویگ بولتسمان، بهتر است به یک مثال ساده روی بیاوریم. فرض کنید محفظه‌ای داریم که دقیقا از وسط و توسط یک دیواره نفوذناپذیر به دو بخش کاملا مساوی تقسیم شده است. چیزی شبیه به آن‌چه در تصویر ۳۵ به نمایش درآمده است. حالا تصور کنید که در وسط این دیواره، یک حفره

t.me/AVAYeBUF

وجود دارد که امکان تبادل ماده میان دو بخش را بدون هیچ مشکلی فراهم می‌کند. فرض کنید که در آغاز می‌خواهیم این محفظه را با ۲۰۰۰ مولکول گازی دلخواه پر کنیم. اگر قرار باشد که تمامی ۲۰۰۰ مولکول مورد نظر در سمت چپ محفظه باشند و در سمت راست آن، هیچ مولکولی نباشد به چند روش می‌توان چنین وضعیتی را به نمایش گذاشت؟ بیایید برای ساده‌تر شدن موضوع، کاری به موقعیت فضایی و انرژی هر یک از این ۲۰۰۰ مولکول نداشته باشیم و صرفا محل قرار داشتن آن‌ها (سمت چپ یا راست محفظه) را ملاک قرار دهیم. پاسخ مشخص است و تنها به یک روش می‌شود چنین کاری کرد. حالا اگر همین سوال در مورد حالت ۱۹۹۹ مولکول در سمت چپ و یک مولکول در سمت راست تکرار شود چه؟ پاسخ برابر با ۲۰۰۰ روش خواهد بود زیرا می‌توان هر یک از ۲۰۰۰ مولکول مورد نظر را در موقعیت مولکول سمت راست هم متصور شد. برای ۱۹۹۸ مولکول در سمت چپ و ۲ مولکول در سمت راست، عدد مربوط به تعداد چینش به ۱,۹۹۹,۰۰۰ خواهد رسید. این روند افزایش تعداد حالت‌های ممکن برای چینش مجموعه را می‌توان تا برابر شدن تعداد مولکول‌های دو طرف دنبال کرد (جدول ۴). پس از برابر شدن تعداد مولکول‌های دو طرف، هرگونه جابه‌جایی مولکولی میان دو طرف، موجب کاهش میزان تعداد حالت‌های ممکن و در نتیجه آنتروپی می‌شود.



تصویر ۳۵: انبساط مولکول‌های گازی. هرچه می‌گذرد مولکول‌های بیش‌تری از قسمت چپ به سمت راست منتقل می‌شود. موضوعی که سبب افزایش آنتروپی سیستم می‌شود. در نهایت، زمانی می‌آید که سیستم به تعادل رسیده و دیگر افزایش آنتروپی رخ نمی‌دهد.

زمانی که تعریف لودویگ بولتسمان از آنتروپی را با مثال ارایه شده در مورد محفظه حاوی مولکول‌های گازی مقایسه کنیم، به خوبی روند افزایش آنتروپی مربوط به تغییرات سیستم را ملاحظه می‌کنیم. در آغاز که تمامی مولکول‌ها در یک طرف قرار دارند، محفظه ما دارای

avayebuf.com

کم‌ترین میزان آنتروپی است اما هرچه به تعداد مولکول‌های گاز در بخش راست محفظه و در نتیجه تعداد حالت‌های ممکن برای چینش آن‌ها افزوده می‌شود، بر میزان آنتروپی سیستم هم اضافه می‌شود.

جدول ۴: تعداد روش‌های چینش مولکول‌ها در یک محفظه دو بخشی [۶۲]

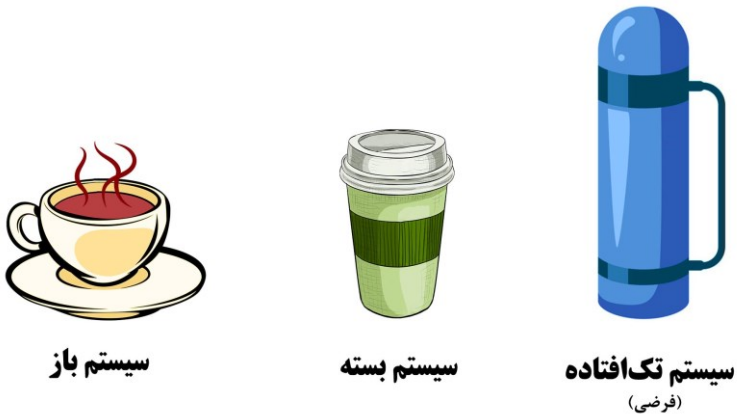
تعداد مولکول‌های سمت راست	تعداد مولکول‌های سمت چپ	تعداد روش‌های چینش مولکول‌ها
۰	۲۰۰۰	۱
۱	۱۹۹۹	۲۰۰۰
۲	۱۹۹۸	۱,۹۹۹,۰۰۰
۳	۱۹۹۷	۱,۳۳۱,۳۳۴,۰۰۰
۱۰۰۰	۱۰۰۰	۲×۱۰^{۶۰۰}

قانون دوم ترمودینامیک می‌تواند به شکل‌های مختلفی تعریف شود اما اگر بخواهیم آن را بر اساس مفهوم آنتروپی بیان کنیم می‌توان گفت که به‌صورت کلی در یک سیستم منزوی (تک‌افتاده)[۱]، هیچ‌گاه روند تغییر و تحول خودبه‌خودی آنتروپی منفی نیست و تغییرات خودبه‌خودی آن همواره ثابت یا مثبت هستند (تصویر ۳۶). به این صورت که اگر فرایند یا فرایندهای به انجام رسیده در سیستم مورد نظر برگشت‌پذیر باشند، تغییر آنتروپی کل سیستم صفر می‌شود و اگر یک‌طرفه باشند تغییر آنتروپی کل مثبت است. البته باید در نظر گرفت که چنین تعریفی مطلق نیست و موضوع افزایش آنتروپی به خاطر تغییرات در یک سیستم باز، بسته و حتی منزوی مانند مثالی که در مورد محفظه شامل مولکول‌های گازی زده شد، صرفا یک رخداد آماری بسیار محتمل است. یعنی ممکن است خلاف آن هم مشاهده شود و تغییرات به نحوی باشد که آنتروپی سیستم کاهش یابد. به زبان دیگر، کاهش خودبه‌خودی آنتروپی حتی در یک سیستم تک‌افتاده، هرچند بسیار نامحتمل اما هم‌چنان ممکن است. مثلا از نقطه نظر آماری می‌توان انتظار داشت که در یک محفظه حاوی ۲۰۰۰ مولکول، پس از گذشت زمانی بسیار بسیار زیاد، تمامی ۲۰۰۰ مولکول پخش

[۱] سیستمی که هیچ‌گونه تبادل انرژی و ماده با محیط پیرامون یا هر سیستم دیگری نداشته باشد. احتمالا سیستم تک‌افتاده واقعی وجود ندارد و هر سیستمی در کیهان نهایتا می‌تواند یک سیستم بسته باشد.

t.me/AVAYeBUF

شده در محفظه، برای لحظه‌ای خاص و گذرا بتوانند خود را در وضعیتی ببینند که همگی در یک طرف جمع شده‌اند. در نتیجه، با وضعیتی روبرو شوند که سیستم کاهش آنتروپی را تجربه کند. موضوعی که نشان می‌دهد افزایش آنتروپی یک سیستم، امری مطلق نیست. در مثالی ملموس‌تر می‌توان گفت که پس از انداختن قطره جوهری در یک ظرف آب انتظار می‌رود که مولکول‌های سازنده قطره جوهر در سرتاسر ظرف پخش شوند و منجر به یک محلول تقریبا یک‌دست شوند. با این‌حال، این امکان هم وجود دارد که مولکول‌های جوهر در اثر برخوردهای بین مولکولی به جای پخش شدن یک‌نواخت، در یک سمت ظرف جمع شوند. اتفاقی که اگرچه بسیار نامحتمل تلقی می‌شود و وقوع آن ممکن است به زمانی بیش از عمر فعلی کیهان محتاج باشد اما هم‌چنان شدنی و محتمل است.



تصویر ۳۶: سیستم تک‌افتاده (فاقد تبادل ماده و انرژی با محیط)، بسته (فاقد تبادل ماده با محیط) و باز (فاقد محدودیت در تبادل ماده و انرژی)

نکته مهم دیگری که ما باید در مورد قانون دوم ترمودینامیک به آن توجه کنیم این است که اگرچه کاهش خودبه‌خودی آنتروپی یک سیستم نامحتمل است ما می‌توانیم با مصرف انرژی، آنتروپی یک فرایند را کم کرده و عملا تغییری منفی در آنتروپی آن ایجاد کنیم. با این‌حال، اگر کل کیهان را سیستمی تک‌افتاده و منزوی در نظر بگیریم در آن صورت، تغییرات آنتروپی مجموع تمامی فرایندهای به‌وقوع پیوسته در کل کیهان، به‌صورت معمول هیچ‌گاه منفی نمی‌شود و همواره برابر با صفر یا مثبت است. به بیان دیگر، کاهش آنتروپی در یک نقطه با افزایش آنتروپی در نقطه دیگر جبران می‌شود. مثلا ما می‌توانیم دستگاهی

avayebuf.com

بسازیم که لاته شما را مجددا به اجزای سازنده خودش یعنی شیر و قهوه تبدیل کند اما چنین دستگاهی نیاز به تلاش شما و همچنین مصرف انرژی دارد که این انرژی خودش ناشی از افزایش آنتروپی در قسمت دیگری از کیهان است. به دیگر سخن، اگرچه جدا کردن اجزای سازنده لاته موجب کاهش آنتروپی لاته می‌شود اما تغییر آنتروپی مجموع فرایند (تبدیل لاته به اجزای سازنده+ کار انجام شده توسط شما و انرژی مصرف شده توسط ماشین) مثبت یا حداقل صفر خواهد بود.

با در نظر گرفتن مفهوم آنتروپی و تعریف قانون دوم ترمودینامیک، عملا می‌توان گفت که وقتی سیستمی به بیشینه آنتروپی خود برسد اصطلاحا دیگر جای دیگری برای رفتن ندارد. این چیزی است که فیزیک‌دانان معتقد به معادل بودن پیکان زمان با پیکان ترمودینامیکی، به آن باور دارند. جایی که یک سیستم به حداکثر آنتروپی خود و نوعی تعادل می‌رسد و دیگر امکان افزایش آنتروپی وجود ندارد. دورانی که سیستم مورد نظر به پایان زمان خود می‌رسد و اگرچه این به معنای نابودی آن سیستم نیست اما دیگر تغییری هم در آن رخ نمی‌دهد زیرا هر تغییری به منزله کاهش آنتروپی است و چنین چیزی در یک سیستم منزوی که به پایان کار خودش رسیده بسیار نامحتمل است. در این سناریو، پایان زمان برای کیهان، موقعی خواهد بود که سرنوشتی به نام *مرگ گرمایی*[1] رخ دهد. فرضیه‌ای که مطابق آن کیهان به قدری به انبساط خود ادامه خواهد داد که عملا همه‌چیز در تاریکی بی‌پایان و سرمایی نزدیک به صفر مطلق فرو رفته و آنتروپی کل کیهان به بیشینه خودش می‌رسد. آن‌هم به شکلی که دیگر هیچ تغییری میسر نیست. زمانی که دیگر تفاوت معنا ندارد، سیاره، ستاره و حتی اتم یا مولکولی در کار نیست و اصطلاحا همه‌چیز مانند معجونی بی‌اندازه رقیق و یک‌دست شده است. مطابق فرضیه یکی بودن جهت پیکان ترمودینامیکی و پیکان زمان، پس از وقوع مرگ گرمایی، از بین رفتن تفاوت‌ها و تهی شدن عالم از انرژی لازم برای افزایش آنتروپی، دیگر چیزی به اسم زمان در کار نخواهد بود تا تغییری در طول آن رخ دهد. برای دیدن میزان مقبولیت قانون دوم ترمودینامیک در میان فیزیک‌دانان، می‌توان به توضیحات ادینگتون اشاره کرد. او می‌گوید:

[1] Heat Death

t.me/AVAYeBUF

«من فکر می‌کنم قانون دوم ترمودینامیک که می‌گوید آنتروپی همیشه افزایش می‌یابد، جایگاهی عالی در میان قوانین طبیعی دارد. اگر شخصی خاطر نشان کرد که نظریه شما در مورد کیهان با معادلات ماکسول در تناقض است، پس بدا به حال به این معادلات. اگر مشخص شود که میان مشاهدات انجام شده و نظریه شما تناقضی وجود دارد خب باید گفت که پژوهشگران و محققین هم بعضی وقت‌ها در مشاهدات خود دچار خطا می‌شوند. با این‌حال، اگر نظریه شما نتایجی برخلاف قانون دوم ترمودینامیک را ارایه کرد، در این صورت، بدا به حال نظریه شما. چنین نظریه‌ای چیزی به جز یک شکست و فاجعه مطلقا تاسف‌آمیز نیست [۵۹].»

قانون دوم ترمودینامیک از آن دست قانون‌های محکمی است که تا کنون نقض نشده و مفهومی به نام آنتروپی هم موضوعی قابل تکیه به نظر می‌رسد. با این‌حال، شاید این قانون و مفهومی به نام آنتروپی آن جام مقدسی نباشد که ما به دنبال آن هستیم تا مفهومی به اسم زمان را با آن توضیح دهیم. از همان زمان که فردی مانند ادینگتون این قانون و مفهوم آنتروپی را به زمان مربوط ساخت، افراد برجسته و صاحب نظری بوده‌اند که خیلی موافق چنین رابطه‌ای میان آنتروپی و زمان نباشند. یکی از این افراد مهم، گیلبرت لوییس است. شیمی‌دان برجسته‌ای که برای خدمات فراوانش در شیمی، ۴۱ بار نامزد دریافت جایزه نوبل شد اما هیچ‌گاه قرعه به نامش در نیامد. البته که چندان هم اهمیت ندارد زیرا اهمیت یک دانشمند خدمات علمی او و نه تعداد جوایزش است. لوییس که ۱۸ سال زودتر از کلاود شانون تعریف آنتروپی را با مفهوم اطلاعات مرتبط دانست، در سال ۱۹۳۰ میلادی در این مورد نوشت:

«افزایش آنتروپی به معنای کاهش اطلاعات و نه چیز دیگری است. آنتروپی مفهومی ذهنی است اما ما می‌توانیم آن را بر همان اساس تعریف کنیم، آن‌هم به شکلی که در ادامه می‌آید. اگر صفحه‌ای در دست داشته باشیم که حاوی اطلاعات مربوط به یک سیستم مشخص است، ما می‌توانیم بر اساس آن اطلاعات و وضعیت توصیف شده، شرایط سیستم مورد نظر را به‌صورت کاملا مشخصی به‌دست آوریم. این یعنی آنتروپی سیستم مورد نظر را می‌توان بر اساس همین اطلاعات تعیین کرد. اگر بخشی از این اطلاعات ضروری برای تعیین میزان آنتروپی سیستم مورد نظر به نحوی پاک شود، مانند این است که آنتروپی سیستم مورد نظر (که ما قصد تعیین آن را داریم) افزایش یافته و اگر اطلاعاتی به آن افزوده شود، عملا

avayebuf.com

آنتروپی سیستم کاهش می‌یابد. هیچ چیز بیش‌تری نیاز نیست تا نشان دهد یک واکنش برگشت‌ناپذیر و یک‌طرفه، هیچ ارتباطی به زمان ندارد. زمان یک متغیر خالص ترمودینامیکی نیست [۶۱].»

برای پی‌بردن به معضل یکی دانستن روند افزایش آنتروپی و زمان کافی است کمی به مشکلات مطابق قرار دادن پیکان زمان با پیکان ترمودینامیکی توجه کنیم. اولین مشکل، عدم جامعیت یا اصطلاحا سراسری نبودن آن است. در فصل قبل در مورد مفاهیمی مانند فضازمان و نسبیت که توسط اینشتین ارایه شدند صحبت شد. بر همان اساس می‌توان گفت که ما برخلاف توصیف نیوتنی، یک خط زمانی ممتد، یک ساعت یا یک پیکان جهانی مطلق زمانی برای تمام نقاط کیهان نداریم و بسته به این که کجا را ملاک قرار دهید به زمانی اختصاصی خواهید رسید. زمان‌هایی اختصاصی که جریان هیچ‌یک از آن‌ها کاملا یکی نیست و هرکدام پیکان‌هایی کوچک هستند که حتی نمی‌توان آن‌ها را لزوما با یک‌دیگر هم‌جهت دانست. علاوه‌بر این، ما می‌دانیم که افزایش آنتروپی به فرایندهای برگشت‌ناپذیر مربوط است. به بیان دیگر، اگر در یک سیستم تک‌افتاده، فرایندی کاملا برگشت‌پذیر باشد عملا تغییرات آنتروپی آن برابر با صفر می‌شود که با یکی دانستن تغییر آنتروپی با مفهوم زمان، چنین چیزی به معنای عدم تغییر در زمان است. با این‌حال، این موضوع تنها یک بحث آماری است و اگر مثلا ما به‌عنوان ناظر این سیستم ظاهرا منجمد شده در زمان، به قدر کافی صبر کنیم ممکن است شاهد تغییر ولو لحظه‌ای میزان آنتروپی آن باشیم.

قبلا اشاره شد که به نظر زمان موضوعی بنیادین در قوانین فیزیکی نیست. علاوه‌بر این، ما می‌دانیم که در ابعاد میکروسکوپی و در جایی مانند دنیای کوانتوم، ذرات می‌توانند به هر دو سمت آن‌چه در دنیای ماکروسکوپی آن را پیکان زمان می‌خوانیم حرکت کنند. به‌عنوان یک نمونه، می‌توان به یافته‌ای اشاره کرد که سال گذشته منتشر شده است. مطابق این یافته، در فرایندهایی که تغییرات آنتروپی در آن‌ها کم باشد (فرقی هم ندارد که تغییر مثبت باشد یا منفی) امکان حرکت به جلو یا عقب در زمان برای یک ذره میکروسکوپی وجود دارد [۶۳]. به عبارت دیگر، در دنیای کوانتومی، آن‌چه که ما حرکت در زمان به سمت جلو یا عقب می‌خوانیم می‌تواند حالتی درهم‌تنیده باشد که لزوما از پیکان یک طرفه

t.me/AVAYeBUF

ترمودینامیکی تبعیت نمی‌کند. در همین راستا می‌توان حتی به مثال دیگری از دنیای ذرات میکروسکوپی اشاره کرد که یک‌بار دیگر نشان می‌دهد چیزی به نام پیکان مطلق و یک‌طرفه ترمودینامیکی برای زمان وجود ندارد. به‌عنوان یک مثال، محققین در سال ۲۰۱۹ میلادی نشان دادند که در شرایط خودبه‌خودی، گرما لزوما و همواره از جسم گرم‌تر به جسم سردتر منتقل نمی‌شود و در شرایط خاص امکان انتقال گرما از جسم سردتر به جسم گرم‌تر وجود دارد. به این معنی که در اثر این تبادل، جسم سرد، سردتر شده و جسم گرم، گرم‌تر شود [۶۴]. با این‌حال، به گفته محققین این یافته، تعریف کلازیوس از قانون دوم ترمودینامیک (انتقال گرما از جسم گرم‌تر به جسم سردتر) را نقض نمی‌کند زیرا در آن تعریف برهم‌کنش و *ارتباطات کوانتومی*[1] میان دو جسم در نظر گرفته نمی‌شود.

به‌عنوان دومین مشکل پیکان ترمودینامیکی، می‌توان گفت که اساس این پیکان بر مبنای مفهومی به نام آنتروپی است اما ما نمی‌توانیم در هر لحظه از مقدار دقیق آنتروپی کل کیهان مطمئن باشیم. در واقع، ما می‌دانیم که چیزی به نام جهان قابل مشاهده وجود دارد که ظاهرا ابعاد مشخصی دارد اما نمی‌دانیم که ابعاد کیهان (جهان قابل مشاهده+جهان غیرقابل مشاهده) واقعا چقدر است. آیا واقعا اندازه محدودی دارد یا این که اصطلاحا بی‌انتهاست. به زبان دیگر، ما می‌دانیم که کیهان بزرگ‌تر از جهان قابل مشاهده است و حدس‌هایی هم درباره اندازه آن زده‌ایم[2] اما نمی‌دانیم که این بزرگی به چه میزان است. چرا چنین چیزی مهم است؟ چون اساس تعریف و اندازه‌گیری آنتروپی در هر لحظه معین، بر مبنای مشخص بودن حجم و البته ثابت بودن محتوای انرژی سیستم است. حجمی که باید تعداد اجزا و همچنین مجموع انرژی آن مشخص باشد تا بتوان تعداد ریزحالت‌های هم‌ارز و محتمل برای آن در یک لحظه مشخص را برشمرد و به این صورت میزان آنتروپی مربوط به آن را محاسبه کرد. اگر نتوانیم از ابعاد یک سیستم، تعداد ذرات و محتوای انرژی آن مطمئن باشیم، ارقامی که به‌عنوان آنتروپی به آن نسبت می‌دهیم صرفا اعدادی بی‌اساس خواهند بود. در نتیجه، نسبت دادن عددی مشخص به‌عنوان مقدار آنتروپی کیهان در زمان

[1] Quantum Correlations

[2] مطابق یک محاسبه، ابعاد کیهان حداقل ۲۵۰ برابر ابعاد جهان قابل مشاهده است.

avayebuf.com

حال و یا در میلیاردها سال قبل و بعد بی‌معنی است چون ما هیچ مبنای مطمئنی برای محاسبه اندازه دقیق آن در دست نداریم. وقتی رقم مربوط به آنتروپی کیهان در زمان‌های مختلف را ندانیم هم دیگر نمی‌توانیم از افزایشی یا کاهشی بودن قطعی تغییرات آنتروپی کیهان در طول زمان مطمئن باشیم.

سومین مشکل در زمینه معادل قرار دادن جهت پیکان ترمودینامیکی با جهت زمان، این یک واقعیت بسیار بزرگ است که ما نمی‌دانیم سرنوشت کیهان به کجا ختم خواهد شد. همان‌طور که قبلا اشاره کردم، ستون فقرات معادل قرار دادن پیکان ترمودینامیکی با جهت ظاهری زمان بر اساس ایده‌ای به نام فرضیه گذشته است. فرضیه‌ای که می‌گوید کیهان در آغاز خودش دارای کم‌ترین میزان آنتروپی ممکن بوده و در ادامه، هرچه از عمر آن گذشته به سمت آنتروپی بیش‌تر رفته است. روندی که سرانجام به جایی خواهد رسید که با وقوع مرگ گرمایی دیگر هیچ تغییری رخ نمی‌دهد. با این‌حال، مشکل این‌جاست که مرگ گرمایی یا گسست بزرگ که در آن‌ها همه‌چیز از یک‌دیگر دور می‌شود و عالم در تاریکی فرو می‌رود تنها دو حالت ممکن برای سرنوشت کیهان هستند اما مواردی مانند مچاله‌شدگی بزرگ یا انقباض و انبساط دایمی سرنوشت‌های محتمل دیگری هستند که در آن‌ها دیگر خبری از افزایش آنتروپی تا رسیدن به پایان زمان (صفر شدن تغییر آنتروپی) در کار نیست. با این تفاسیر باید گفت که حتی اگر فرض بگیریم که ابعاد کیهان را می‌دانیم و می‌توانیم با تعیین انرژی و تعداد اجزای سازنده، آنتروپی آن را در هر لحظه تعیین کنیم اما ما واقعا نمی‌دانیم چه سرنوشتی در انتظار کیهان است. ما نمی‌دانیم که مثلا کیهان قرار است آن‌قدر منبسط شود تا دیگر تغییری رخ ندهد و اصطلاحا به پایان زمان برسیم یا این که مثلا همانند قلبی تپنده، پس از مدتی انبساط مجددا منقبض شده و این چرخه تا ابد ادامه داشته باشد.

به‌عنوان آخرین مشکل پیکان ترمودینامیکی زمان می‌توان به عدم توافق آن با زمان احساس شده و ادراک شده توسط موجودات زنده اشاره کرد. فرض کنید که کیهان به ناگهان دست از انبساط کشیده و به‌صورت وارونه، شروع به انقباض و جمع شدن کند. ابعاد کیهان به‌قدری بزرگ است که چنین تغییری در جهت حرکت اجزای سازنده آن اصولا به این زودی‌ها

t.me/AVAYeBUF

دیده نمی‌شود. حتی اگر بتوانیم آن را با کمک قوی‌ترین تلسکوپ‌ها هم مشاهده کنیم، تجربه مستقیم و بی‌واسطه آن برای یک انسان ساکن کره زمین میلیاردها سال طول خواهد کشید. پس بیایید یک مثال سرراست‌تر و ملموس‌تر را در نظر بگیریم. فرض کنید که متوجه شوید شیر داخل فنجان قهوه‌تان در حال جدا شدن از قهوه و بازگشتن به درون ظرف شیر است. آیا چنین رخدادی که در جهت عکس پیکان ترمودینامیکی و مفهوم افزایش آنتروپی یک سیستم مانند شیرقهوه است، برای شما موید حرکت وارونه در زمان است؟ آیا با دیدن این منظره احساس خواهید کرد که زمان به عقب بازگشته؟ طبیعتا خیر! اگرچه چنین چیزی به شما احساس وارونه شدن رخدادهای پیرامون و حتی تا حدودی عقب‌گرد را القا خواهد کرد اما شما خودتان چنین سفری را تجربه نمی‌کنید و همانند یک ناظر به ماجرا می‌نگرید. همانند وقتی که فیلمی را به جلو یا عقب می‌برید به شکلی که اگرچه فریم‌ها به جلو و عقب می‌روند اما شما به‌عنوان بیننده تحت تاثیر چنین تغییری در توالی فریم‌ها قرار نمی‌گیرید. درست همانند *ترالفامادورها*[1] که موجوداتی خارج از زمان هستند و تغییرات به وقوع پیوسته در زمان برای آن‌ها همانند فریم‌های متوالی و ثابت است. موجوداتی که برای خواندن توصیفات مربوط به آن‌ها باید سری به داستان *سلاخ‌خانه شماره پنج*[2] از *کرت وانه‌گت*[3] بزنید که به فارسی هم ترجمه شده است. در نتیجه، مشخص است که حتی اگر پیکان ترمودینامیکی مربوط به تغییرات محیطی وارونه شود، ادراک ما از زمان وارونه نخواهد شد زیرا به نظر می‌رسد که زمان درونی و بیرونی از یک جنس نیستند یا حداقل هردو تحت تاثیر عامل واحدی نیستند.

با این توصیفات شاید بهتر باشد که واقعا برای زمان پیکانی سراسری و جامع در نظر نگیریم زیرا به نظر می‌رسد هر پیکانی که تاکنون به آن متوسل شده‌ایم تنها جنبه‌ای از تغییر است اما لزوما موید خود زمان نیست. همان‌طور که قبلا وعده داده شد، صحبت بیش‌تر در مورد ادراک زمان را در فصل چهارم مفصلا دنبال خواهیم کرد اما فارغ از ادراک ما، خود زمان واقعا چیست؟ اصلا زمانی در کار است یا ما اسیر مفهومی خودساخته‌ایم؟ این سوالاتی است

[1] Tralfamadorians
[2] Slaughterhouse-Five
[3] Kurt Vonnegut

avayebuf.com

که در بخش بعدی آن‌ها را دنبال خواهیم کرد.

زمانی مملو از بی‌زمانی

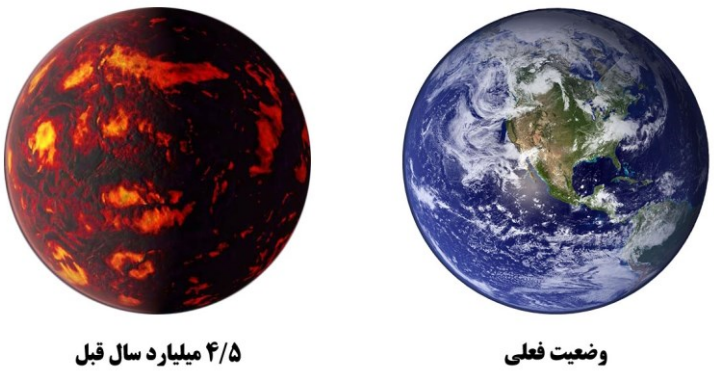
به نظر می‌رسد که آن‌چه ما زمان بیرونی می‌نامیم داستان متفاوتی نسبت به ادراک زمان و اصطلاحا زمان درونی دارد. چه ما باشیم و چه نباشیم، زمین به چرخش خودش، خورشید به درخشیدنش و گل‌ها به روییدنشان ادامه خواهند داد. در این نگاه، طعنه ظریفی وجود دارد که مخصوصا مدعیان حفاظت از کره زمین را مخاطب قرار می‌دهد. طعنه‌ای که می‌گوید زمین روزی گلوله‌ای گداخته بود اما توانست بدون کمک هیچ انسانی به کره‌ای آبی و مملو از حیات تبدیل شود. در نتیجه باید گفت که کره زمین هیچ نیازی به نجات داده شدن آن هم توسط انسان‌ها ندارد و چنین شعارهایی اگر نوعی ساده‌لوحی یا حقه‌بازی سیاسی نباشند، در بهترین حالت، تنها نوعی تلاش برای نجات انسان‌ها است. در مجموع باید گفت هر رخدادی که در محیط پیرامون و در جهت ظاهرا مشخصی در حال انجام است قبل از ما وجود داشته و پس از ما هم وجود خواهد داشت و بود و نبود ما تاثیری بر رخدادهای مستقل از ما ندارد. به همین خاطر است که نیازی نیست ما حتما در یک مزرعه موز در فیلیپین یا اکوادور زندگی کنیم تا رشد این موزها تضمین شود. در واقع، این که ما خودمان را مسئول یا عامل تغییرات محیطی می‌بینیم و فکر می‌کنیم اگر ما نباشیم آسمان به زمین می‌آید، چیزی جز توهمی برخواسته از کبر و غرور انسانی ما نیست.

برای این که بهتر بتوانیم به زمان بیاندیشیم شاید یک راه این باشد که برای لحظه‌ای دست از انسان بودن کشیده و نگاه سنتی خودمان به مفهوم زمان را کنار بگذاریم. تضمینی در کار نیست اما شاید چنین تصوری بتواند ما را برای لحظاتی از پیش‌داوری‌های زیستی و ذهنی رها یا حداقل به این مقصود نزدیک کند. کاری دشوار است اما اگر به مانند من، یک قوه خیال‌پردازی معمولی هم داشته باشید احتمالا از پس انجام آن برمی‌آیید.

در آزمایشی ذهنی، تصور کنید که یک ذره سرگردان در کیهان هستید که تحت تاثیر هیچ نیروی خاصی مانند نیروی جاذبه یک سیاره یا ستاره مجاور نیستید. ذره‌ای که نه احساسات

t.me/AVAYeBUF

یا سوخت و ساز زیستی دارد و نه خاطره‌ای که به آن رجوع کند. در چنین حالتی دنیای پیرامون چطور به نظر می‌رسد؟ آیا می‌توان زمان را به مانند هویتی فیزیکی و ملموس ملاحظه کرد؟ آیا باز هم می‌توانیم گذر و جریان ظاهری یک‌طرفه آن را به‌صورت مشخصی ملاحظه کنیم؟ آیا هم‌چنان خودتان را در مسیری یک‌طرفه و به سمت مرگ احساس می‌کنید؟ پاسخ مشخصا خیر است زیرا زمان تنها یک مفهوم است و نمی‌توان خودش را مستقیما مشاهده کرد. در واقع، آن‌چه ما به‌صورت روزمره در محیط پیرامون خود می‌بینیم حرکت یا اگر بخواهیم آن را در معنای وسیع‌تری بیان کنیم نوعی تغییر است. تغییری که ما آن را با زمان یکی در نظر گرفته‌ایم و هر بار آن را ملاحظه می‌کنیم به این نتیجه می‌رسیم که زمان تغییر کرده است. علت این برداشت ما از واقعیت هم مشخص است. سکون مطلق در دنیایی که می‌شناسیم بی‌معنی است و با توجه به انبساط کیهان، همه‌چیز حتی بافت فضازمان در حرکت است. در نتیجه، در هر جایی که باشیم و در کم‌ترین حالت، همواره موقعیتمان در حال تغییر است و در سطوح بالاتر، این تغییر می‌تواند علاوه‌بر موقعیت فیزیکی، به تغییر ماهیت یک ذره و اثرگذاری آن روی ذرات دیگر هم منجر شود.



تصویر ۳۷: مقایسه وضعیت زمین در دوره‌های مختلف. تغییری که بدون کمک هیچ انسان یا نیرویی ماورایی به انجام رسیده است.

نکته دیگر در مورد زمان این است که نه تنها نمی‌توان آن را به‌صورت مستقیم مشاهده کرد بلکه حتی نمی‌توان آن را عامل انجام کاری دانست. هر تغییری که در محیط پیرامون خودمان می‌بینیم نه به خاطر اثرگذاری زمان که به خاطر تغییر و تحول ذرات سازنده جهان

avayebuf.com

قابل مشاهده است. اگر یک ورقه آهن زنگ می‌زند و تبدیل به آهن قراضه می‌شود به این خاطر نیست که در معرض زمان بوده و سپری شدن زمان چنین بلایی را بر سر ورقه آهن بیچاره آورده است. شما می‌توانید با کمک روش نگه‌داری مناسب، برای سال‌ها یک ورقه آهن را با همان کیفیت روز اول حفظ کنید. علت زنگ زدن آهن این است که وقتی اتم‌های سطحی یک تکه آهن در معرض تماس با اتم‌های اکسیژن قرار می‌گیرند و برخوردهای مناسب و با انرژی کافی میان این اتم‌ها رخ می‌دهد، اتم‌های آهن شروع به ترکیب شدن با اتم‌های اکسیژن و تولید ذرات قهوه‌ای رنگ و ناخوشایند آهن اکسید می‌کنند. ما پیر می‌شویم و روزی می‌میریم اما نه به این خاطر که سال‌های عمرمان در حال تمام شدن هستند بلکه به این خاطر که سلول‌های بدنمان به‌تدریج آن قدرت تولیدمثل یک‌نواخت و بدون ایراد را از دست می‌دهند. افزایش دفعات تولیدمثل یک سلول سبب کاهش قدرت تولید مثل آن می‌شود. اگر روزی بتوانیم مشکل از دست رفتن قدرت تولیدمثل یک‌نواخت توسط سلول‌هایمان را حل کنیم که علت آن در ژنتیک و بیوشیمی سلولی نهفته است، عملا جلوی پیرشدن خودمان را خواهیم گرفت و به جاودانگی زیستی می‌رسیم.

بر خلاف فیزیک‌دان شناخته شده‌ای مانند کارلو رووِلی که در کتاب معروف نظم زمان خودش فصلی با عنوان منبع زمان دارد و در آن‌جا سعی می‌کند به سرمنشا زمان برسد، شاید واقعا نتوان برای زمان، منبع و منشایی فیزیکی و مشخص در نظر گرفت. به‌واقع، اگرچه می‌توان برای تغییرات مختلفی که ما آن‌ها را در محیط پیرامون و به‌صورت کلی در سراسر جهان قابل مشاهده ملاحظه می‌کنیم، پیکان‌هایی معرفی کرد اما همان‌طور که قبلا اشاره کردم، به نظر می‌رسد که هیچ یک از این پیکان‌ها جامع و سراسری نیستند و در بهترین حالت، هریک از آن‌ها تنها به نوع مشخصی از تغییر اشاره دارند که حتی یک‌طرفه بودن و برگشت‌ناپذیری آن‌ها هم قطعی نیست.

به آزمایش ذهنی خودمان بازگردیم. ذره‌ای فرضی در جایی از کیهان که تحت تاثیر نیروی خاصی نیست و متحمل هیچ نوع تغییری حتی موردی مانند جابه‌جایی موقعیت، به خاطر انبساط کیهان هم نمی‌شود. اگر فرض کنیم هیچ تغییری رخ ندهد، عملا گذشته و آینده یا قبل و بعد بی‌معنی می‌شوند اما یک چیز هم‌چنان با معنا خواهد بود که آن چیز، وجود

t.me/AVAYeBUF

داشتن است. اصلا اگر به‌جای یک ذره مقاوم در برابر هرگونه تغییر، تصور کنیم تمام کیهان به ناگهان منجمد و مطلقا بدون تغییر شود، هم‌چنان وجود داشتن معنا دارد. مهم هم نیست که ما قادر به درکش باشیم یا این که مانند پیکسلی ناچیز و بی‌جان از این صفحه نمایش عظیم باشیم. از نظر یک ناظر فرضی بیرونی مانند یک ترالفامادور، فارغ از این که یک دنیای منجمد و کاملا متوقف شده در چه وضعیتی از لحاظ موقعیت ذرات سازنده خودش باشد، هم‌چنان وجود دارد. در نتیجه، باید گفت که حرکت یا تغییر تنها جنبه‌هایی از وجود داشتن هستند که ما آن‌ها را با مفهومی به نام زمان مرتبط کرده‌ایم. مفهومی که به نظر، خودش به‌عنوان هویتی مستقل وجود ندارد اما مشاهده تغییرات ظاهرا برگشت‌ناپذیر و یک‌طرفه در محیط پیرامون ما را به این نتیجه رسانده است که چنین چیزی وجود دارد و مسبب تمامی این تغییرات است. در ادامه نیز این مفهوم را نه تنها به تمام تغییرات محیطی بلکه حتی به خود وجود داشتن هم نسبت داده‌ایم.

ما در محیط پیرامون خودمان تغییراتی را ملاحظه می‌کنیم که به نظر همواره در جهات مشخصی در حال انجام هستند. جهت‌هایی که البته بسته به نوع تغییر می‌توانند کاملا متفاوت باشند. مثلا ابعاد جهان قابل مشاهده روز به روز در حال توسعه است چرا که هر چه می‌گذرد نور مناطق دورتری به ما می‌رسد و خلاف این روند هرگز مشاهد نشده است. با این‌حال، این پیکان شبیه پیکان‌هایی نیست که ما مثلا در زمان فاسد شدن یک تخم مرغ، تبخیر شدن آب یا دورشدن فوتون‌های نوری از یک لامپ ملاحظه می‌کنیم. چطور باید این تغییرات را توجیه کرد؟ همان‌طور که اشاره شد، فارغ از این که یک تغییر به چه صورتی و در چه جهتی به انجام برسد، همواره باید آن را زیرمجموعه‌ای از مفهومی اساسی‌تر به نام وجود داشتن نامید. به این معنی که اگرچه برای تغییرات مشاهده شده پیکان‌های ظاهرا مشخصی دیده می‌شود اما این پیکان‌های ظاهری متعلق به تغییرات و نه مفهوم وجود داشتن است. به زبان ساده‌تر، بودن و وجود داشتن جهت ندارد بلکه این فرایندها و تغییرات هستند که ممکن است به دلایل مختلفی دارای جهت‌های خاصی باشند. اگرچه وجود این پیکان‌های ظاهری ناشی از تغییرات مختلف را نمی‌توان انکار کرد اما در معنایی عمیق‌تر، چندان فرقی نمی‌کند که ما بتوانیم به گذشته برویم یا به آینده، پیر شویم یا

avayebuf.com

جوان، چایمان سرد شود یا گرم. برای مادری به نام بودن، تغییرات، تنها کودکانی بازیگوش می‌باشند که مشغول بازی در دامن او هستند.

شخصا فکر می‌کنم که بودن و وجود داشتن، حالا به هر شکل و صورتی که آن را در نظر بگیریم، واقعیتی ازلی و ابدی است. به این معنی که همواره در جریان بوده و خواهد بود. در نتیجه، نبودن و عدم مطلق تنها یک تصور فرضی است که احتمالا معادلی در خارج از ذهن ما ندارد. تلاش‌های ما تا به امروز هم نشان داده که فارغ از این که چقدر سعی کنیم به چیزی به نام عدم مطلق دست بیابیم، در هر فضایی، همواره چیزی برای وجود داشتن وجود دارد. حتی اگر آن چیز، جوششی میکروسکوپی از ذراتی باشد که ناگهان از هیچِ ظاهری شکل گرفته و به سرعت به همان‌جا باز می‌گردند. این شیوه طرز فکر، مشکل پیدایش کیهان (اگر واقعا آغازی داشته باشد) را هم تا حدودی حل می‌کند. به این معنی که فارغ از این که دقیقا چه چیزی سبب وقوع مه‌بانگ و توسعه بافت فضازمان شده، پس‌زمینه‌ای بزرگ‌تر به نام وجود داشتن، همواره در جریان بوده است. از همین‌رو، می‌توان گفت که اگرچه زمان به آن شکلی که ما می‌شناسیم چیزی به جز یک مفهوم نیست اما اگر آن را در معنای بودن و وجود داشتن معنی کنیم، آن‌گاه به این نتیجه می‌رسیم که چنین چیزی فاقد آغاز و پایان است زیرا بودن به‌عنوان عمیق‌ترین شکل واقعیت، به هر شکلی که ممکن باشد، خواه مریی باشد یا نامریی، از جنس ماده/انرژی معمولی باشد یا ماده/انرژی تاریک، دچار تغییر بشود یا نشود، همواره در پس پرده وجود داشته و وجود خواهد داشت. برای وجود داشتن، دیروز و امروز، کوچک و بزرگ، کم و زیاد، روشن و تاریک یا بهتر بگویم کلا چیزی به نام فضازمان معنا ندارد.

شاید نتیجه‌گیری پاراگراف قبل نوعی فلسفه‌بافی محض باشد، یعنی همان چیزی که سعی کرده‌ایم خیلی به آن گرفتار نشویم، با این حال، به نظر می‌رسد که به خاطر دانش اندکی که داریم چاره چندانی در پیش رویمان نیست. برای درک بهتر توصیف ارایه شده در پاراگراف قبل، می‌توانید در مثالی تقریبی، وجود داشتن را شبیه ظرف آبی تصور کنید که همواره در حال جوشیدن است. وقتی دمای آب به نزدیکی نقطه جوش می‌رسد، افزایش دما سبب می‌شود که پیوندهای بین مولکولی موجود در میان مولکول‌های آب شکسته شده

t.me/AVAYeBUF

و در نتیجه انحلال‌پذیری ذرات حل شده در آب کاهش بیابد. به خاطر شکسته شدن پیوندهای بین مولکولی آب، مولکول‌های هوای به‌دام افتاده در آن می‌توانند از احاطه مولکول‌های آب گریخته و خود را به سطح آب برسانند. فرایندی که ما آن را به شکل حباب‌هایی می‌بینیم که مرتبا در کف ظرف و در نزدیک‌ترین نقطه به حرارت اعمال شده تشکیل می‌شوند و مسیر خود را تا سطح آب دنبال می‌کنند. وقتی یک حباب به سطح آب می‌رسد هم مولکول‌های هوای درون آن تا مدتی در حال تقلا برای شکستن پیوند هیدروژنی میان مولکول‌های سطح آب هستند. رخدادی که ما آن را به‌صورت بیرون آمدن حباب از سطح مایع ملاحظه می‌کنیم و آن را جوشیدن می‌نامیم. در نهایت، این غلبه اتفاق افتاده، حباب می‌ترکد و هوای درون آن رها می‌شود. اگر بودن و وجود داشتن مانند این آب باشد، می‌توان کیهان را مانند حبابی در نظر گرفت که درون این آب تشکیل شده، برای مدتی به وجود داشتن و رشد کردن ادامه می‌دهد و سرانجام به پایان کار خودش می‌رسد. با این تفاوت که آن‌چه وجود داشتن نامیده‌ایم، برخلاف آب در حال جوشش، فاقد سطحی مشخص است که درون و بیرون داشته باشد و در نتیجه، هر حباب نه تنها نمی‌تواند از آن خارج شود، بلکه پس از گسسته شدن مجددا به بخشی از آن تبدیل می‌شود. البته بدیهی است که بنیاد چنین استدلالی بر مبنای دو فرض بزرگ قرار دارد. دو فرضی که می‌گویند ابعاد کیهان متناهی است و البته پایانی برای آن در کار خواهد بود. طبیعتا اگر چنین فرض‌هایی نادرست باشند و کیهان نامتناهی یا ابدی باشد، فرض ما با مشکل اساسی مواجه خواهد شد.

در چنین توصیفی از وجود داشتن که تشکیل دنیا یا دنیاهایی نو تنها جوششی از دل آن هستند، هیچ شروع و پایانی در کار نیست و این سوپ ازلی و ابدی دایما در حال جوشیدن است. چرا چنین چیزی ممکن است؟ واقعا نمی‌توان پاسخ دقیقی به این سوال داد چون ما در حال صحبت در مورد حدس و گمانه‌ها هستیم و دانش ما هنوز به آن حدی نیست که مطمئن باشیم فراتر از جایی به نام کیهان و عمیق‌تر از واقعیتی که می‌شناسیم (واقعیتی که آن را بافت فضازمان می‌نامیم) آیا «چیزی» وجود دارد یا خیر. در نتیجه، مجبوریم به فلسفه‌بافی و حتی خیال‌پردازی روی بیاوریم. متاسفانه ما از لحاظ علمی هنوز در دوران

avayebuf.com

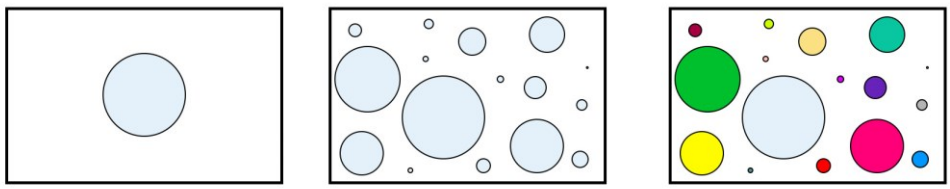
طفولیت به سر می‌بریم جوری که به راحتی با یک ویروس معمولی از پا در می‌آییم. با این‌حال شاید بتوان گفت که ممکن است بودن و وجود داشتن با اصلی همراه باشد که می‌گوید هرچیزی که احتمال وجود داشتنش ممکن باشد، حتما رخ می‌دهد. ایده‌ای که می‌گوید مهم نیست احتمال وقوع یک اتفاق از نظر ما که خودمان را در دنیایی محدود به بازه زمانی مشخص و فضایی بسیار محدود می‌بینیم چقدر کم باشد، اگر این احتمال را به چهارچوبی به نام وجود داشتن تعمیم دهیم که آغاز و پایانی ندارد و اصطلاحا برای انجام هر کاری «زمان» کافی در اختیار دارد، آن اتفاق با سرنوشتی به جز ممکن شدن روبرو نیست.

این هستی یا ابرواقعیت فرضی که کل کیهان (جهان قابل مشاهده+جهان غیرقابل مشاهده) در درون آن تشکیل شده را حداقل می‌توان به دو حالت به تصویر کشید. در حالت اول، می‌توان آن را در حال انجام فرایندی تکراری دانست که همواره در حال تولید دنیای مشابهی به مانند کیهان ما است. خود این حالت را می‌توان حداقل به دو صورت متصور شد. در صورت اول، هر بار تنها یک دنیا شکل می‌گیرد، رشد می‌کند و سپس مانند حبابی می‌ترکد (تصویر ۳۸، الف). در نتیجه، ما و هر آن‌چه در کیهان وجود دارد تنها احتمال ممکن می‌باشد و اگر چه کل کیهان در چرخه‌ای تکراری از بازتولید شدن قرار دارد اما کیهانی که می‌شناسیم تنها نسخه موجود است و خبری از حباب‌ها یا همان کیهان‌های دیگر نیست. به همین خاطر، فرقی نمی‌کند که ما خود را بخشی از کیهان شماره ۵۰۰ یا ۵۰۰,۰۰۰,۰۰۰ بدانیم زیرا در چنین فضایی، شماره‌گذاری و ترتیب معنا ندارد. علت این است که همه‌چیز در چرخه‌ای پیوسته و کاملا تکراری قرار دارد که هیچ شروع و پایانی ندارد. موضوعی که در فصل بعدی و بحث تکرار کیهان به آن باز خواهم گشت. در صورت دوم هم اگر چه روند بازتولید هم‌چنان پابرجاست و مانند قبل، شروع و پایانی هم در کار نیست اما دنیای ما تنها حباب تشکیل شده نیست و همزمان حباب‌های بی‌شمار دیگری هم به مانند دنیای ما در حال شکل‌گیری هستند (تصویر ۳۸، ب). حباب‌هایی که اگرچه دقیقا مانند کیهان ما هستند اما از لحاظ توالی شکل‌گیری کمی از ما جلوتر یا عقب‌ترند و هر بار که یکی به پایان کار خود می‌رسد حباب دیگری جای آن را می‌گیرد. در چنین

t.me/AVAYeBUF

توصیفی می‌توان گفت که ممکن است هر یک از این حباب‌ها در حال سپری کردن یکی از مراحلی باشند که تاکنون در دنیای ما رخ داده یا قرار است رخ دهد. از همین‌رو، چون در هر لحظه که اراده کنیم می‌توانیم دنیایی پیدا کنیم که در حال تجربه یکی از لحظات دنیای ما باشد عملا باید گفت که دیگر گذشته و حال و آینده برای مجموعه این دنیاها یا همان ابرواقعیت در حال جوشش (نه هر یک از این حباب‌ها به‌صورت مجزا)، بی‌معنی است. در واقع، در هر لحظه مشخص، هر رخدادی که مثلا روزی برای دنیای ما به‌وقوع پیوسته، همین حالا در یکی دیگر از این حباب‌ها در حال رخ دادن است.

حالت دوم برای تولید دنیاهایی نو در ابرواقعیتی در حال جوشش می‌تواند به این صورت تصور شود که این ابرواقعیت فرضی در هر لحظه در حال تولید دنیاهای متفاوت بی‌شماری است (تصویر ۳۸، ج). حباب‌هایی که تمامی احتمالات را در برمی‌گیرند و مطابق آن‌ها هر آن‌چه امکان وجود داشتن داشته باشد به‌وقوع می‌پیوندد. در چنین فضایی هم باز گذشته و آینده یا در تصویر بزرگ‌تر، مفهوم زمان معنا نخواهد داشت چون ابرواقعیت فرضی ما در هر لحظه، مملو از تمام ممکن‌هایی است که می‌توانند وجود داشته باشند.



تصویر ۳۸: سه روش ممکن برای توصیف دنیاهای حبابی در یک ابرواقعیت فرضی: کیهان تنها حباب ممکن (الف)، کیهان یکی از بی‌شمار حباب ممکن یکسان (ب) و کیهان یکی از بی‌شمار حباب ممکن متفاوت (ج)

در بخش قبلی به این اشاره کردم که ساعت‌ها تنها اسباب‌بازی‌هایی هستند که ما آن‌ها را برای دنبال کردن روند تغییرات مشاهده شده در محیط پیرامون خودمان اختراع کرده‌ایم. شمارش‌گرهایی وابسته که ملاک حرکت و فعالیت آن‌ها اندازه‌گیری تغییری است که در مجاورت خودمان رخ می‌دهد و اساس آن‌ها بر مبنای سرعت چرخش کره زمین است. به

avayebuf.com

همین خاطر، واقعا عجیب نیست که ما شاهد رخدادهای عجیب و غریبی مانند نسبیت زمانی هستیم. در دنیایی که می‌شناسیم، تغییر عارضه‌ای بر وجود داشتن است و هرچیزی که وجود داشته باشد همان‌طور که اینشتین به ما نشان داد، می‌تواند تحت تاثیر جرم خود یا دیگری، با سرعت‌های مختلفی دچار تغییر شود. موضوعی که سبب می‌شود ذرات همواره تحت جرم خود، هم‌نوعان خود، ذرات دیگر یا در بنیادی‌ترین شکل، متاثر از بافت فضازمان شوند و البته مهم نیست که این تاثیر چقدر ناچیز باشد. مثلا ذره‌ای به مانند نوترینو که فاقد بار الکتریکی است چون جرمی بسیار ناچیز دارد، به قدری کم تحت تاثیر محیط پیرامون خودش قرار می‌گیرد که اگر در مقابلش دیواری از جنس سرب به ضخامت یک سال نوری (حدود ۱۰ تریلیون کیلومتر) قرار داشته باشد باز هم توانایی عبور از آن را دارد، آن‌هم بدون این که حتی به یک اتم سرب در این دیوار فشرده برخورد کند [۶۵]. این عدم تاثیر به قدری است که اگر مجموعه‌ای از ذرات نوترینو به چنین دیواری تابیده شود، تنها نیمی از آن‌ها در این دیوار سربی گرفتار خواهند شد و هم‌چنان نیمی از آن‌ها قادر به عبور از این مانع هستند. ذره‌ای گریزپای که خورشید در هر ثانیه ۲×۱۰^{۳۸} عدد از آن را تولید می‌کند. برای درک بزرگی این عدد می‌توان به این اشاره کرد که تعداد اتم‌های سازنده بدن یک انسان ۷۰ کیلوگرمی چیزی در حدود ۷×۱۰^{۲۷} عدد است.

شاید بتوان گفت که هر لحظه از کل دنیایی که می‌شناسیم همانند ابرفریمی است که با تبدیل شدن به فریمی جدید موجب نمایش تغییری می‌شود. فریم‌هایی که همانند دومینو پشت سر هم قرار نگرفته‌اند بلکه درهم‌تنیده‌اند و در هر لحظه تنها یکی از آن‌ها می‌تواند وجود داشته باشد. شبیه اتاقی پر از چراغ‌هایی کوچک که هر در لحظه تنها آرایش مشخصی از آن‌ها روشن می‌شوند. فریم‌هایی سه‌بعدی که هر یک نمایان‌گر آرایشی مخصوص از ذرات سازنده کیهان هستند حتی اگر تفاوت این فریم‌ها، تنها به اندازه تغییر موقعیت یک اتم باشد. اگر بحث عدم قطعیت و موضوع اندازه‌گیری دست ما را نبسته بود شاید می‌توانستیم حداقل بر روی کاغذ بگوییم که در هر لحظه و در هر یک از این فریم‌ها، وضعیت و موقعیت تمامی اجزای سازنده کیهان چگونه است. حتی می‌توانستیم برای این فریم‌های فرضی که در حال تبدیل شدن به یک‌دیگر هستند، مشخصه‌های بیش‌تری هم تعریف کنیم. مثلا ما

t.me/AVAYeBUF

می‌دانیم که کوچک‌ترین فاصله‌ای که از لحاظ نظری می‌توان آن را اندازه گرفت با نام طول پلانک شناخته می‌شود و تقریبا برابر با $۱۰^{-۳۵}$ متر است. طولی که می‌تواند برابر با جابه‌جایی ذرات یک فریم نسبت به ذرات فریم قبلی در نظر گرفته شود. سرعت تبدیل یک فریم به فریم بعدی چطور؟ آن را هم می‌توان در سریع‌ترین حالت با مفهوم زمان پلانک نشان داد که مقدار متداول آن حدودا برابر با $۱۰^{-۴۴}$ ثانیه است. همان‌طور که قبلا اشاره شد، فارغ از این که چه عاملی را به‌عنوان دست پیش‌برنده این تبدیلات فریم به فریم در نظر بگیریم، احتمالا واقعیتی بزرگ‌تر در کار است که قبل از به‌وجود آمدن این فریم‌ها و پس از بین رفتن آن‌ها هم‌چنان به بودن ادامه می‌دهد. همان واقعیتی که قبلا با اصطلاح ابرواقعیت به آن اشاره کردم و مفهوم زمان و مکان را برایش بی‌معنی دانستم.

با این شرایط اگر نگویم که برخی از مشکلات ما در فهم رابطه تغییرات و زمان حل می‌شود حداقل می‌توان گفت که این مشکلات حداقل کمی تخفیف پیدا می‌کنند. ما از نسبیت خاص می‌دانیم که هرچه سرعت ما افزایش یابد و از نسبیت عام می‌دانیم که هرچه نیروی گرانشی موثر بر ما بیش‌تر شود (مانند زمانی که به نزدیکی یک جسم کلان‌جرم مانند سیاه‌چاله برویم)، در مجموع سرعت گذر آن‌چه زمان می‌خوانیم برای ما از دید ناظر کندتر می‌شود. دو وضعیتی که هر دوی آن‌ها می‌تواند این گونه تفسیر شود که هرچه جرم (نسبیتی) یک جسم یا نیروی موثر بر آن افزایش یابد، جابه‌جایی و تغییر وضعیت یک فریم به فریم جدید دشوارتر می‌شود و در نتیجه از دید ناظر، این تغییر یا همان گذر زمان طولانی‌تر دیده می‌شود. تفسیری تقریبا هم‌راستا با آن‌چه که اینشتین آن را در حدود ۱۰۰ سال پیش مطرح کرده است. او به ما نشان داد که زمان مفهوم مستقلی از ماده نیست و مانند ماده می‌تواند تحت تاثیر شرایط فیزیکی قرار بگیرد. به قول فیزیک‌دان برجسته، جان ویلر، فضازمان تعیین می‌کند که ماده چطور حرکت کند و ماده تعیین می‌کند که فضازمان چگونه خم شود.

ممکن است سوال شود که چطور افزایش سرعت یک جسم سبب کند شدن گذر زمان یا همان تبدیل فریم‌های فرضی اشاره شده به یک‌دیگر می‌شود؟ چنین چیزی که با عقل سلیم جور در نمی‌آید! باید این طور گفت که افزایش سرعت یک جسم عملا سبب افزایش

avayebuf.com

جرم نسبیتی آن جسم می‌شود که این موضوع را می‌توان همان علت کاهش سرعت گذر زمان فرض کرد. برای این که سرعت یک جسم افزایش یابد، آن جسم باید انرژی دریافت کند. با توجه به هم‌ارز بودن ماده و انرژی، افزایش محتوای انرژی یک جسم عملا می‌تواند معادل افزایش جرم (نسبیتی) آن جسم تلقی شود. یکی از راه‌های مشاهده اثر سرعت بر کاهش زمان سپری شده، اندازه‌گیری گذر زمان برای ذرات پرسرعت است. به‌عنوان سریع‌ترین ذره ثبت شده می‌توان به ذره شگفت‌انگیز *اوه خدای من*[1] اشاره کرد که یک ذره پروتونی با سرعتی بسیار نزدیک به سرعت نور است (جدول ۵). اگر از نام آن متعجب شده‌اید باید بگویم که سرعت بسیار بالای این ذره علت انتخاب چنین نامی بوده است.

جدول ۵: عمر ۱۳٫۸ میلیارد ساله عالم از دید برخی از ذرات پرسرعت

ذره	محل مشاهده	**سرعت** (نسبت به سرعت نور)	**زمان**
فرضی	-	۰٫۹	۶٫۰۱ میلیارد سال
پروتون	برخورد دهنده تواترون	۰٫۹۹۹۹۹۹۵	۱۳٫۸ میلیون سال
پروتون	برخورد دهنده بزرگ هادرونی	۰٫۹۹۹۹۹۹۹۹۱	۵۸۵۰۰۰ سال
الکترون	برخورد دهنده بزرگ الکترون-پوزیترون	۰٫۹۹۹۹۹۹۹۹۹۸۸	۶۷۶۰۵ سال
اوه خدای من	آشکارساز پرتوی کیهانی	۰٫۹۹۹۹۹۹۹۹۹۹۹۹۹۹۹۹۹۹۹۹۵۱	۱۶ روز
فوتون	محیط خلأ	۱	۰

اگر فرض کنیم که این ذره از آغاز شکل‌گیری کیهان یعنی حدود ۱۳٫۸ میلیارد سال پیش تا کنون مشغول حرکت با همین سرعت بوده باید گفت که از نظر این ذره تنها حدود ۲ هفته از لحظه مه‌بانگ گذشته است. ما می‌دانیم که سقف سرعت ذرات حدود ۳۰۰ هزار کیلومتر بر ثانیه است و این جا همان جایی است که شاید بتوان گفت که ما با عجیب‌ترین

[1] Oh-My-God Particle

t.me/AVAYeBUF

جنبه از داستان زمان مواجه می‌شویم. فوتون‌ها بسته‌هایی از انرژی هستند که عملا با چیزی به نام گذر زمان مواجه نیستند. مطابق نسبیت خاص، اگر سرعت چیزی برابر با سرعت نور باشد، از دید ناظر، طول آن جسم و مدت زمانی که تجربه می‌کند هر دو برابر با صفر است. علاوه‌بر این، مسافت پیموده شده توسط یک ذره، برابر با سرعت آن ذره ضرب در زمان طی شده است و چون زمانی که یک فوتون تجربه می‌کند برابر صفر است، مسافت پیموده شده توسط آن هم برابر با صفر می‌شود. به زبان دیگر، برای یک فوتون، زمان و مکان بی‌معنی است. مثلا یک فوتون ممکن است از دید ما برای میلیاردها سال در پهنه کیهان در حال حرکت باشد اما مدت زمانی که اصطلاحا خودش آن را درک کرده برابر با صفر است. وضعیت مشابهی در مورد مکان هم وجود دارد و برای یک فوتون، فرقی میان پیمودن فاصله میان دو اتم یا قطر جهان قابل مشاهده نیست!

در پایان این بخش می‌توان گفت که زمان به آن صورتی که ما آن را در محیط پیرامون خودمان می‌بینیم تنها نوعی برآمدگی است. مفهومی که اگرچه وجودش به‌صورت کلی و در غالب تغییرات مختلف احساس می‌شود اما اگر بخواهیم به دنبال آن بگردیم و ذرات سازنده عالم را در جستجویش زیر و رو کنیم به مقصودمان دست پیدا نمی‌کنیم. چیزی شبیه خودآگاهی که ما می‌دانیم به آن مجهزیم و منشا آن همکاری نورون‌ها است اما هر بار که یکی از این سلول‌های عصبی را انتخاب کرده و مورد بررسی قرار دهیم، چیزی به نام خودآگاهی را در آن مشاهده نمی‌کنیم.

avayebuf.com

۴

سوار بر پیکان زمان

سفری هزاران کیلومتری با یک قدم شروع می‌شود.

– لائوتسه

سال‌ها پیش یک فیلم عجیب و سرگیجه‌آوری دیدم اما راستش را بخواهید خیلی به جریان آن دقت نکردم. به همین‌خاطر، به درستی متوجه داستان فیلم نشده و نهایتا خیلی مجذوبش نشدم. از آن زمان، چند سالی گذشت تا با کتابی به نام *همه شما زامبی‌ها*[1] از نویسنده معروفی به نام *رابرت هاین‌لاین*[2] روبرو شدم که در سال ۱۹۵۹ میلادی نوشته شده است. برای این که بدانم کلیت کتاب در مورد چیست، شروع به خواندن خلاصه‌ای مختصر از آن کردم. طولی نکشید که متوجه شدم، بر خلاف نام عجیب و ظاهرا بی‌ربطش، به موضوع زمان مربوط است. برایم سوال شد که آیا تا به‌حال فیلمی در مورد داستان این کتاب ساخته شده یا نه که پاسخ مثبت بود و مرا به همان فیلمی رساند که در موردش صحبت کردم. فیلمی به نام *تقدیر*[3] که در سال ۲۰۱۴ میلادی ساخته شده است. هرچند که داستان فیلم دقیقا مشابه با داستان کتاب نیست و مثلا شخصیتی مانند بمب‌گذار به آن اضافه شده است

[1] All You Zombies
[2] Robert Heinlein
[3] Predestination

t.me/AVAYeBUF

اما اگر فیلم را ندیده‌اید و به دیدن آن علاقه دارید توصیه می‌کنم از خواندن ادامه این متن خودداری کنید اما اگر فیلم را دیده‌اید و متوجه داستان پیچیده آن نشده‌اید یا این که کلا خیلی علاقه‌ای به دیدنش ندارید، می‌توانید با خیال راحت ادامه متن را بخوانید.

از آن‌جا که داستان عملا در چندین تکه زمانی مختلف بیان می‌شود ممکن است بیان آن به همان صورت گیج کننده باشد و به همین خاطر سعی می‌کنم آن را به‌صورت خطی و از دید شخصیت نوزاد تعریف کنم (تصویر ۳۹). داستان به این صورت آغاز می‌شود که در سال ۱۹۴۵ میلادی، یک نوزاد به‌صورتی مرموز در جلوی در یک یتیم‌خانه رها می‌شود. این دختر بچه که نام آن جین گذاشته می‌شود، در تنهایی و افسردگی در همان یتیم‌خانه بزرگ می‌شود آن‌هم بدون این که بداند نام پدر و مادر واقعی خودش چیست. هرچه او بزرگ‌تر می‌شود تفاوتش با بقیه آشکارتر می‌شود. کار به جایی می‌رسد که در اواخر دبیرستان او از لحاظ قدرت بدنی قابل مقایسه با پسران و البته از لحاظ تیزهوشی در ریاضیات و فیزیک سرآمد است. موضوعی که سبب می‌شود توسط یک سازمان فضایی برای تعلیمات اختصاصی فضانوردی جذب شود. در همین دوران و در سال ۱۹۶۳ میلادی، جین مجذوب فردی ناشناس می‌شود که او را به‌صورت اتفاقی در خیابان دیده است. جین کم‌کم عاشق او می‌شود اما داستان پایان خوشی ندارد. اولین آواری که بر سرش خراب می‌شود باردار شدن و سپس ناپدید شدن فرد غریبه است. مشکل دوم اخراج او از برنامه آموزشی فضانوردی به خاطر باردار شدن و نقض قوانین این دوره است. مشکل سوم در زمان زایمان جین برملا می‌شود. پزشکان در طول عمل سزارین متوجه می‌شوند که او علاوه‌بر اندام جنسی زنانه، دارای اندام جنسی مردانه هم است. اندامی داخلی که به خوبی توسعه نیافته است. خون‌ریزی و پیچیده شدن عمل منجر می‌شود که پزشکان مجبور شوند برای حفظ جان او، اندام جنسی زنانه جین را از بدنش خارج کرده و نهایتا با بازسازی اندام جنسی مردانه، او را از یک زن به یک مرد تغییر جنسیت دهند. آخرین مصیبت وارده بر جین هم دزدیده شدن نوزادش از اتاق نگه‌داری نوزادان توسط یک فرد مرموز است.

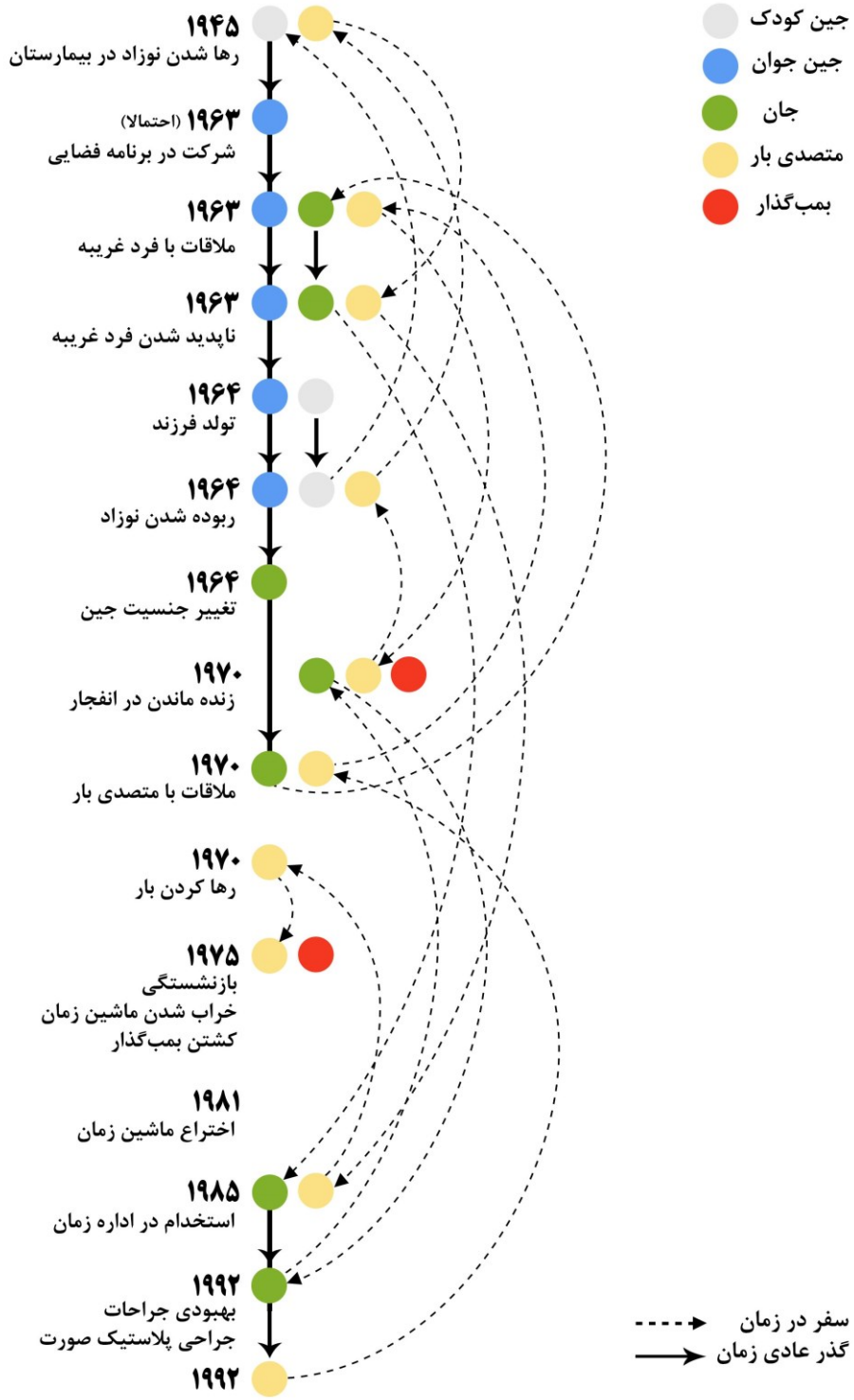
جین که با از دست دادن پدر و مادر، بی‌وفایی معشوقه، دزدیده شدن نوزاد و از دست رفتن هویت جنسی خودش روبرو شده عملا غرق در افسردگی و مبهوت از این همه رنج، به

avayebuf.com

زندگی خود ادامه می‌دهد. در ادامه، او به نیویورک رفته و شغل نویسندگی را شروع می‌کند تا این که یک روز در سال ۱۹۷۰ میلادی، به یک بار (میخانه) می‌رود و شروع به صحبت در مورد مشکلات زندگی خودش با متصدی بار می‌کند. او به متصدی می‌گوید که به خاطر نداشتن هیچ عکسی از کودکی و دورانی که هنوز دختر بوده، حتی یادش نمی‌آید که صورتش در گذشته چه شکلی بوده است. متصدی بار دلش به حال او می‌سوزد و به جین که چند سالی می‌شود یک هویت ناخواسته مردانه بر او تحمیل شده و او ناچارا خودش را جان معرفی می‌کند، پیشنهاد کمک می‌کند. متصدی بار به جان می‌گوید که اگر که به او کمک کند تا در یک ماموریت سری یک بمب‌گذار خطرناک را بیابد، در مقابل، متصدی بار هم به او کمک می‌کند تا انتقام خودش را از معشوقه بی‌وفایش بگیرد.

جان این شرط را می‌پذیرد و به همراه متصدی بار با کمک یک ماشین زمان که مانند یک چمدان دستی می‌ماند به سال ۱۹۶۳ میلادی می‌روند. در این مسیر، جان به شکلی اتفاقی به دختری جوان برخورد می‌کند و شیفته او می‌شود. در همین حین و بدون این که جان متوجه شود، متصدی بار ابتدا در ماموریتی به سال ۱۹۷۰ میلادی می‌رود تا جلوی بمب‌گذار را بگیرد اما متوجه می‌شود که فرد ناشناس دیگری قبلا با او درگیر شده و بر اثر انفجار صورتش سوخته اما هم‌چنان زنده است. متصدی بار به او کمک می‌کند تا از ماشین زمان خودش استفاده کند و از مهلکه بگریزد. متصدی بار سپس به سال ۱۹۶۴ میلادی می‌رود و در آن‌جا نوزادی را از یک بیمارستان می‌رباید. او نوزاد را به سال ۱۹۴۵ میلادی برده و در مقابل یک یتیم‌خانه رها می‌کند. سپس او به نزد جان در سال ۱۹۶۴ میلادی برمی‌گردد. در این مدت، دختر جوان از جان باردار شده اما پیش از مشخص شدن هر نوع نشانه‌ای، متصدی بار، جان را با خود به سال ۱۹۸۵ میلادی می‌برد تا او را در نیروی ویژه اداره زمان که خودش هم عضوی از آن است ثبت نام کند. جان پس از نام‌نویسی در این نیرو، ترفیع پیدا می‌کند و نهایتا به جایی می‌رسد که به یکی اعضای مهم این سازمان تبدیل می‌شود که قرار است شخصا عهده‌دار سفرهای زمانی شود. سفرهایی که یکی از آن‌ها در سال ۱۹۹۲ میلادی رخ می‌دهد. در این سال او باید برای خنثی کردن فعالیت‌های یک بمب‌گذار ناشناس به سال ۱۹۷۰ میلادی برود و جلوی او را بگیرد.

t.me/AVAYeBUF



تصویر ۳۹: خط زمانی فیلم تقدیر

avayebuf.com

این داستان به ما می‌گوید که مادر، پدر، پدربزرگ، مادربزرگ، پسر، دختر، نوه دختری و پسری جین در واقع یک نفر هستند و آن فرد همان دخترک یتیم، فرد غریبه، متصدی بار و عضو ارشد نیروی سفر در زمان است. به زبان ساده‌تر تمام شخصیت‌های مهم این داستان همان جین هستند که در بازه‌های زمانی مختلف، ظاهر و موقعیت اجتماعی متفاوتی دارند. آن‌چه در داستان فیلم تقدیر می‌بینیم وجود یک حلقه زمانی در مورد یک شخصیت مشخص است که تمام فیلم حول آن شکل گرفته است. با این‌حال، اگر به دیدن حلقه‌های زمانی بیش‌تر علاقه دارید می‌توانید کلکسیونی از آن‌ها را در سریال *دارک*[1] ملاحظه کنید. سریالی که همانند نامش، فضای تیره و تاری دارد و پر از حلقه‌های زمانی مشابه با فیلم تقدیر اما از نوع درهم‌تنیده و متقاطع است. با این مقدمه سینمایی فکر می‌کنم به قدر کافی آماده شده‌ایم تا کم‌کم به سراغ داستان سفر در زمان و امکان‌پذیری آن برویم.

خط خیالی ناممکن

سفر در زمان یکی از دیگر از موضوعات مربوط به زمان است که تا پیش از پیدایش مفهوم نسبی بودن زمان توسط اینشتین، اتفاقی ناممکن و محدود به قصه‌های اساطیری-مذهبی یا نهایتا داستان‌هایی علمی تخیلی مانند *ماشین زمان*[2] از *هربرت ولز*[3] بود. تا پیش از این که اینشتین ایده ادغام فضا و زمان را مطرح کند، از نگاه ما، زمان خداوندی مطلق و اسرارآمیز بود که تنها می‌توانستیم در مقابل او نقش قربانی را بازی کنیم. قربانیان ناچیزی که برای دوره‌ای کوتاه، بودن در محضر زمان را تجربه می‌کنیم و سپس به پای این وجود نادیدنی، هم‌چو شمع آب شده و می‌میریم. خداوندی که از نظر ما هیچ فرقی میان بنده‌های به زنجیرکشیده شده خودش نمی‌گذارد و به همه آن‌ها به یک چشم نگاه می‌کند. در نتیجه، ما تا همین ۱۰۰ سال قبل تصور می‌کردیم که گذر زمان همیشه یک‌نواخت است. البته ما این را می‌دانسته‌ایم که یک دقیقه نشستن روی یک نیمکت فلزی داغ در تابستان با یک دقیقه نشستن در کنار معشوقه‌ای زیبارو اصلا به یک اندازه احساس نمی‌شود اما این را هم

[1] Dark (2017-2020)
[2] The Time Machine (1895)
[3] Herbert G. Wells

t.me/AVAYeBUF

می‌دانسته‌ایم که مبنای توجه ما به زمان باید ساعت‌ها و نه احساسات زودگذرمان باشد. از همین‌رو، تا پیش از پیدایش مفهوم نسبیت زمانی، اگر دو نفر از دو ساعت کاملا مشابه در اندازه‌گیری یک رخداد بهره می‌جستند، ارقام گزارش شده (فارغ از میزان خطای فردی در اندازه‌گیری و یا تفاوت دقت ناشی از کیفیت ساخت ساعت‌ها) یکی بوده است.

از آن زمان تاکنون، می‌دانیم که ممکن بودن اختلاف در زمان تنها محدود به احساسات انسانی و شخصی نیست و حتی می‌توان آن را در ساعت‌ها هم مشاهده کرد. ناممکن بزرگی که ممکن بودن مفهوم آن حداقل از لحاظ نظری به لطف اینشتین آشکار شد. البته شاید تصور کنید همین که اینشتین به‌صورت نظری و صرفا با ارایه مشتی معادله ریاضی مفهوم نسبیت زمانی را مطرح کرد، همه‌چیز به خوبی و خوشی به سرانجام رسید اما واقعیت چیز دیگری است. چنین ایده ویران‌کننده‌ای طبیعتا از آغاز مورد پذیرش همه قرار نگرفت و حتی برخی از دانشمندان و فلاسفه برجسته هم با آن مخالف بودند. با این‌حال، این دوران گذشت و آسمان ابری و گرفته شواهد تجربی به زودی به آسمانی آبی و دلپذیر بدل شد.

از نظر تاییدپذیری تجربی، اولین آزمایشی که اتساع زمان پیشنهاد شده توسط اینشتین را تایید کرد به سال ۱۹۴۱ میلادی یعنی ۳۶ سال پس از مطرح شدن نسبیت خاص باز می‌گردد [۶۶]. دورانی که خوشبختانه هنوز خود آلبرت اینشتین زنده بود و می‌توانست از این موفقیت بزرگ لذت کافی را ببرد. این آزمایش توسط *برونو روسی*[1] و همکارش *دیوید هال*[2] بر روی ذره‌ای به نام میون به انجام رسید. مبنای این آزمایش بر این واقعیت استوار بود که ذرات پرانرژی کیهان پس از برخورد با اتمسفر زمین موجب تولید میون‌ها می‌شوند. ذراتی که به‌جز جرم سنگین‌تر، در بقیه خصلت‌ها تقریبا فرقی با الکترون‌ها ندارند. این آزمون نشان داد که میان نیمه‌عمری که یک میون خودش آن را تجربه می‌کند با آن‌چه که ما آن را اندازه گرفته و به میون نسبت می‌دهیم اختلاف مشخصی وجود دارد. در واقع، به همین علت است که ما این ذرات را بر روی زمین ملاحظه می‌کنیم زیرا اگر این اتساع زمان مشاهده شده برای ذرات میون در کار نبود این ذرات به خاطر نیمه‌عمر کم خودشان،

[1] Bruno Rossi

[2] David Hall

avayebuf.com

در همان سطوح بالایی اتمسفر زمین از بین می‌رفتند و ما آن‌ها را بر روی زمین نمی‌دیدیم.

به هر روی، اگر بخواهیم به بحث امکان‌پذیری انجام سفر در زمان بپردازیم باید گفت که عملی بودن این موضوع را می‌توان مانند پدیده‌های دیگر به سه صورت ارزیابی کرد که عبارت‌اند از: امکان‌پذیری منطقی، علمی و فنی. منظور از امکان‌پذیری منطقی این است که آیا سفر در زمان از لحاظ منطقی و عقلی شدنی است یا خیر. مثلا ما می‌دانیم که مثلث سه ضلع دارد و داشتن مثلث چهارضلعی از لحاظ عقلی غیرممکن است. با این‌حال، عقل و منطق را می‌توان معادل میزان درک و فهمی تلقی کرد که بنیان آن ریشه در فرگشت موجودات زنده دارد و کیفیت آن هم برآیندی از مواردی مانند ساختار ژنتیکی و میزان آموخته‌های افراد است. در نتیجه، نمی‌توان آن را ملاکی دانست که وقتی چیزی مطابق آن ممکن نباشد، حتی اگر تمام انسان‌ها بر روی ناممکن بودن آن متفق القول باشند، بگوییم که دیگر چنین چیزی محال است. مثلا اگر به ۱۰۰ هزار سال قبل برویم ملاحظه خواهیم کرد که همه انسان‌ها بر تخت بودن زمین توافق دارند. به‌عنوان یک مثال امروزی‌تر در تایید ناتوانی عقل و منطق انسانی در شناخت دنیای پیرامون می‌توان به مورد سرعت نور اشاره کرد. ما می‌دانیم که مطابق آزمایشات مختلف، سرعت نور در محیط خلأ، مقداری ثابت و برابر با ۲۹۹,۷۹۲,۴۵۸ متر بر ثانیه است. یعنی فرقی نمی‌کند با چه سرعتی به سمت نور می‌روید یا در حال دور شدن از آن هستید، اختلاف سرعت میان شما و فوتون‌های نور همواره به همین میزان و ثابت است. مثلا اگر شما با ۵۰ درصد سرعت نور در حال حرکت باشید و یک فوتون نوری در همان جهت حرکت شما منتشر شود، شما سرعت آن فوتون را هم‌چنان برابر با ۲۹۹,۷۹۲,۴۵۸ متر بر ثانیه می‌بینید. حتی اگر فوتون‌های نوری در جهت مخالف شما و به سمت شما در حال حرکت باشند هم داستان اختلاف سرعت شما با آن‌ها تغییری نمی‌کند. موضوعی که کاملا بر خلاف شهود و ادراک ما از حرکت اجسام است. برای درک این موضوع کافی است فرض کنید که با سرعت ۵۰ کیلومتر در ساعت حرکت می‌کنید و جسمی با سرعت ۱۰۰ کیلومتر در ساعت از شما سبقت می‌گیرد. در این صورت، سرعتی که شما برای آن جسم ملاحظه می‌کنید برابر با ۵۰ کیلومتر بر ساعت است. یعنی برخلاف فوتون‌های نوری که همیشه با یک اختلاف مشخص نسبت به ناظر در حال

t.me/AVAYeBUF

حرکت هستند در دنیایی که ما به‌صورت سنتی می‌شناسیم، از دید یک ناظر، سرعتی که برای یک جسم در حال سبقت دیده می‌شود برابر با اختلاف سرعت جسم و ناظر است.

یک مثال دیگر در رد شدن استدلال‌های عقلی توسط یافته‌های علمی این مورد است که ما به‌صورت متداول انتظار داریم هرچیزی با از دست دادن انرژی خنک‌تر و با گرفتن آن گرم‌تر شود اما ستارگان از چنین قاعده‌ای تبعیت نمی‌کنند. در واقع، ظرفیت گرمایی ویژه یک ستاره منفی است و این یعنی یک ستاره با گرفتن انرژی خنک‌تر و با از دست دادن آن، گرم‌تر می‌شود [۶۷]. در نتیجه چنین مثال‌هایی که تعدادشان بسیار است باید گفت که امکان‌پذیری عقلی یا عدم آن، شرطی کافی برای ممکن بودن یک پدیده نیست.

در مورد امکان‌پذیری علمی می‌توان گفت که منظور هر ممکنی است که دانش و علم امروزی آن را میسر می‌داند و همان‌طور که اشاره شد این موضوع لزوما نباید با امکان‌پذیری عقلی و منطقی هم‌سو باشد. البته باید توجه کرد که حتی اگر امروز چیزی از لحاظ علمی ناممکن خوانده شود هم به این معنی نیست که این موضوع یک محال مطلق است و همواره ناممکن باقی خواهد ماند. مثال‌های تاریخی برای ممکن شدن ناممکن‌های علمی هم زیاد است. از زمان کشف خصلت ابررسانایی، برای بیش از ۷۵ سال، نظریه‌های علمی مرتبط می‌گفتند که امکان وقوع ابررسانایی برای یک ترکیب در دمایی بالاتر از حدود ۲۴۳- درجه سانتی‌گراد (۳۰ درجه کلوین) غیرممکن است. با این‌حال، ما از سال ۱۹۸۶ میلادی می‌دانیم که نه تنها داشتن ابررسانایی در دماهایی بالاتر از این دما ممکن است [۶۸] بلکه امروز ترکیباتی داریم که در شرایط خاصی مانند فشار بسیار زیاد می‌توانند حتی در دمای اتاق[۱] از خود خصلت ابررسانایی نشان دهند. در مثال‌های دیگر می‌توان گفت که زمانی تصور می‌شد شهاب‌سنگ‌ها نمی‌توانند از آسمان به روی زمین سقوط کنند، سازه‌های سنگین‌تر از هوا قادر به معلق شدن در آسمان نیستند و خروج از کره زمین و پاگذاشتن به فضای خارجی غیرممکن است اما امروز همه آن‌ها غیرممکن‌هایی ساده‌لوحانه تلقی می‌شوند.

به‌عنوان آخرین مورد هم به امکان‌پذیری فنی می‌رسیم. به این معنی که ممکن است

[۱] در این‌جا، دمای اتاق یک اصطلاح فنی می‌باشد و منظور هر دمایی بالاتر از صفر درجه سانتی‌گراد است.

avayebuf.com

پدیده‌ای هم از لحاظ عقلی و هم از لحاظ علمی ممکن و شدنی باشد اما در دوران کنونی و از لحاظ فنی و تکنیکی قادر به اجرای آن نباشیم. مثلا ما می‌دانیم که به‌صورت نظری می‌شود با رفع حد *هایفلیک*[1] و مشکل توقف تقسیم و شروع نابودی سلول‌های پیکری پس از حدود ۶۰-۴۰ بار تقسیم، راه را برای رسیدن به جاودانگی زیستی هموارتر کرد اما هنوز به آن میزان از فناوری نرسیده‌ایم که چنین چیزی را ممکن کنیم.

تصویر ۴۰: کاهش میزان استفاده از واژه «غیرممکن» در کتاب‌ها، بین سال‌های ۱۸۰۰ تا ۲۰۰۸ میلادی[2]

از بین سه نوع امکان‌پذیری اشاره شده، مورد اول که عملا در زیر سایه امکان‌پذیری علمی قرار می‌گیرد و امکان‌پذیری فنی هم که صرفا به توان فنی ما و رشد فناوری وابسته است. به این معنی که اگرچه ممکن است که انجام کاری در یک عصر ناممکن باشد اما این ناممکن بودن ذاتی نیست و در دوره‌های بعدی سرانجام عملی خواهد شد. در نتیجه، هر آن‌چه که باید در مورد انجام سفر در زمان مورد توجه باشد، امکان‌پذیری علمی آن است. با این اوصاف آن‌چه در ادامه این فصل می‌آید بررسی امکان‌پذیری سفر در زمان بر اساس علم و دانش امروزی ما است. هرچند همان‌طور که قبلا اشاره شد، حتی اگر چیزی از لحاظ علم و دانش امروزی ما ناممکن باشد هم لزوما به این معنی نیست که رسیدن به آن همواره موضوعی مطلقا محال است.

[1] Hayflick Limit
[2] from: Google Books Ngram Viewer

t.me/AVAYeBUF

مسافرت فیزیکی در زمان به‌صورت سفر به آینده یا گذشته موضوعی است که کمی بعدتر مفصلا به آن‌ها خواهم پرداخت اما چنین سفری تنها یک روی سکه سفر در زمان است. اگر از مرور خاطرات به‌عنوان روشی برای سرک کشیدن به گذشته چشم‌پوشی کنیم، دیدن گذشته یا آینده روی دیگر سکه است.

پیش از ادامه، بد نیست که در مورد مشاهده گذشته و حتی آینده به دو موضوع مرتبط اشاره کنم. به‌عنوان اولین مورد که مربوط به دیدن گذشته است، در سال ۲۰۰۲ میلادی ادعا شد که در واتیکان دستگاهی موسوم به *وقایع‌نگار*[1] وجود دارد و با کمک آن می‌توان وقایع گذشته را مشاهده کرد. دستگاهی که نه می‌شود آن را دید و نه می‌شود به داده‌هایش دسترسی داشت. البته این ادعا که بیش‌تر باید آن را تبلیغاتی دانست، موثق نیست و تنها منبع آن کشیشی کاتولیک به نام *فرانسوئیس برونه*[2] می‌باشد که در کتابی به نام *رازهای جدید واتیکان*[3] به وجود این دستگاه اشاره کرده است.

داستان مشابه دیگر، مربوط به مخترع ایرانی است که برخلاف مورد منتسب به واتیکان، ادعای دیدن آینده را داشت. اگر خاطرتان باشد سال ۱۳۹۲ هجری شمسی بود که رسانه‌های خبری رسمی جمهوری اسلامی ایران خبر از ساخته شدن دستگاهی دادند که یک فرد با کمک آن نه تنها می‌تواند آینده خودش در ۸-۵ سال بعد را ببیند بلکه می‌تواند آن را تغییر هم بدهد. دستگاهی که مطابق ادعای سازنده‌اش تنها ۵۰۰ هزار تومان خرج برداشته و صحتی برابر با ۹۸ درصد دارد! البته احتمالا اصلا تعجب نمی‌کنید که بدانید وقتی از مخترع این دستگاه، نوع و میزان تحصیلاتش پرسیده شد، او از پاسخ به این سوالات طفره رفت و تنها اشاره کرد که تحصیلاتش ارتباطی به این اختراع ندارد. خبری به قدری مضحک که در آن زمان، حتی دست‌مایه خنده و تمسخر رسانه‌های بین‌المللی هم قرار گرفت [۶۹]. البته این ادعا هم مانند سایر دروغ‌هایی که رسانه‌های رسمی جمهوری اسلامی ایران آن‌ها را ترویج می‌کنند خیلی زود به دست فراموشی سپرده شد.

---

[1] Chronovisor
[2] François Brune
[3] Le nouveau mystère du Vatican

avayebuf.com

بهتر است صحبت در مورد ادعاهای بی‌اساس را رها کرده و به ادامه بحث خودمان باز گردیم. در مقام مقایسه می‌توان گفت که دیدن آینده به مراتب مهم‌تر از دیدن گذشته است. آینده چیزی است که هنوز رخ نداده و به نظر می‌رسد که قابل تغییر است اما گذشته چیزی است که رخ داده و گویی دیگر قابل تغییر نیست. علاوه‌بر این تمایل ما به دانستن نادانسته‌ها بسیار بسیار بیش‌تر از مرور دانسته‌ها است. از متوسل شدن به منجمان و کاهنان بین‌النهرینی گرفته تا تمسک به انواع و اقسام مدل‌های ریاضی در دوران معاصر [۷۰]، همگی تلاش‌هایی بوده‌اند که ما در راه رسیدن به آرزویی کهنه به نام دیدن آینده انجام داده‌ایم. البته که چنین تلاش‌هایی بیش‌تر از این که واقعا دیدن به معنای کلمه باشند، نوعی پیش‌بینی و پیش‌گویی بر اساس احتمالات و نشانه‌ها بوده‌اند. تا زمانی که فیزیک نیوتنی بر تفکرات ما حاکم بود، باور کلی این بود که دنیا همانند یک ماشین مکانیکی بزرگ است که می‌توان با انجام محاسبات کافی، آینده هر رویداد را دقیقا پیش‌بینی کرد. با این‌حال، با برپا شدن دنیای کوانتوم، توسعه یافته‌های مربوط به آن و ترویج مفهومی به نام عدم قطعیت، ما از خواب ۲۵۰ ساله جبرگرایی حداقل در تعریفش کلاسیکش، به آشفتگی برخاستیم. برخاستنی ناگهانی که حتی لرزه‌های آن بر اندام مرد بزرگی مانند اینشتین هم دیده شد.

اگر بگوییم آینده هنوز رخ نداده و حتی پیش‌بینی قطعی آن ناممکن است، در مورد دیدن گذشته چه می‌توان گفت؟ آیا به همان صورت که آینده در دسترس ما نیست، گذشته هم برای همیشه از دست ما گریخته است؟ خوشبختانه وضعیت گذشته کمی متفاوت است و ما برای مشاهده آن تقریبا با دشواری خاصی مواجه نیستیم. برای چنین تجربه‌ای تنها کاری که باید انجام دهید باز کردن چشم‌ها و مشاهده محیط پیرامونتان است. همان‌طور که قبلا به آن اشاره شد، مقدار سرعت نور بسته به محیطی که در آن منتشر می‌شود، مقداری مشخص و محدود است. در نتیجه، بسته به این که یک جسم در چه فاصله‌ای از ما باشد، برای رسیدن نور آن به ما، قدری زمان مصرف می‌شود. هرچقدر که میزان فاصله آن جسم بیش‌تر، زمان مصرف شده بیش‌تر و در نتیجه، ما گذشته عمیق‌تری را ملاحظه می‌کنیم. با این حساب، ما هیچ‌وقت و به معنای کلمه مشغول دیدن حال نیستیم و هر آن‌چه می‌بینیم

t.me/AVAYeBUF

در واقع بخشی از گذشته است. البته که این موضوع فقط به دیدن مربوط نیست و تاخیر در ادراک نسبت واقعیت در مورد احساسات دیگرمان هم وجود دارد. در مورد دیدن می‌توان با این مثال شروع کرد که مثلا وقتی به دستانتان که در فاصله‌ای حدودا ۳۰ سانتی‌متری از چشمان شما قرار دارند نگاه می‌کنید عملا در حال دیدن چیزی هستید که متعلق به حدود ۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۱ ثانیه قبل است. بله مقدار آن بسیار ناچیز است و قوه ادراک ما اصلا قادر به تشخیص آن نیست اما به هرحال، هم‌چنان آنی نیست و قدری تاخیر در آن وجود دارد. حالا که می‌توان تنها با نگاه کردن، به نوعی به گذشته سفر کرد، تماشای چنین گذشته‌ای تا کجا ممکن است؟ اگر ملاک، تنها چشمان غیرمسلح باشد به‌عنوان نزدیک‌ترین جسمی که ما در آسمان به‌صورت واضح می‌بینیم باید به ماه اشاره کرد. هربار که ما ماه را می‌بینیم در واقع مشغول دیدن آن در زمانی در حدود ۱/۳ ثانیه قبل هستیم. به زبان دیگر، در طول تمام تاریخ بشر تا به امروز، تنها ۲۴ نفر موفق شده‌اند واقعا ماه و وضعیت آن را با کم‌ترین تاخیر ممکن ببینند و این افراد همان فضانوردان ماموریت‌های آپولو در سال‌های ۱۹۶۸ تا ۱۹۷۲ میلادی بودند که از بین آن‌ها هم فقط ۱۲ نفر واقعا پا بر روی ماه گذاشتند.

عمق گذشته مشاهده شده برای جسم دورتری مانند خورشید به حدود هشت دقیقه می‌رسد و در نتیجه خورشید همیشه هشت دقیقه قدیمی‌تر از تصویری است که ما از آن می‌بینیم. یعنی اگر خورشید به ناگهان غیب شود، حداقل حدود هشت دقیقه طول می‌کشد تا فقدان نور آن برای ما ساکنان روی زمین و همچنین فقدان نیروی جاذبه آن برای خود کره زمین احساس شود. اگر همین روند را ادامه دهیم و به نور گذشته‌های دورتری خیره شویم باید گفت یکی از دورترین فواصلی که مطابق گزارش‌های فردی، یک چشم سالم، در آسمانی صاف، کاملا تاریک (بدون ماه) و دارای حداقل آلودگی نوری ممکن می‌تواند ببیند کهکشانی به نام مسیه ۸۱ است که در فاصله‌ای در حدود ۱۲ میلیون سال نوری از ما قرار دارد [۷۱]. البته این در شرایطی است که جسم یا رخداد مورد نظر نوری معمولی (مریی) از خود منتشر کند اما اگر با موردی مانند انفجار پرتوی گاما روبرو باشیم می‌توان مسافت‌های حتی

avayebuf.com

طولانی‌تری را هم با چشمان غیرمسلح دید. مثلا انفجاری موسوم به *جی‌آربی ۰۸۰۳۱۹بی*[1] که در فاصله ۷/۵ میلیارد سال نوری از ما رخ داده، دورترین رخدادی است که یک انسان می‌توانسته آن را با چشمان غیرمسلح رویت کند [۷۲]. البته که مشاهده این رویداد کار فوق‌العاده سختی بوده زیرا تنها چند ثانیه قابل رویت بوده است. علاوه‌بر این، داشتن چشمان سالم، تاریک بودن کامل آسمان و نگاه کردن به همان نقطه مورد نظر، آن‌هم دقیقا در لحظه وقوع تابش از جمله شرط‌های دیگر چنین مشاهده‌ای بوده‌اند.

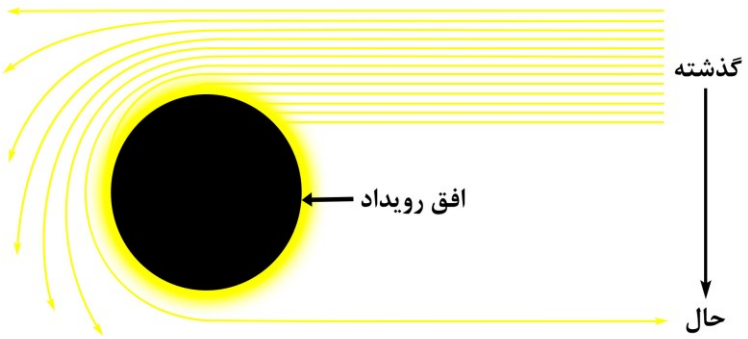
طبیعتا همان‌طور که ما گذشته نقاط دیگر کیهان را می‌بینیم اگر فردی در آن نقاط باشد هم به‌صورتی وارونه گذشته ما را خواهد دید. مثلا برای ساکنین نزدیک‌ترین کهکشان به ما یعنی کهکشان آندرومدا که حدودا در فاصله ۲/۵ میلیون سال نوری از ما قرار دارد، پیشرفته‌ترین موجودات ساکن زمین، میمون‌واره‌هایی هستند که بر خلاف هم‌نوعانشان به سمت گوشت‌خواری روی آورده‌اند. از نظر ساکنین فرضی کهکشان مسیه ۸۱، اجداد ما هنوز بر روی درختان زندگی می‌کنند و از دید فردی که توانسته باشد به نحوی در حوالی محل وقوع انفجار جی‌آربی ۰۸۰۳۱۹بی دوام بیاورد، حتی چیزی به اسم منظومه شمسی هنوز تشکیل نشده است. اگر به نحوی می‌توانستیم نوری که از گذشته ما به دوردست‌ها رسیده است را دوباره ببینیم، عملا خودمان هم می‌توانستیم شاهد گذشته خودمان باشیم. مثلا شاید روزی به لطف افزایش فناوری بتوانیم با کمک سیاه‌چاله‌ها به‌عنوان ابرآینه‌هایی غول پیکر، گذشته زمین را مشاهده کنیم. اگرچه عبور از افق رویداد یک سیاه‌چاله مسیری بی‌بازگشت تلقی می‌شود اما اگر پرتوهای نوری از این افق عبور نکنند می‌توانند به دور سیاه‌چاله چرخیده و همانند عبور از یک دوربرگردان به سمت زمین برگردند (تصویر ۴۱).

برای چشمان مسلح حتی عمق گذشته قابل مشاهده بیش‌تر هم می‌شود. تا زمان نگارش این متن، دورترین جسمی که رسما رصد کرده‌ایم کهکشانی به نام *اچ‌دی۱*[2] است [۷۳]. کهکشانی که امروز در فاصله‌ای حدود ۱۳/۵ میلیارد سال نوری ما قرار دارد. به زبان دیگر، وقتی به این کهکشان نگاه می‌کنیم عملا مشغول مشاهده زمانی هستیم که کیهان تنها

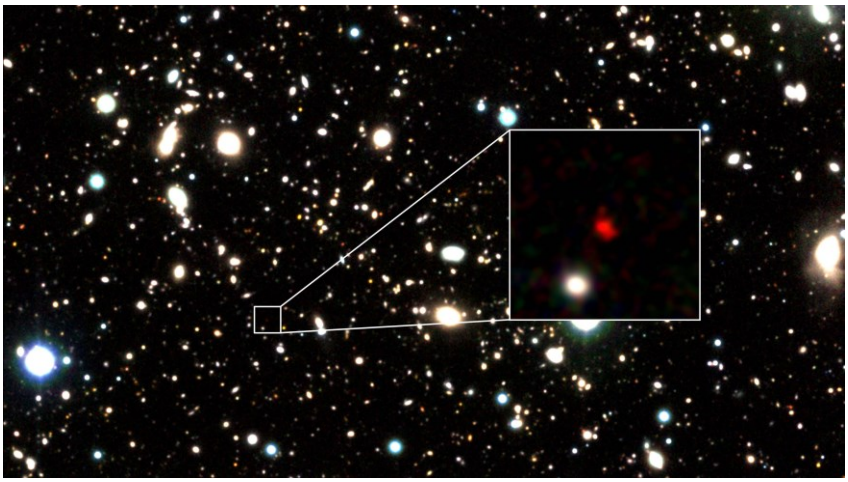
[1] GRB 080319B
[2] HD1

t.me/AVAYeBUF

حدود ۳۰۰ میلیون سال عمر داشته است. البته باید دقت کرد که به‌خاطر انبساط کیهان، این کهکشان امروز واقعا در همان‌جا قرار ندارد و اگر اصلا هنوز وجود داشته باشد، موقعیت فعلی آن در جایی به فاصله حدود ۳۳/۴ میلیارد سال نوری از ما است.



تصویر ۴۱: به‌صورت نظری، یک سیاه‌چاله می‌تواند در نقش یک دوربرگردان نوری باشد. با این‌حال، شدت و میزان چنین انعکاسی بسیار کم است زیرا بخش اعظم نور توسط سیاه‌چاله منحرف یا جذب می‌شود و تنها کسر بسیار کوچکی به دور آن می‌چرخد.



تصویر ۴۲: کهکشان اچ‌دی۱ دریچه‌ای به ۱۳/۵ میلیارد سال قبل. به خاطر دورشدنش از ما و گرایش طول موج نور آن به سمت طول موج قرمز، به رنگ قرمز دیده می‌شود [۷۴].

اگرچه دیدن گذشته به مراتب آسان‌تر از سفر فیزیکی به آن است اما حتی همین دیدن (به معنای مشاهده امواج نوری) هم محدودیت‌های خاص خودش را دارد. ما لزوما نمی‌توانیم بدون هیچ مشکلی و با دنبال کردن این شعار که «هرچه عمیق‌تر بکاوی، کهن‌تر درو خواهی

avayebuf.com

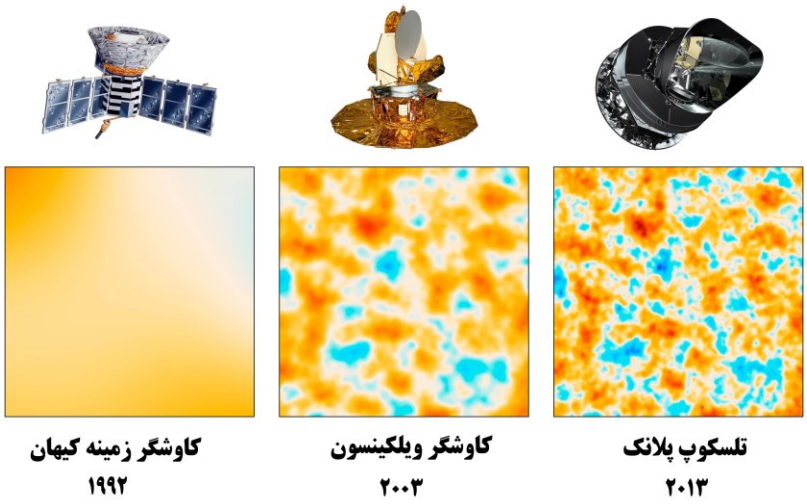
کرد» تا هرجا که خواستیم به عقب برویم. کیهان در اوایل شکل‌گیری خودش دوره‌ای را سپری کرده که مملو از ذرات زیراتمی و الکترون‌های آزاد بوده است. معجونی که با جذب و بازجذب مکرر و شدید امواج الکترومغناطیس (مانند فوتون‌های نور مریی)، عملا موجب مات و غیرشفاف شدن ظاهر کیهان در آن دوره شده است. با این‌حال، با ترکیب شدن این الکترون‌های آزاد با پروتون‌ها، پیدا شدن سر و کله اتم‌های اولیه هیدروژن و هلیوم، انبساط بیش‌تر کیهان و کاهش دمای آن در حوالی ۳۸۰ هزار سال پس از مه‌بانگ، ظاهر کیهان شفاف شده است. دورانی که امواج الکترومغناطیس مانند فوتون‌های نور مریی به‌تدریج فرصت انتشار پیدا کردند. امروزه به امواج الکترومغناطیس اولیه‌ای که از حدود ۳۸۰ هزار سال پس از مه‌بانگ موفق شدند از گزند جذب و بازجذب مداوم معجون پلاسمایی اولیه گریخته و به راحتی منتشر شوند، اصطلاحا *تابش ریزموج پس‌زمینه کیهانی*[1] گفته می‌شود. تابشی فوق‌العاده قدیمی، ضعیف و با طول موجی در محدوده امواج ریزموج (نامریی) که برای یافتنشان کافی است تلسکوپ‌های رادیویی خودمان را به هر سمتی از آسمان که مقدور باشد چرخانده و به دنبال آن‌ها بگردیم. امواجی که اگرچه عمری در حدود ۱۳٫۸ میلیارد سال دارند اما به خاطر انبساط کیهان، فاصله کنونی و واقعی ذرات منتشر کننده آن‌ها از ما، چیزی در حدود ۴۵٫۷ میلیارد سال نوری است. مطابق آن‌چه بر اساس داده‌های تلسکوپ پلانک ترسیم شده، ظاهر این امواج شبیه یک ملحفه گل‌گلی و وصله پینه شده است (تصویر ۴۳).

البته توجه به این نکته ضروری است که نباید موقعیتی که امروزه ذرات منتشر کننده تابش ریزموج پس‌زمینه کیهانی در آن‌جا قرار دارند را مرز جهان قابل مشاهده دانست و مرز آن‌چه ما آن را جهان قابل مشاهده می‌خوانیم جایی است که *افق ذره*[2] نامیده می‌شود. (تصویر ۴۴). منظور از افق ذره یا مرز جهان قابل مشاهده، دورترین جایی است که به‌صورت نظری، نور آن می‌توانسته در این مدت ۱۳٫۸ میلیارد سالی که از عمر کیهان می‌گذرد به ما که در مرکز جهان قابل مشاهده خودمان قرار داریم برسد. به عبارت دیگر، افق ذره

[1] Cosmic Microwave Background Radiation (CMBR)
[2] Particle Horizon

t.me/AVAYeBUF

دورترین جایی است که نور (گذشته) آن، می‌توانسته تاکنون به ما برسد. محاسبات می‌گوید که فاصله افق رویداد از ما یا بهتر بگویم شعاع جهان قابل مشاهده، در حال حاضر چیزی در حدود ۴۶/۵ میلیارد سال نوری است.



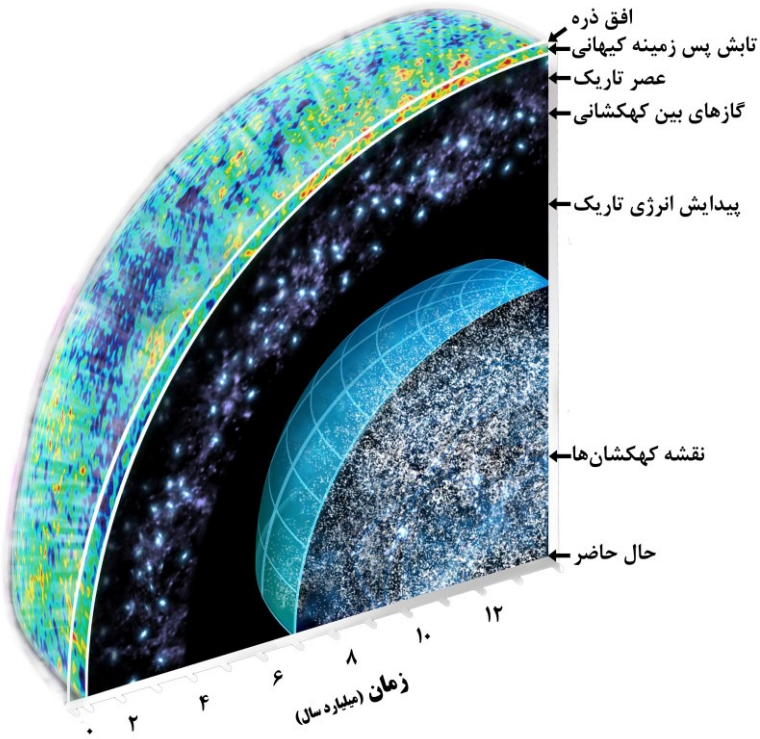
تصویر ۴۳: افزایش توانایی ما در مشاهده بافت تابش ریزموج پس‌زمینه کیهانی

اگر ملاک ما در دیدن گذشته، فقط مشاهده نور مریی یا در مقیاس بزرگ‌تر، مشاهده امواج الکترومغناطیس نباشد، دیگر حتی به مرزی به نام تابش ریزموج پس‌زمینه کیهانی هم محدود نخواهیم بود. در این صورت ممکن است بتوانیم با روی آوردن به راهکارهای جایگزین از این مرز هم عبور کرده و غیرممکنی به نام رفتن به فراتر از مرزهای تابش امواج الکترومغناطیس و مشاهده گذشته‌های کهن‌تر را هم ممکن کنیم. مثلا یکی از این راهکارها شناسایی و مشاهده ذرات *نوترینوی پس زمینه کیهانی*[1] است. این ذرات زمانی از قید ماده آزاد شدند که فقط یک ثانیه از لحظه مه‌بانگ گذشته بوده است. راهکار دیگر می‌تواند دنبال کردن امواج گرانشی ناشی از مه‌بانگ باشد. به این معنی که با دنبال کردن چین و چروک‌های گرانشی موجود در بافت فضازمان، به جای دیدن گذشته‌های فوق‌العاده دور، شروع به لمس کردن آن‌ها کنیم. هدفی که دست‌یابی به آن احتمالا با یافته‌های تلسکوپ *لیسا*[2] که قرار است توسط آژانس فضایی اروپا در سال ۲۰۳۷ میلادی به فضا ارسال شود،

[1] Cosmic Neutrino Background
[2] Laser Interferometer Space Antenna (LISA)

avayebuf.com

محقق خواهد شد.



تصویر ۴۴: برشی از جهان قابل مشاهده که از چشم‌انداز ما به عالم، ما در مرکزش قرار داریم و مرز آن افق ذره نامیده می‌شود.[۱]

سفر به ناکجا آباد

اگر تفکرات فلسفی مانند حال‌گرایی که می‌گوید «در هر لحظه مشخص، تنها زمان حال وجود دارد و آینده، چیزی جز یک ناکجا آباد نیست» را رها کنیم، می‌توان سفر به آینده یا بهتر بگویم نوعی ملاقات آینده را به دو روش منقطع یا پیوسته متصور شد. به این دلیل از عبارت «ملاقات آینده» استفاده کردم تا بگویم که برای دیدن آینده‌ای که به‌صورت معمول به آن دسترسی نداریم لزوما نباید مانند داستان‌های علمی-تخیلی سوار بر ماشینی مخصوص شویم یا از درگاهی مرموز استفاده کنیم. در نتیجه، در این‌جا هر روشی که امکان

[۱] فواصل موجود میان سطوح مختلف در نمودار فوق، دقیق نیست و تصویر ارایه شده صرفا یک نمایش کیفی است.

t.me/AVAYeBUF

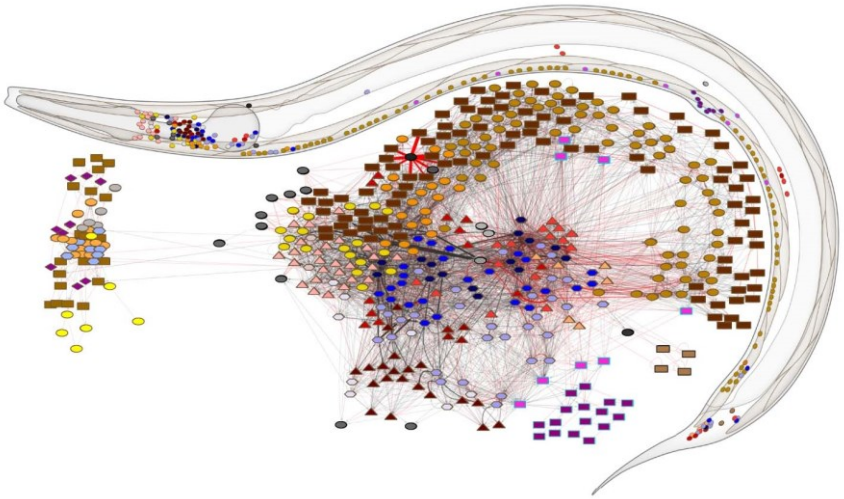
رسیدن ما به آینده‌ای خارج از دسترسی یک انسان با عمر معمولی را فراهم کند، به‌عنوان نوعی سفر در زمان تلقی می‌شود حتی اگر آن سفر یک‌طرفه باشد.

روش منقطع سفر به آینده را می‌توان نوعی جهش در زمان دانست زیرا فرد بدون تجربه فاصله زمانی میان زمان خودش و مقصد زمانی مورد نظر به آن‌جا می‌رود. همان چیزی که بیش‌تر در داستان‌ها و فیلم‌های علمی-تخیلی دیده‌ایم. به این معنی که فرد ابتدا زمان دقیق مقصد را تعیین کرده و سپس با فشار دادن کلید ماشین زمان، ناگهان از زمان حال ناپدید شده و در تاریخ مورد ظاهر می‌شود. سفر به آینده به این صورت فعلا به درد همان کتاب‌های علمی-تخیلی می‌خورد اما می‌توان به راهکاری نزدیک به این روش اشاره کرد که عملا معادل نوعی سفر منقطع به آینده است. راه حلی که می‌توان گفت طی آن زمان عملا منجمد می‌شود و مبنای آن بارگذاری مغز بر روی کامپیوتر است. اگر سریال‌های *بارگذاری*[1] یا مثلا *آینه سیاه*[2] (قسمت *سن جونیپرو*[3]) را دیده باشید حتما تصویر بهتری از این ایده خواهید داشت. هرچند که این روش بیش‌تر از این که موجب سفر فیزیکی خود شما به آینده شود، موجبات انتقال رونوشتی از آن‌چه شما خوانده می‌شوید را به آینده مورد نظر فراهم می‌کند. به این صورت که حافظه و ذهن شما به یک کامپیوتر منتقل شده و هر زمان که لازم باشد، فعالیت این مغز دیجیتالی شروع می‌شود. در نتیجه، ما قادر خواهیم بود ذهنمان یا همان چیزی که «من» می‌نامیم را به آینده‌ای در دوردست‌ها ارسال کنیم. البته باید اعتراف کرد که در حال حاضر، دانش فنی ما با انجام چنین راهکاری بسیار فاصله دارد اما به‌صورت نظری می‌توان آن را یک راهکار احتمالی در نظر گرفت. نمی‌خواهم ناامیدتان کنم اما برای این که بدانید چقدر با رسیدن به چنین چیزی فاصله داریم بهتر است یک مثال بزنم و برای این منظور مثالی بهتر از *کرم الگانس*[4] وجود ندارد. اولین و تنها موجودی که نقشه اتصالات نورون‌های عصبی آن به‌صورت کامل تهیه شده است [۷۵]. اگرچه مجموع تعداد نورون‌های این کرم که در سر، طناب عصبی و دم آن قرار دارند فقط

[1] Upload (2020-)
[2] Black Mirror (2011-)
[3] San Junipero
[4] Caenorhabditis Elegans

avayebuf.com

۳۰۲ عدد و میزان اتصالات سیناپسی میان آن‌ها تنها برابر با ۷۰۰۰ مورد است [۷۶] اما ما هنوز نتوانسته‌ایم با دانش و فناوری امروزی، حتی چنین ساختار ساده‌ای را به‌صورت موفق و کامل شبیه‌سازی کنیم. همه این‌ها در حالی است که کرم الگانس بسیار ساده‌تر از یک پستاندار است و اصلا فاقد چیزی به نام قشر مغز است. بخشی از مغز که شبیه‌سازی آن دشوارترین بخش ماجرا است. حالا مغز یک انسان را در نظر بگیرید که متشکل از حدود ۸۶ میلیارد نورون است که هرکدام از این نورون‌ها می‌تواند به تنهایی به حدود ۱۰ هزار نورون دیگر متصل باشد!



تصویر ۴۸: نمایشی از اتصالات نورونی یک کرم الگانس [۷۷]

برای این که بدانیم از لحاظ پیشرفت امروزه دقیقا در کجای داستان شبیه‌سازی مغز انسان و نهایتا بارگذاری ذهن بر روی کامپیوتر قرار داریم می‌توان به چند دستاورد در سال‌های اخیر اشاره کرد. شرکت آی‌بی‌ام در سال ۲۰۰۹ میلادی موفق شد که با کمک ۱۴۷ هزار پردازنده، فعالیت حدود ۴/۵ درصد از مغز انسان را شبیه‌سازی کند. با این‌حال، شبیه‌سازی انجام شده ۶۴۳ برابر آهسته‌تر از سرعت واقعی فعالیت یک مغز معمولی بود [۷۸]. در سال ۲۰۱۳ میلادی، محققین ژاپنی و آلمانی تصمیم گرفتند تا فعالیت مغز انسان را با کمک چهارمین کامپیوتر پرسرعت دنیا موسوم به *کامپیوتر کی*[1] شبیه‌سازی کنند. شبکه

[1] K Computer

t.me/AVAYeBUF

مدل‌سازی شده حاوی ۱/۷۳ میلیارد نورون و دارای ۱۰/۴ میلیارد اتصال نورونی بود. برای عملیاتی شدن این شبیه‌سازی، حدود ۸۳ هزار پردازنده به مدت ۴۰ دقیقه فعالیت کردند تا بتوانند یک درصد از فعالیت مغز انسان را در زمان واقعی شبیه‌سازی کنند. در آن زمان تخمین زده شد که اگر یک کامپیوتر با قدرت پردازش از مرتبه پِتافلاپس (10^{15} عملیات ممیز شناور در هر ثانیه) مانند ابرکامپیوتر کی می‌تواند یک درصد از فعالیت مغز انسان را شبیه‌سازی کند، پس برای شبیه‌سازی یک مغز کامل، نیاز به ابرکامپیوتری داریم که هزار برابر قوی‌تر و دارای قدرتی از مرتبه اِگزافلاپس (10^{18} عملیات ممیز شناور در هر ثانیه) باشد [۷۹]. موضوعی که شاید بتوان آن را با کمک هیولایی به نام *فرانتیر*[1] که یک ابرکامپیوتر اگزافلاپسی[2] و محصول سال ۲۰۲۲ میلادی است به ثمر رساند.

در یکی از جدیدترین شبیه‌سازی‌های انجام شده توسط ابرکامپیوتر کی که در سال ۲۰۲۰ میلادی انجام شد، محققین توانستند فعالیت نورون‌های مخچه انسان که حدود ۶۸ میلیارد نورون (معادل ۸۰ درصد نورون‌های سازنده مغز) را شامل می‌شود شبیه‌سازی کنند. هرچند که این شبیه‌سازی که حرکات چشم انسان را به‌عنوان مبنای کار در نظر گرفته بود، فوق‌العاده آهسته به ثمر رسید. به طوری که سرعت انجام آن، ۵۷۸ برابر آهسته‌تر از زمان متداول فعالیت مغز بود [۸۰]. در مجموع، باید گفت که موضوع شبیه‌سازی مغز در حال پیشرفت است و حتما در آینده، دستاوردهای بزرگ‌تری در مورد آن گزارش خواهد شد اما باید اعتراف کرد که هنوز فاصله فراوانی با یک مغز دیجیتال داریم. مغزی که بتوان ذهن را در آن بارگذاری کرد و به این صورت به آینده سفر کنیم.

با همه این حرف‌ها باید گفت که دومین روش سفر به آینده شرح حال متفاوتی دارد و برخلاف روش اول، دیگر نمی‌توان آن را خیلی دور از دسترس نامید. روشی اصطلاحا پیوسته است که طی آن فرد مجبور است به نحوی، فاصله زمانی بین خودش و مقصد را تجربه کند. در این روش، دیگر خبری از پرش‌های زمانی نیست. برای رفتن به سمت آینده، آن‌هم

[1] Frontier

[۲] در توصیف قدرت اگزافلاپسی فرانتیر می‌توان گفت اگر تمام مردم کره زمین در هر ثانیه یک عملیات را تکمیل کنند، باید چهار سال و بدون وقفه به این کار ادامه دهند تا بتوانند با یک ثانیه از فعالیت فرانتیر برابری کنند.

avayebuf.com

به‌صورتی پیوسته و تدریجی، می‌توان حداقل به دو نوع راهکار متوسل شد. در راهکار اول که معمولا زودتر به ذهن می‌رسد یک فرد برای دسترسی به آینده‌ای که فراتر از عمر متداول خودش است، باید خود را به نحوی از گذر زمان محفوظ کند. به‌صورتی که اگرچه مانند بقیه همچنان جریان ظاهری زمان را در اطراف خودش تجربه می‌کند اما خود او تحت تاثیر این گذر زمان قرار نمی‌گیرد. در حالت دوم هم اگرچه فرد کاملا تحت تاثیر زمان و جریان ظاهری آن است اما او برای چنین سفری باید برای مدتی از خط زمانی محلی که در آن قرار دارد دور شده و مجددا به آن بازگردد. در نتیجه، او پس از بازگشت با آینده‌ای روبرو می‌شود که رسیدن به آن در حالت معمول ناممکن است. در ادامه، به‌صورتی مفصل به هر یک از دو راهکار خواهم پرداخت.

۱- انجماد زمان

بیایید کارمان را با راهکار اول که سفر پیوسته به آینده است آغاز کنیم. این روش که مبتنی بر نوعی توقف یا کند شدن گذر زمان به‌صورتی محلی و موضعی است، طرز فکر جدیدی نیست و می‌توان اشاره به مفهوم آن را نه تنها در داستان‌های امروزی مانند زیبای خفته ملاحظه کرد بلکه حتی می‌توان ردپای آن را در متون بسیار قدیمی‌تر هم دنبال کرد. مثلا در میان افسانه‌های یونان باستان به داستان انسانی فانی به نام *اندیمیون*[1] برمی‌خوریم که سلنه، ایزدبانوی ماه و دختر زئوس عاشق او می‌شود اما به دلایلی که در روایات مختلف به شکلی متفاوت بیان شده‌اند (مانند اتمام عمر اندیمیون یا خشم زئوس از علاقه اندیمیون به هِرا که خواهر/همسر زئوس بوده است) به خوابی ابدی دچار می‌شود. به گونه‌ای که در گذر زمان آسیبی به او وارد نشود و سلنه بتواند هر شب او را ببیند [۸۱].

به‌عنوان موردی دیگر از توقف زمان، می‌توان به داستان فردی به نام *خونیِ حلقه‌ساز*[2] در در کتاب تلمود اشاره کرد. خونی روزی در راه با مردی مواجه می‌شود که مشغول کاشتن یک درخت خرنوب بوده است. خونی از او می‌پرسد چقدر طول می‌کشد درختی که در حال

[1] Endymion
[2] Honi the Circle Drawer (חוני המעגל)

t.me/AVAYeBUF

کاشتن آن هستی به ثمر بنشیند. آن مرد می‌گوید ۷۰ سال طول خواهد کشید تا کسی بتواند میوه‌های این درخت را ببیند. سپس خونی می‌پرسد آیا مطمئن هستی که ثمر دادن آن را خواهی دید. او می‌گوید که من درختان خرنوب زیادی در زندگی دیده‌ام که آن‌ها را نیاکان من کاشته بودند. در نتیجه، من نیز برای فرزندانم چنین می‌کنم. پس از اتمام مکالمه، خونی به گوشه‌ای رفته، غذا می‌خورد و سپس در کنار صخره‌ای به خواب می‌رود. در همان حال، آن صخره روی او را پوشانده و خونی را برای مدت ۷۰ سال از دیدگان عامه پنهان می‌کند. وقتی خونی بیدار می‌شود متوجه آن‌چه رخ داده نمی‌شود اما مردی را می‌بیند که مشغول چیدن میوه درخت خرنوب مورد نظر است. از آن مرد می‌پرسد تو همان فردی هستی که این درخت را کاشته‌ای؟ او می‌گوید خیر، من نوه او هستم. در نهایت، خونی پس از این که به شهر مراجعه می‌کند و متوجه می‌شود هیچ‌کس ادعا و هویت او را تایید نمی‌کند، آرزوی مرگ می‌کند و آرزویش فورا محقق می‌شود [۸۲].

شکل‌های متفاوت اما مشابهی با داستان خونی حلقه‌ساز را می‌توان در منابع دیگر هم ملاحظه کرد که داستان معروف اصحاب کهف که فرار هفت نفر مسیحی از دست سربازان رومی بوده یکی از آن‌هاست. با این‌حال، باید گفت تنها جایی که یک انسان واقعا می‌تواند صرفا با خوابیدن از دست زمان بگریزد همان داستان‌ها و قصه‌های اساطیری-مذهبی است و چنین چیزی در واقعیت جایی ندارد.[۱] با این حال، آیا می‌توان راه دیگری به جز خوابیدن یافت که بتوان با کمک آن جریان ظاهری زمان را متوقف یا حداقل کند کرد؟ آیا از لحاظ علمی روشی وجود دارد که اگر نگوییم می‌شود گذر زمان را به‌صورت کامل متوقف کرد اما بتوان به نحوی با کند کردن اثر آن، خودمان را به آینده‌ای برسانیم که به صورت معمولی دست‌نیافتنی است؟ بر اساس دانش امروزی می‌توان گفت که پاسخ مثبت است و اگر زمان را به دو نوع زمان بیرونی و درونی تقسیم کنیم، حداقل دو راه حل برای کند کردن جریان ظاهری زمان در پیش روی ما قرار دارد. برای کند شدن زمان درونی باید به دانش

[۱] به‌عنوان یک مثال امروزی می‌توان به مورد عجیب دختر خُفته تِرویل (Turville) اشاره کرد. دختری به نام الن سدلر (Ellen Sadler) که در سال ۱۸۷۱ میلادی و در سن ۱۲ سالگی به مدت ۹ سال به خواب رفت. البته که زمان برای او متوقف نشد و وقتی بیدار شد واقعا خودش را در سن ۲۱ سالگی می‌دید. هرچند که پس از بیداری هیچ خاطره‌ای از این سال‌ها به یاد نداشت.

avayebuf.com

زیست‌شناسی و برای کند شدن گذر ظاهری زمان بیرونی باید به دانش فیزیک روی بیاوریم. دو روشی که در ادامه موضوع بحث ما خواهند بود.

جریان ظاهری زمان درونی را حداقل به دو روش می‌توان کند یا اصطلاحا به نوعی آن را منجمد کرد که اولین روش متوسل شدن به سرمازیستی است. سرمازیستی به این معناست که یک موجود زنده در دمایی به قدری سرد و پایین قرار بگیرد که سرعت انجام فعل و انفعالات بیوشیمیایی و در نتیجه روند رشد و تقسیم سلولی موجود مورد نظر کاملا متوقف یا حداقل بسیار آهسته شود. در ادامه و پس از گذشت زمان لازم نیز دوباره با افزایش دما، جاندار مورد نظر به روند عادی زندگی برگردد.

البته سرمازیستی را نمی‌توان معادل توقف یا حتی کند شدن زمان خارجی دانست اما با توجه به اثرش در افزایش ماندگاری یک موجود زنده در طول زمان، می‌توان این روش را به نوعی کاهش قرار گرفتن تحت تاثیر زمان دانست و آن را عملا هم‌ارزی برای سفر در زمان تلقی کرد. هرچند امروزه موسسات گوناگونی وجود دارند که جسد انسان‌ها را پس از مرگ در محفظه‌های مخصوص سرد شده با نیتروژن مایع و در دمایی در حدود ۲۰۰- درجه سانتی‌گراد قرار می‌دهند اما این موسسات با دو مشکل بزرگ روبرو هستند. به‌عنوان اولین مشکل، افراد منجمد شده به این شکل، قبلا مرده‌اند و این یعنی بزرگ‌ترین چالش پیش رو این است که در ابتدا باید روشی پیدا شود که این مرده‌ها را به زندگی بازگرداند. مشکل دوم این است که هیچ تضمینی وجود ندارد که فرایندهای سرمازیستی فعلی واقعا موجب تخریب سلولی غیرقابل بازگشت در زمان انجماد یا در زمان خروج از آن نشده باشند.

هرچند که هنوز نمی‌توان یک انسان زنده را منجمد و مثلا بعد از مدتی طولانی، آن را از انجماد خارج کرد تا ادامه زندگی خودش را در آینده‌ای دنبال کند که به‌صورت معمول رسیدن به آن محال است اما گزارش‌های قانع کننده‌ای وجود دارد که وقوع چنین رویدادی در موجودات ساده‌تر را تایید می‌کند. مثلا در گزارشی که در سال ۲۰۰۰ میلادی در مجله نیچر به چاپ رسید محققین توانستند باکتری‌هایی که برای ۲۵۰ میلیون سال در یک بلور نمک دست نخورده به دام افتاده بودند را احیا کرده و مجددا آن‌ها را به چرخه زندگی

t.me/AVAYeBUF

برگردانند [۸۳].[۱]

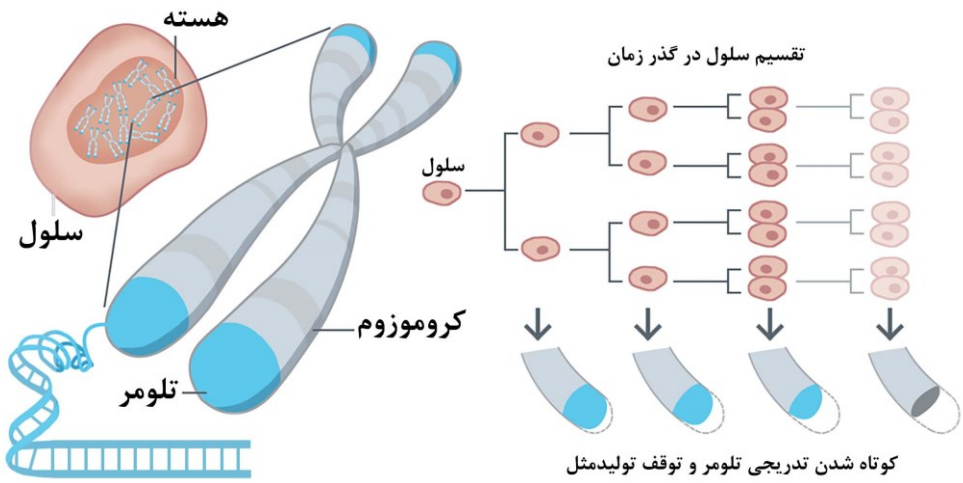
شاید احیا شدن باکتری‌ها یا مثلا مخمرها به‌خاطر داشتن ساختاری ساده و تک‌سلولی دستاورد خاصی تلقی نشود (هرچند که واقعا باید تلقی شود!) اما گزارش‌های مشابه در مورد موجودات پرسلولی هم وجود دارد. مثلا در سال ۲۰۱۸ میلادی، محققین توانستند از بین ۳۰۰ کرم لوله‌ای که برای مدتی حدود ۳۰ تا ۴۰ هزار سال در یخ‌ها مدفون شده بودند، دو مورد را به زندگی معمول برگردانند. کرم‌هایی که احتمالا کهن‌ترین موجودات زنده حال حاضر تلقی می‌شوند [۸۴]. آخرین باری که این کرم‌ها مشغول زندگی بودند ما انسان‌ها با ظاهری نیمه‌برهنه، در پی شکار حیوانات وحشی در دشت‌های باز می‌دویدیم و تا زندگی یک‌جانشینی و کشاورزی چیزی در حدود ۲۰ هزار سال فاصله داشتیم. دورانی که ما حتی نمی‌توانستیم یک کاسه گلی بسازیم اما حالا پا بر روی ماه گذاشته‌ایم. اگر این کرم‌ها از قدرت فهم و درک کافی برخوردار بودند حتما با دیدن چنین پیشرفتی دهانشان از تعجب باز می‌ماند.

دومین روشی که می‌توان برای کند کردن جریان ظاهری زمان درونی به آن متوسل شد، مبتنی بر افزایش طول عمر است که خود می‌تواند با کمک جلوگیری از کهولت یا جوان‌سازی پیوسته انجام شود. یکی از تلاش‌هایی که اخیرا در این زمینه به انجام رسیده و در نوع خود اولین است، اثر اکسیژن درمانی بر کاهش طول تلومر داوطلبان بوده است. داوطلبانی که همه آن‌ها بالای ۶۴ سال سن داشتند و در معرض تنفس اکسیژن خالص در محفظه‌ای تحت فشار قرار گرفتند. نتایج حاکی از این است که طول تلومر سلول‌های پیکری این افراد به اندازه ۲۰ درصد افزایش یافته است [۸۵]. تلومر نامی است که به انتهای یک کروموزوم اطلاق می‌شود و هرچه بر دفعات تقسیم یک سلول و کروموزوم افزوده می‌شود، طول آن کوچک‌تر می‌شود. این روند تا جایی ادامه پیدا می‌کند که دیگر کروموزوم و در نتیجه سلول مورد نظر قادر به تقسیم نیستند (تصویر ۴۵). حتی با وجود چنین تلاش‌هایی،

[۱] اخیرا پژوهشی منتشر شد که حاکی از کشف یک بلور نمک ۸۳۰ میلیون ساله است. بلوری که موجودات تک‌سلولی ظاهرا سالمی مانند سلول‌های پروکاریوتی، جلبک قهوه‌ای و نارنجی در آن دیده می‌شود. با توجه به ظاهر بلور کشف شده، احتمال زنده بودن این میکروارگانیسم‌ها زیاد است (*Geology*, **2022**, *50*, 918–922, DOI: 10.1130/G49957.1).

avayebuf.com

وارونه کردن یا توقف روند پیری هنوز جامی مقدس است.



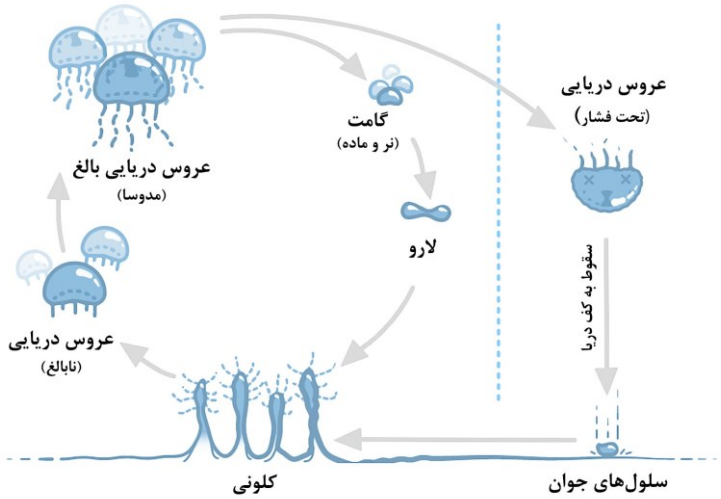
تصویر ۴۵: موقعیت تلومر در کروموزوم و اثر تقسیم سلولی بر طول آن

هرچند مقاومت در برابر گذر زمان بیرونی هنوز برای ما انسان‌ها یک رویاست اما چنین قابلیتی را می‌توان به‌صورت کم و زیاد در طبیعت مشاهده کرد. جانداران مختلفی مانند هیدرا، کرم‌های *پلاناریِن*[1] و نوعی عروس دریایی که به آن *عروس دریایی جاودانه*[2] گفته می‌شود از جمله این جانداران هستند [۸۶, ۸۷]. در تصویر ۴۶، نمایشی از چرخه زندگی عروس دریایی جاودانه که مدوسا نامیده می‌شود، به نمایش درآمده است.

توسل به دانش زیست‌شناسی و کند کردن زمان درونی با کمک سردسازی یا جلوگیری از پیر شدن، یکی از دو راه حل پیش روی ما برای حرکت پیوسته به سمت آینده است اما همان‌طور که قبلا اشاره شد راه حل دیگر برای رسیدن به این هدف، متوسل شدن به دانش فیزیک است. ما از نسبیت عام اینشتین می‌دانیم که هرچه نیروی جاذبه موثر بر یک جسم بیش‌تر شود میزان گذر زمان برای آن جسم از دید ناظر بیرونی آهسته‌تر می‌شود. این همان اصلی است که می‌توان با کمک آن به آینده سفر کرد. آن‌هم به شکلی که انگار یک فرد به نوعی در زمان منجمد شده است اما محیط اطراف او در حال تجربه گذر عادی هستند.

[1] Planarian
[2] Turritopsis Dohrnii (Medusa)

t.me/AVAYeBUF



تصویر ۴۶: چرخه زندگی یک عروس دریایی جاودانه معروف به مِدوسا. آسیب فیزیکی، گرسنگی، تغییر ناگهانی دمای محیط یا تغییر میزان شوری آب از عواملی هستند که مدوسا را مجبور به وارونه‌سازی روند رشد و تبدیل شدن به سلول‌هایی جوان می‌کنند [۸۸].

برای این که یک فرد با این میزان از کندشدگی زمان و انجمادی ظاهری از دید بیننده خود روبرو شود باید در کنار چیزی قرار بگیرد که نیروی جاذبه آن بسیار زیاد است. به شکلی که هرچه این جاذبه بیش‌تر شود، میزان کند شدن زمان از دید ناظر هم افزایش می‌یابد و در نتیجه امکان دیدن آینده دورتر برای شما فراهم می‌شود. با توجه به این که بر روی زمین چنین چیزی وجود ندارد، راه راحت این است که سوار یک سفینه شویم و به نزدیکی یک سیاهچاله رفته و سپس بازگردیم اما چون در این بخش تنها به روش‌هایی اشاره می‌کنیم که لزوما محتاج مسافرت و ترک زمان محلی نباشد باید به دنبال راهی دیگر باشیم. راهی که می‌گوید به جای این که ما به سمت یک مرکز جرم بسیار بزرگ سفر کنیم، چنین چیزی را در اطراف خودمان بسازیم! البته شاید این راهکار چندان عاقلانه به نظر نرسد و عملا شبیه زدن شیپور از سر گشاد آن باشد اما بد نیست برای روشن شدن بهتر ابعاد سفر در زمان به آن اشاره کنیم.

سال‌ها پیش، اخترفیزیک‌دان شناخته شده‌ای به نام *جان گوت*[1] سعی کرد مثالی مرتبط

[1] John R. Gott

avayebuf.com

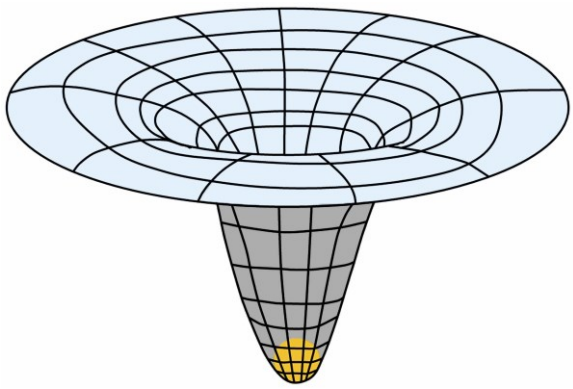
برای این موضوع ارایه کند. او می‌گوید برای این که بتوانید مرکز جرمی به اندازه کافی بزرگ را شبیه به لنگری در زمان به کار ببرید، باید جرمی به اندازه سیاره مشتری را به دور خودتان به گونه‌ای متقارن بچینید که یک پوسته کروی فوق‌العاده فشرده و یک‌دست شما را احاطه کند. البته قطر این پوسته کروی نباید به قدری کم باشد که موجب تبدیل شدن این سازه به سیاه‌چاله شود. برای تحقق این موضوع، قطر این پوسته کروی متراکم باید کمی بیش‌تر از ۵/۶ متر باشد. نکته دیگر این است که قرار داشتن در مرکز یک پوسته فشرده گرانشی با این جرم زیاد موضوع چندان ترسناکی نیست زیرا ما می‌دانیم که برآیند نیروهای گرانشی وارده در مرکز آن متقارن و برابر با صفر است. در نتیجه، اگرچه در بیرون این سازه پرجرم، آشفتگی فراوانی در فضازمان ایجاد می‌شود اما در داخل آن، آسمان کاملا صاف است! مطابق نسبیت اینشتین، اگرچه این جرم فرورفتگی بزرگی را در فضازمان اطراف خودش تولید می‌کند اما ساختار فضازمان داخل آن کاملا مسطح است [۸۹].

از نظر یک ناظر واقع در دوردست، ساعت شما که در مرکز این پوسته گرانشی قرار دارید بسیار کند حرکت می‌کند زیرا هربار که فوتون‌های نور متعلق به ساعت شما می‌خواهند از شما دور شوند مجبور هستند که از دیواره فرورفتگی ایجاد شده در بافت فضازمان که ناشی از جرم بالای پوسته کروی است بالا بروند (تصویر ۴۷). موضوعی که باعث می‌شود انرژی این فوتون‌ها تحلیل رفته و طول موج آن‌ها افزایش یابد (طول موج و انرژی رابطه معکوس دارند). در نتیجه، ناظر بیرونی ملاحظه می‌کند که پرتوی نوری متعلق به نوسانات ساعت شما (به خاطر افت انرژی)، نوسان کم‌تری نسبت به ساعت خودش دارند و به همین علت او حرکت ساعت شما را آهسته‌تر از ساعت خودش می‌بیند. به‌صورت وارونه، شما که در مرکز پوسته کروی قرار دارید، شاهد حرکت سریع‌تر ساعت ناظر بیرونی نسبت به ساعت خود هستید. علت چنین مشاهده‌ای این است که نیروی جاذبه زیاد کره‌ای که شما در مرز آن قرار دارید، سبب کم شدن طول موج فوتون‌های ورودی و در نتیجه افزایش انرژی آن‌ها می‌شود.

اگر شما یک پوسته گرانشی فوق العاده فشرده با قطر شش متر و جرمی در حد و اندازه‌های جرم سیاره مشتری در اطراف خود بسازید، در این صورت، اختلاف زمانی مشاهده شده

t.me/AVAYeBUF

برای شما و یک ناظر واقع در دوردست، حدود چهار برابر خواهد بود. به این معنی که اگر شما ۵۰ سال از عمرتان در این پوسته کروی بگذارنید که تنها حدود ۱۱۳ متر مکعب فضای خالی برایتان مهیا کرده و سپس از آن خارج شده به خانه بروید، اعضای خانواده شما و کلا تمام آن‌هایی که از دور در حال تماشای شما بوده‌اند به اندازه ۲۰۰ سال عمر کرده‌اند [۸۹]. بهتر است بیش‌تر از این وقت خودمان را صرف این ایده جالب اما دیوانه‌وار نکنیم و به سراغ روش‌های راحت‌تری برویم.



تصویر ۴۷: هرچه میزان جرم یک جسم بیش‌تر باشد، مقدار فرورفتگی آن در بافت فضازمان بیش‌تر است. هرچه فروفتگی بیش‌تر باشد، امواج الکترومغناطیس (مانند پرتوهای نور مریی) در زمان خروج از این فرورفتگی، انرژی بیش‌تری از دست داده و مقدار طول موجشان بیش‌تر (و فرکانس و انرژی آن‌ها کم‌تر) می‌شود.

۲- فرار به آینده

همان‌طور که قبلا به آن اشاره شد برای سفر پیوسته به آینده می‌توان به دو راهکار انجماد ظاهری زمان و فرار از زمان حال روی آورد. در بخش قبلی در مورد راه‌حل‌های انجماد ظاهری زمان صحبت شد اما در این بخش، نوبت پرداختن به راهکار دیگر یعنی گریختن از زمان حال است. راهکاری که مبنای آن نسبیت زمانی و تفاوت گذر ظاهری زمان برای افراد در سرعت‌های مختلف است.

با خواندن تاریخ متوجه می‌شویم که همانند مورد انجماد زمان، اشاره به این حالت از سفر

avayebuf.com

به آینده هم در میان متون تاریخی دیده می‌شود. یکی از منابع تاریخی برای مشاهده چنین سفری، داستان نوشته شده در *پورانه ویشنو*[1] یکی از متون مقدس آیین هندو است. داستان مربوط به پادشاهی هندی به نام *کاکودمین*[2] است. مطابق این داستان، کاکودمین دختری زیبا داشته است و زمانی که این دختر به سن ازدواج می‌رسد، او متوجه می‌شود که هیچ همتا و همسر مناسبی برای او بر روی زمین وجود ندارد. در نتیجه، کاکودمین به همراه دخترش به نزد خدای آفریننده یعنی برهما می‌رود تا از او درخواست کمک کند. زمانی که کاکودمین به درگاه برهما وارد می‌شود می‌بیند که او مشغول گوش کردن به موسیقی نواخته شده توسط فرشتگان است. در نتیجه، او صبر می‌کند تا این اجرا به پایان برسد و سپس درخواستش را مطرح کند. پس از اتمام موسیقی، کاکودمین به نزد برهما رفته و فهرستی از نامزدهایی که فکر می‌کند مناسب هستند را ارایه می‌کند. برهما پس از شنیدن این حرف‌ها شروع به خندیدن می‌کند و وقتی کاکودمین علت را جویا می‌شود، او می‌گوید که زمان در نقاط مختلف به شکلی متفاوت می‌گذرد. در نتیجه، در همین مدتی که تو به این‌جا آمده‌ای، بیش از ۱۲۰ میلیون سال بر روی زمین گذشته است. برهما در ادامه می‌گوید تمام افرادی که فکر می‌کنی ممکن است همسر مناسبی برای دختر تو باشند، اکنون مرده‌اند زیرا ۱۱۲ یوگا (۲۸ چرخه چهارتایی) گذشته است. نه تنها آن‌ها بلکه تمام فرزندها، نوه‌ها، نبیره‌ها، نتیجه‌ها و کلا نسل‌های بعدی آن‌ها نیز به همین سرنوشت مبتلا شده‌اند. حالا تو باید برای دخترت به دنبال همسر دیگری باشی زیرا تو دیگر تنها هستی و دست زمان، تمام همسران، خویشاوندان، وزیران، خدمت‌کاران، سپاهیان و ثروت تو را ربوده است [۹۰].

اگر بخواهیم از داستان‌های کهن عبور کرده و به دنبال امکان‌پذیری حالت دوم سفر به آینده باشیم، خیلی به دردسر نخواهیم افتاد. همان‌طور که در فصل اول به آن اشاره کردم از زمانی که اینشتین ایده نسبی بودن زمانی را مطرح کرد، ما می‌دانیم که آن‌چه گذر یا تجربه زمان خوانده می‌شود به وضعیت و موقعیت ناظر بستگی دارد. مطابق نسبیت خاص

[1] Vishnu Purana
[2] Kakudmin (Raivata)

t.me/AVAYeBUF

ما می‌دانیم که هرچه بر سرعت ما افزوده شود ساعت ما از دید یک ناظر خارجی کندتر می‌شود. همچنین مطابق نسبیت عام می‌دانیم که وقتی در مجاورت نیروی جاذبه قوی قرار بگیریم هم وضعیت تقریبا مشابهی رخ می‌دهد. در بخش قبلی کمی در مورد اثر جاذبه بر انبساط زمان صحبت کردم اما بهتر است این بخش را صرفا به اثر افزایش سرعت بر انبساط زمان اختصاص دهیم.

بیایید کارمان را با یک مثال بسیار معروف شروع کنیم. تصور کنید که شما سوار یک فضاپیمای فرضی شده و قصد دارید به مقصدی در حدود ۵۰۰ سال نوری از زمین سفر کنید. یکی از مقاصد احتمالی در این فاصله می‌تواند سیاره *کپلر-۱۸۶ف*[1] باشد که به خاطر شباهتش به زمین و قرار داشتنش در ناحیه‌ای موسوم به کمربند حیات، یکی از سیاره‌هایی می‌باشد که تصور می‌شود ممکن است حیات روی آن شکل گرفته باشد. با توجه به این که ما به نیروی جاذبه زمین عادت داریم و فشار ناشی از شتاب زیاد می‌تواند موجب مرگ ما شود، بهتر است شتاب این فضاپیما را برابر شتاب جاذبه زمین (شتاب ۱-جی) یعنی حدود ۱۰ متر بر ثانیه در هر ثانیه در نظر بگیریم. به این صورت که از زمان شروع حرکت فضاپیما، در هر ثانیه به اندازه حدود ۱۰ متر بر ثانیه به سرعت آن افزوده شود. در چنین شرایطی ما با مشکلی مانند معلق شدن هم مواجه نخواهیم بود و شرایطی تقریبا مشابه با زمین را تجربه می‌کنیم. برای این که بتوانیم دقیقا در مقصد توقف کنیم یک روش این است که اجازه بدهیم در نیمه اول مسیر (۲۵۰ سال نوری ابتدایی) شتاب همواره در حال افزایش باشد و سپس برای نیمه دوم روندی معکوس را در پیش بگیریم و از میزان شتاب به همان صورت کم کنیم تا دقیقا در مقصد متوقف شویم.

با شروع از حالت سکون و با افزایش سرعتی با شتاب ۱-جی، سرعت فضاپیمای ما پس از رسیدن به پایان نیمه اول مسیر (پایان ۲۵۰ سال نوری)، به حدود ۰/۹۹۹۹۹۲ سرعت نور می‌رسد و سپس در ادامه، با کاهش آن تا زمانی که به مقصد برسیم سرعت ما مجددا در مقصد به صفر خواهد رسید. اگر کمی حواستان جمع باشد ممکن است فورا بگویید چنین

[1] Kepler-186f

avayebuf.com

چیزی محال است چون یک محاسبه ساده می‌گوید وقتی در هر ثانیه به اندازه ۱۰ متر بر ثانیه به سرعت اضافه شود، این فضاپیما در کم‌تر از یک‌سال به سرعت نور می‌رسد و پس از آن از سرعت نور عبور خواهد. در نتیجه، چنین چیزی ممکن نیست چون مطابق نسبیت خاص، هیچ جرمی نمی‌تواند با حرکت از حالت سکون (ظاهری) به سرعت نور برسد. چه برسد به این که حتی بخواهد از این سقف سرعت عبور کند. اگر به موضوع افزایش سرعت فضاپیمای خیالی خودمان به شکلی کلاسیک و اصطلاحا نیوتونی نگاه کنیم، حرف شما درست و چنین ایده‌ای ناممکن است. با این‌حال، به خاطر نسبی بودن زمان و مکان، ما در این‌جا نمی‌توانیم به مکانیک نیوتونی تکیه کنیم و باید از معادلات نسبیتی بهره ببریم. در دنیایی که اینشتین برایمان ترسیم کرده است و برخلاف دنیای نیوتنی، هرچه سرعت جسم افزایش یابد، جرم آن هم افزایش می‌یابد و در نتیجه، بالا بردن سرعتش به انرژی بیش‌تری نیاز دارد. در چنین دنیایی، تنها می‌توان به سرعت نور نزدیک و نزدیک‌تر شد و فرقی نمی‌کند برای چه مدت مشغول دادن انرژی به یک جسم باشید، سرعت یک که جسم از حال سکون شروع به حرکت کرده است هیچ‌گاه به سرعت نور نمی‌رسد.

بهتر است به ادامه بحث فضاپیمای ۱-جی خودمان برگردیم. به خاطر پدیده نسبیت زمانی، از نظر شما که سوار بر فضاپیما هستید کل این مسیر ۵۰۰ ساله تنها حدود ۱۲ سال و ۶ هفته طول کشیده است! می‌دانم عجیب است اما زیبایی اتساع زمانی در همین عجیب و غیرقابل باور بودنش است. در ادامه هم اگر بدون این که خیلی در مقصد توقف کنید همین مسیر را با فرایند مشابه افزایش سرعت و سپس کاهش آن تا بازگشت به زمین ادامه بدهید مجددا حدود ۱۲ سال و ۶ هفته دیگر در راه خواهید بود. در نتیجه، این سفر برای شما مجموعا حدود ۲۵ سال طول می‌کشد. با این‌حال، وقتی که به زمین می‌رسید متوجه خواهید شد که ساعت‌های روی زمین مدت سفر شما را بیش از ۱۰۰۰ سال محاسبه کرده‌اند. به زبان دیگر، شما حالا در آینده‌ای هستید که نسبت به روز اولی که زمین را ترک کردید، حدود ۱۰۰۰ سال و نسبت به زمانی که خودتان تجربه کرده‌اید، حدود ۹۷۵ سال جلوتر است.

حالا که بحث فضاپیمای ۱-جی باز است، بد نیست بگذاریم پرنده خیالمان کمی بیش‌تر به

t.me/AVAYeBUF

پروازش ادامه دهد. خیال‌پردازی که خرج چندانی ندارد، دارد؟ به لطف پدیده اتساع بیش‌تر زمان در سرعت‌های بالاتر، ما می‌دانیم که لازم نیست مثلا برای رفتن به کهکشان آندرومدا که در فاصله‌ای در حدود ۲٫۵ میلیون سال نوری از ما قرار دارد، حتما به اندازه ۲٫۵ میلیون سال یا بیش‌تر در راه باشیم. در واقع، اگرچه از دید یک ناظر زمینی این سفر حتی با سرعتی نزدیک به نور، بیش از ۲٫۵ میلیون سال طول می‌کشد اما فردی سوار بر فضاپیمای ۱-جی که مسافرت خود به آندرومدا را از کره زمین آغاز کرده، می‌تواند این مسیر را به‌صورت رفت و برگشت در حدود ۵۷ سال طی کند. با این‌حال، اگر کمی حس کنجکاویتان برانگیخته شده باشد حتما خواهید گفت که اگر نسبیت زمانی موجب چنین کاهشی در زمان تجربه شده برای یک مسافر فضاپیمای ۱-جی می‌شود، پس دورترین جایی که یک فرد می‌تواند در طول عمر خودش برود کجاست؟ اگر در جهانی زندگی می‌کردیم که کاملا ایستا بود و انبساطی در کار نبود می‌توانستیم با کمک همین فضاپیمای فرضی در عرض ۴۷٫۵ سال به لبه جهان قابل مشاهده فعلی یعنی جایی در حدود ۴۶٫۵ میلیارد سال نوری از زمین برسیم. به زبان دیگر، در کیهانی ایستا این امکان وجود داشت در سفری که کم‌تر از ۱۰۰ سال طول می‌کشد به ملاقات لبه جهان قابل مشاهده فعلی رفته و سپس به خانه برگردیم! نتیجه‌ای فوق العاده شگرف که حتی فکر کردن به آن موی بدن آدم را سیخ می‌کند. با این‌حال، ما می‌دانیم که کیهان و البته جایی مانند لبه جهان قابل مشاهده در حال انبساط است و این انبساط به نحوی است که هرچه از جایی مانند زمین به سمت مرز جهان قابل مشاهده برویم بر شدت آن افزوده می‌شود. به این صورت که سرعت انبساط برای هر ۳٫۲۶ میلیون کیلومتر (یک میلیون پارسِک)، به اندازه ۷۳ کیلومتر بر ثانیه است [۹۱]. در نتیجه، از یک جایی به بعد، سرعت این انبساط نسبی که رابطه مستقیمی با مسافت دارد، به حدی می‌شود که به سرعت نور رسیده و در ادامه، حتی از آن هم فراتر می‌رود. مرزی که در آن‌جا سرعت انبساط نسبی کیهان برابر با سرعت نور است با نام *افق رویداد*[1] شناخته می‌شود. پوسته‌ای کروی که از هر طرف، به اندازه ۱۶ میلیارد سال نوری از ما فاصله دارد. از همین‌رو، هر آن‌چه که از نظر ما اکنون در بیرون این مرز قرار داشته

[1] Event Horizon

avayebuf.com

باشد دیگر هیچ‌گاه توسط ما قابل مشاهده نخواهد بود زیرا نور چیزی که بیرون از این مرز قرار دارد باید برای رسیدن به ما از حد ثابت سرعت نور گذر کند که چنین چیزی ممکن نیست. به‌صورت متقابلی، ما هم برای این که بتوانیم از این مرز عبور کنیم باید به سرعتی بیش‌تر از سرعت نور برسیم که رسیدن به این هدف، حداقل با کمک یک فضاپیمای ۱- جی ممکن نیست.

یکی از ایرادهای بسیار معروفی که درباره تفاوت گذر زمان برای سرعت‌های مختلف مطرح می‌شود موسوم به پارادوکس دوقلوها است. پارادوکسی که اگرچه اولین بار توسط خود اینشتین مطرح شد و تا امروز به آن پاسخ‌های فراوانی داده شده اما هنوز محل بحث فراوانی است [۹۲]. این پارادوکس می‌گوید اگر دو فرد دوقلو داشته باشیم که یکی روی زمین به‌عنوان مرجع ثابت باقی بماند و دیگری به سفری با سرعت بالا برود، هیچ کدام قادر نیستند که متوجه شوند کدام‌یک واقعا ساکن و کدام‌یک در حال حرکت هستند. تغییر مکان هم مانند تغییر زمان نسبی است و در شرایط برابر، فرقی نمی‌کند شما از جسمی دور شوید یا آن جسم از شما دور شود. در نتیجه، هر یک از دو فرد دوقلو تصور می‌کند که دیگری در حال دور شدن است و هریک گذر زمان برای دیگری را آهسته‌تر می‌بینند. در نهایت، چون نمی‌شود که هر دوی آن‌ها درست بگویند پس این یک تناقض است.

همان‌طور که اشاره شد، هرچند که هنوز هم نسخه‌های جدیدتری از این پارادوکس مطرح می‌شوند که نیاز به جواب‌هایی بهتر و تازه دارند اما معمولا به دو صورت به این ایراد پاسخ داده می‌شود که یکی مبتنی بر تقارن و دیگری بر مبنای شتاب است. پاسخ مبتنی بر تقارن می‌گوید که دو فرد شرایط یکسانی را تجربه نکرده‌اند و مثلا با محیط‌هایی روبرو بوده‌اند که هرکدام نیروهای گرانشی متفاوتی را بر آن‌ها اعمال می‌کرده‌اند. در نتیجه، چنین چیزی را دیگر نمی‌توان شرایط یکسان در نظر گرفت. پاسخ مبتنی بر شتاب هم بر این واقعیت تکیه می‌کند که شتاب بر خلاف سرعت، پدیده‌ای نسبی نیست. وقتی فردی سفر می‌کند مجبور است که به خاطر تغییر مسیر، سرعت خود را کم و زیاد کند و برای چنین کاری تغییر شتاب ضروری است. برای این که شما بتوانید سرعت یک جسم را با تغییر شتاب کم و زیاد کنید باید به آن نیرو اعمال کنید و تشخیص چنین نیرویی از طرف فردی که حرکت

t.me/AVAYeBUF

می‌کند کار راحتی است. در پایان این بخش اگر بخواهیم یک‌بار دیگر روش‌های سفر به آینده را به‌صورت خلاصه برشمریم می‌توان آن‌ها را همانند جدول ۶ نمایش داد.

جدول ۶: روش‌های سفر به آینده

نوع سفر	راهکار	روش	مثال
منقطع	دیجیتالی	بارگذاری ذهن	مغز دیجیتالی
پیوسته	زیستی	انجماد زمان	سرمازیستی
			افزایش عمر
	فیزیکی		پوسته گرانشی
		مسافرت	کرم‌چاله*
			حرکت با سرعت بالا
			نزدیکی به میدان گرانشی

* به این مورد در بخش بعدی پرداخته خواهد شد.

لمس دستان گذشته

نوبتی هم که باشد بالاخره وقت پرداختن به مهم‌ترین بخش موضوع سفر در زمان است. یکی از دلایلی که سفر به گذشته را حتی از سفر به آینده مهم‌تر می‌کند این است که اگر بتوان به گذشته سفر کرد عملا معضل سفر دو طرفه در زمان حل شده است زیرا حتی اگر سفر به گذشته، سفری یک‌طرفه باشد هم‌چنان می‌توان با کمک روش‌های اشاره شده در بخش قبلی مانند مسافرت با سرعت بالا، به زمان حال بازگشت.

در مورد سفر به گذشته و امکان وقوع آن از نظر علمی و فیزیکی در طول ۱۰۰ سال گذشته بحث‌های فراوانی انجام شده است. فیزیک‌دان معروفی مانند استیون هاوکینگ در سال ۱۹۹۲ در یک مقاله معروف به نام قضیه حفاظت از گاه‌شماری گفت که قوانین فیزیک مخالف سفر در زمان هستند [۹۳]. با این‌حال، در این سال‌ها فیزیک‌دانان مختلفی تلاش کرده‌اند تا راه‌حلی برای این موضوع ظاهرا ناممکن ارایه کنند.

در دنیایی که نیوتون برای ما به تصویر کشید سفر در زمان چه به آینده و چه به گذشته،

avayebuf.com

کلا ممنوع است زیرا زمان مطلق است و در کل عالم به یک صورت تغییر می‌کند. در نتیجه، نه می شود آن را تغییر داد و نه می شود در آن سفر کرد. در دنیایی که نسبیت خاص برایمان ترسیم می‌کند هم اگرچه اوضاع کمی بهتر می‌شود اما مشکل اصلی هم‌چنان پابرجاست. در این توصیف از دنیا، ما همواره به مخروط‌های زمانی موضعی گرفتاریم. به این صورت که اگرچه سفر به آینده ممکن است اما سفر به گذشته ممکن نیست. اگر نمودار فضازمان مینکوفسکی که در فصل اول به آن اشاره شد را فراموش کرده‌اید بد نیست یک‌بار دیگر به آن نگاهی بیاندازید (تصویر ۱۷). نسبیت خاص به ما می‌گوید که اگر بخواهیم به آینده سفر کنیم باید به نوعی از سرعت گذر ظاهری زمان به‌صورت موضعی حداقل برای خودمان بکاهیم تا این به‌صورت اجازه بدهیم اصطلاحا ما از نظر زمانی نسبت به دیگران عقب بیافتیم تا آن‌ها بیش‌تر از ما به سمت آینده حرکت کنند. موضوعی که در مورد روش‌های موجود برای انجام آن در بخش قبلی صحبت کردم. برای سفر به گذشته داستان وارونه است و به جای این که اجازه بدهیم زمان از ما پیشی بگیرد باید به نوعی ما از آن پیشی بگیریم! مطابق آن‌چه در نمودار مینکوفسکی دیده‌ایم هر فرد یا هر رخدادی به مخروط نوری خودش محدود است و نمی‌تواند از آن خارج شود مگر این که بتواند از سرعت نور پیشی بگیرد. موضوعی که نسبیت خاص آن را غیرممکن می‌داند. مطابق نسبیت خاص هیچ جرمی نمی‌تواند با حرکت از حالت سکون (ظاهری) و با افزایش سرعت خود به سرعت نور برسد زیرا هرچه سرعت یک جسم افزایش پیدا کند، جرم (نسبیتی) آن هم افزایش می‌یابد و انرژی لازم برای افزایش سرعت هم به همین صورت بیش‌تر می‌شود. این روند به جایی ختم می‌شود که مطابق معادلات، برای رسیدن به سرعت نور، به انرژی بی‌نهایت نیاز خواهیم داشت چون جرم (نسبیتی) جسم مورد نظر به بی‌نهایت می‌رسد. هرچند خیلی به این موضوع اشاره نمی‌شود اما باید این موضوع را در نظر داشت که هرجا معادلات ما به پاسخی به نام بی‌نهایت (=تعریف نشده یا نمی‌دانم!) می‌رسند یعنی آن‌ها به بالاترین حد کارایی خود رسیده‌اند زیرا احتمالا در واقعیت چیزی به اسم بی‌نهایت (حداقل به آن شکلی که در تصور ماست) وجود ندارد. واقعیت فراتر از معادله‌های ماست و در چنین حالتی، نه خود واقعیت بلکه کارایی معادله ما در توصیف آن به آخر خط رسیده است.

t.me/AVAYeBUF

شاید بزرگ‌ترین سوالی که پیش از هر سوال دیگری مطرح شود این باشد که سفر به کجا؟ مگر در زمان فعلی اصلا گذشته‌ای وجود دارد یا تا پیش از رسیدن ما به آن‌جا، این گذشته ساخته خواهد شد که سفر به آن معنی بدهد؟ مگر ما در هر لحظه در حال رونویسی شدن هستیم و دایم یک نسخه از ما در هر لحظه بر جای می‌ماند که روزی بتوان دوباره آن نسخه قبلی را ملاقات کرد؟ برای تمامی این سوالات می‌توان به یک پاسخ مشترک رجوع کرد. تصور کنید شما ۲۰ سال پیش و در یک لحظه مشخص، حواستان پرت شد و لیوان آبی از دستانتان افتاد و شکست. از نظر شما، آن حادثه سال‌های سال است که گذشته اما امواج نوری یا بهتر بگویم تصاویر مربوط به آن هنوز وجود دارند و در این مدت توانسته‌اند به اندازه ۲۰ سال نوری از شما دور شوند. به بیان دیگر، اگر فردی در فاصله ۲۰ سال نوری از شما قرار داشته و به تلسکوپی فوق‌العاده قدرتمند دسترسی داشته باشد می‌تواند این اتفاق را در همین لحظه که شما مشغول خواندن این متن هستید، ملاحظه کند اما خود شما چطور؟ آیا می‌توانید همان اتفاق را ملاحظه کنید؟ آیا می‌توانید به همان لحظه که لیوان از دستانتان به روی زمین افتاد برگردید و به خودتان بگویید: آهای، بپا، حواست کجاست! همان‌طور که قبلا اشاره شد اگر می‌توانستیم از سرعت نور پیشی بگیریم، می‌توانستیم چنین رخدادی را حداقل به‌صورت نظری میسر بدانیم زیرا حرکات یک فرد یا بهتر بگویم نور مربوط به آن نهایتا می‌توانند با سرعت نور دور شوند. در نتیجه، اگر از نور مربوط به حرکاتمان جلو بیافتیم می‌توانیم از مخروط زمانی پیش روی خود خارج شده و با ورود به مخروط نوری گذشته، به لحظه مورد نظر برویم. با این‌حال بن‌بستی به نام محدودیت سرعت نور و ناممکن بودن سفر به گذشته که نسبیت خاص ما را به آن‌جا می‌رساند تمام ماجرا نیست. کاری که فیزیک‌دانان در مقابل این سوال بزرگ کرده‌اند رها کردن فرزندی به نام نسبیت خاص و رفتن به سراغ مادر او یعنی نسبیت عام بوده است. جایی که در آن‌جا باید به جای متوسل شدن به سرعت، پاسخ را در ساختار فضازمان جستجو کرد.

ما از نسبیت عام می‌دانیم که یک جرم می‌تواند موجب ایجاد فرورفتگی در بافت فضازمان شود و این موضوع عملا به ما نشان می‌دهد که بافت فضازمان قابل خم شدن است. در نتیجه، به‌صورت نظری و روی کاغذ می‌توان گفت که اگر بتوانیم به نحوی صفحه فضازمان

avayebuf.com

را به قدر کافی خم کنیم، بدون این که نیاز باشد با عبور از سرعت نور، از مخروط زمانی خودمان خارج شویم، صرفا با دنبال کردن خط زمانی همیشگی خودمان که حالا در فضازمانی کاملا خمیده قرار گرفته، می‌توانیم به گذشته‌ای برویم که رسیدن به آن در حالت متداول، محال به نظر می‌رسد.

پس از انتشار نظریه نسبیت عام اینشتین، کم‌کم این ایده تقویت شد که فضازمان این قابلیت را دارد که تحت شرایط خاص گرانشی طوری روی خودش جمع شود که عملا امکان ایجاد یک خط زمانی بسته فراهم شود. به این معنی که حرکت مستقیم در صفحه فضازمان شما را نهایتا به همان‌جایی برساند که قبلا در آن‌جا بوده‌اید. این یعنی، حداقل از لحاظ نظری ممکن است که شما بتوانید به جایی برسید که قبلا گذشته شما بوده است! به چنین مفهومی اصطلاحا *منحنی زمان‌واره بسته*[1] گفته می‌شود (تصویر ۴۹). به این معنی که اگرچه از دید خود فرد، خط زمانی مستقیم به نظر می‌رسد اما فضازمان خمیده سبب می‌شود که دنبال کردن این خط ظاهرا مستقیم شما را سرانجام به همان‌جایی برساند که مسیرتان را آغاز کرده‌اید. برای درک بهتر فضازمان خمیده می‌توانید نگاهی به تصویر ۵۰ بیاندازید. با آشکار شدن این واقعیت که فضازمان می‌تواند به حدی خمیده شود که شما به گذشته خود برگردید راه برای پیدایش ایده‌های مبتنی بر این مفهوم هموار شد.

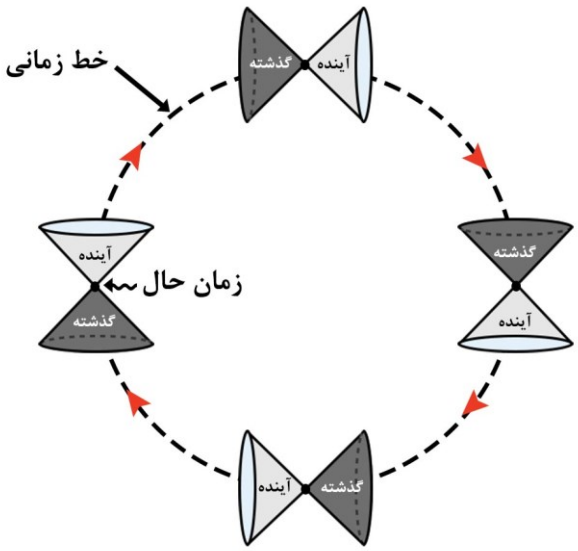
کورت گودل، دوست و همکار اینشتین در دانشگاه پرینستون، اولین فردی بود که موفق شد پاسخی مبتنی بر وجود منحنی زمان‌واره بسته پیدا کند. پاسخی که هم رفتن به گذشته را ممکن می‌دانست و هم با معادلات نسبیت عام اینشتین سازگار بود. او در سال ۱۹۴۹ میلادی در یک مقاله معروف این ایده را منتشر کرد که کیهان نه در حال انبساط و نه در حال انقباض است بلکه در حال چرخش است. موضوعی که سبب می‌شود هرچیزی روزی مجددا به موقعیت قبلی خود باز گردد. دنیای گودل این را به ما می‌گوید که می‌توان حالتی را در نظر گرفت که با رفتن به آینده عملا به گذشته خود سفر کرد. ایده‌ای که حداقل به‌صورت نظری و فلسفی از دوران یونان باستان مطرح بوده و حتی فیلسوف برجسته‌ای به

[1] Closed Timelike Curve

t.me/AVAYeBUF

مانند نیچه هم به وقوع آن اعتقاد داشته است. او در این باره، در کتاب حکمت شادان خودش چنین می‌نویسد:

«چه می‌شود اگر زمانی دیوی شما را در تنهاترین تنهایی‌تان دزدیده و به شما بگوید: این زندگی که تا امروز در آن زیسته‌اید را باید به دفعات بی‌شمار دیگری مجددا تجربه کنید. در زندگی، چیز جدیدی در پیش روی شما نخواهد بود و هر درد، شادی، اندیشه، افسوس و هر چیز بی‌اندازه کوچک و بزرگی که در زندگی شما وجود داشته باید به‌صورتی مشابه با آن‌چه در دفعات قبلی رخ داده و دقیقا با همان ترتیب برایتان تکرار شود. حتی همین عنکبوت پیش رویت یا نور مهتاب میان درختان، حتی همین لحظه، حتی خودت. ساعت شنی ابدی بارها و بارها وارونه می‌شود تو هم به مانند ذره‌ای خاک به همراه آن چنین می‌شوی. (با دانستن این موضوع) آیا هراسان شده و در حالی که دندان قروچه می‌کنی، به آن دیو نفرین می‌فرستی؟ یا این که بعد از چنین تجربه فوق العاده‌ای به او می‌گویی: تو خدایی و من هرگز چیزی الهی‌تر از این را نشنیدم [۹۴].»

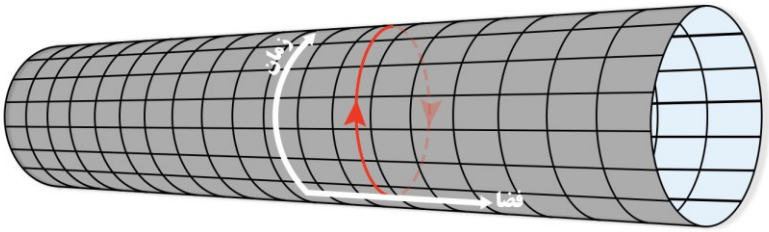


تصویر ۴۹: منحنی زمان‌واره بسته. در شرایط خاص، خمیدگی فضازمان می‌تواند منجر به شکل‌گیری یک منحنی زمان‌واره بسته شود.

اگرچه دنیای پیشنهادی گودل با نسبیت عام اینشتین تطابق دارد اما ما می‌دانیم که کیهان لحظه به لحظه در حال انبساط است و چنین فرضی که انبساطی در کار نیست صحیح به

avayebuf.com

نظر نمی‌رسد. شاید بزرگ‌ترین فایده دنیای پیشنهادی گودل این بود که به ما نشان داد رسیدن به پاسخی برای حل معضل سفر به گذشته هرچند روی کاغذ شدنی است و چنین چیزی مطلقا محال نیست.



تصویر ۵۰: فضازمان استوانه‌ای. در یک فضازمان کاملا خمیده مانند یک استوانه، فرد می‌تواند پس از گذشت یک مدت زمان مشخص، سرانجام به همان نقطه آغاز خود بازگردد.

حالا که بحث دنیای گودل و تکرار عالم مطرح شد بد نیست اشاره‌ای هم به قضیه‌ای بسیار معروف و تقریبا مرتبط با همین موضوع به نام *قضیه برگشتی پوانکاره*[1] داشته باشیم. پوانکاره در تلاش برای پیدا کردن پاسخی برای توصیف نحوه حرکت و اثر گرانشی هم‌زمان سه جسم (مثلا زمین، ماه و خورشید) بر یک‌دیگر نهایتا به بنیان‌گذاری پایه‌های چیزی نایل شد که ما امروزه آن را نظریه آشوب می‌نامیم. او متوجه شد که یک سیستم پویا می‌تواند پس از گذشت زمانی هرچند طولانی اما محدود به وضعیت قبلی خود بازگردد یعنی اجزای آن دقیقا در همان وضعیتی قرار بگیرند که در لحظه آغاز در آن قرار داشته‌اند. در واقع، اگر ابعاد یک سیستم در حال تحول و تغییر مشخص باشد بالاخره با زمانی روبرو می‌شود که اصطلاحا به پایان حالت‌های محتمل برای آرایش اجزای خودش می‌رسد و عملا باید هرحالتی که قبلا داشته است را تکرار کند. مانند ساعتی که وقتی یک بار دور خودش را کامل می‌کند، مجددا باید دور جدید که در واقع تکرار دور قبلی است را تجربه کند. در چنین شرایطی طبیعتا هرچه اجزای این سیستم بیش‌تر باشد، زمان لازم برای بازگشت مجدد آن به حالت آغازین و تکرار گذشته هم بیش‌تر می‌شود.

البته که مقیاس زمانی لازم برای وقوع چنین پدیده‌ای بسیار طولانی خواهد بود. برای درک

[1] Poincaré Recurrence Theorem

t.me/AVAYeBUF

این که چقدر باید سپری شود تا یک سیستم پویا شروع به تکرار خودش کند بهتر است چند مثال بیاورم تا موضوع بهتر روشن شود. اگر محفظه‌ای داشته باشیم که حاوی ۶۰ عدد مولکول گازی باشد، مدت زمانی که لازم است سپری شود تا تمامی این مولکول‌ها دقیقا به آرایش نخستین خود برسند برابر با عمر کل جهان قابل مشاهده ۱۳٫۸ میلیارد سال (حدود $۱۰^{۱۷}$ ثانیه) خواهد بود. برای سیستمی که تعداد اجزای آن برابر با تعداد اجزای یک سیستم ماکروسکوپی (مثلا مانند ابعاد یک انسان) باشد این عدد به رقم فوق‌العاده بزرگی از مرتبه $۱۰^{۱۰^{۲۴}}$ ثانیه می‌رسد [۶۲]. عدد بسیار بزرگی که اگر بخواهیم مثلا آن را ساده‌سازی کنیم باید گفت که می‌شود یک عدد ۱ و $۱۰^{۲۴}$ صفر در جلوی آن! برای سیستم‌های بزرگ‌تر چطور؟ سال‌ها پیش فیزیک‌دانی به نام *دان پیج*[1] دست به قلم شد و حساب و کتابی در این زمینه ارایه کرد که در جدول ۷ آورده شده‌اند [۹۵].

جدول ۷: مدت زمان لازم برای تکرار برخی از سیستم‌های بزرگ [۹۵]

نوع سیستم	**مدت زمان لازم برای تکرار** (واحد دلخواه)
سیاه‌چاله (جرم خورشید)	$۱۰^{۱۰^{۱۰^{۷۶}}}$
جهان قابل مشاهده	$۱۰^{۱۰^{۱۰^{۱۰^{۲}}}}$
کیهان (جهان قابل مشاهده+جهان غیرقابل مشاهده)	$۱۰^{۱۰^{۱۰^{۱۰^{۱۰}}}}$

همان‌طور که مشخص است واحدی برای ارقام مورد نظر ارایه نشده چون این اعداد به قدری بزرگ هستند که تفاوتی ندارد چه واحدی برای آن‌ها در بگیرید. فرقی نمی‌کند که این ارقام را با یوکتوثانیه ($۱۰^{-۲۴}$) یا با یوتاثانیه ($۱۰^{+۲۴}$) بیان کنید زیرا اثر چندانی روی نتیجه ندارد! البته باید توجه کرد که مبنای محاسبات ارایه شده برای تکرار رخدادهای یک سیستم بر این فرض استوار است که سیستم مورد نظر، متناهی و البته تک‌افتاده (به معنای فقدان تبادل ماده و انرژی با محیط) است. در نتیجه، وقتی می‌گوییم که ممکن است کل کیهان پس از زمان مشخصی مجددا تکرار شود به این معنی است که فرض شده اولا کیهان ابعاد مشخصی دارد و دوما همواره محتوای ماده و انرژی کل آن ثابت است. در محاسبه‌ای

[1] Don Page

avayebuf.com

که باز هم دان پیج آن را منتشر کرده است ابعاد کل کیهان رقمی بیش از $10^{10^{10^{10^2}}}$ تخمین زده شده است [۹۶]. به مانند ارقام اشاره شده در جدول ۷، در این مورد هم فرقی نمی‌کند چه واحدی انتخاب شود (نانومتر یا سال نوری)، رقم محاسبه شده به قدری بزرگ است که هر واحدی که برای آن در نظر بگیریم، در مقدار آن تفاوت زیادی ایجاد نمی‌شود.

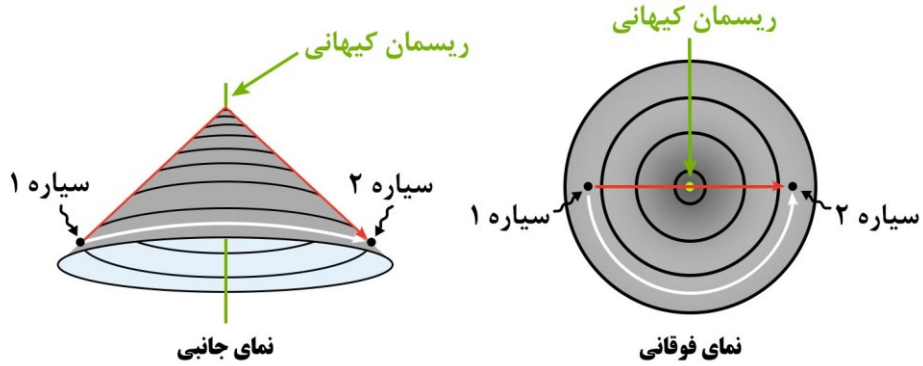
اگر بخواهیم بنیان و شالوده سفر به گذشته را با سه سوال بزرگ روبرو کنیم، آن‌ها عبارت خواهند بود از: ۱- مساله چیست؟، ۲- راه حل آن کدام است؟ و ۳- چطور باید این راه حل‌ها را عملی کرد؟ ما از زمان مطرح شدن نسبیت خاص و عام توسط اینشتین به شناخت و توصیفی قابل قبول در مورد ساختار کیهان رسیده‌ایم هرچند که این شناخت هنوز ناقص است و احتمالا هیچ‌گاه هم کامل نخواهد شد. با این‌حال، بر اساس همین شناخت فعلی می‌توان گفت که برای دو سوال اول پاسخ‌هایی داریم، پاسخ‌هایی که عملا ما را به سمت یافتن پاسخ‌های مرتبط با سوال سوم هدایت می‌کنند. ما می‌دانیم که سفر به گذشته نیاز به گذشتن از سرعت نور یا مثلا میان‌بر زدن در بافت فضازمان دارد. اگرچه به صورت متداول حرکت کردن با سرعت نور و بالاتر، توسط نسبیت خاص شدیدا مردود تلقی می‌شود اما راه‌های دیگری مانند میان‌بر زدن در بافت فضازمان یا جابه‌جا کردن فضازمان که هردو با نسبیت عام سازگاری دارند را می‌توان به‌عنوان راهکارهای جایگزین در نظر گرفت. راه‌هایی که اگرچه هنوز دانش فنی ما بسیار از آن‌ها فاصله دارند اما حداقل از لحاظ نظری و روی کاغذ شدنی به نظر می‌رسند. برای جلوگیری از طولانی شدن محتوا، در ادامه، تنها به بررسی سه مورد از شناخته شده آن‌ها خواهم پرداخت.

۱- ریسمان‌های کیهانی

یکی از پاسخ‌هایی که می‌توان آن را با نسبیت عام سازگار دانست و از آن به‌عنوان روشی برای سفر به گذشته یاد می‌شود، بر مبنای وجود ساختارهایی فرضی موسوم به ریسمان‌های کیهانی است. پاسخی که اولین بار در سال ۱۹۹۱ میلادی و توسط جان گوت مطرح شد [۹۷]. ریسمان‌هایی بی‌اندازه طولانی و بسیار فشرده که باقی‌مانده‌هایی از دوران اولیه شکل‌گیری کیهان به حساب می‌آیند. این ریسمان‌ها فاقد ابتدا و انتهای مشخصی هستند.

t.me/AVAYeBUF

به این معنی که یا از هر طرف تا بی‌نهایت کشیده شده‌اند یا این که همانند یک حلقه، هر دو انتها در نهایت به یک‌دیگر می‌رسند. اگر چنین ریسمان‌هایی واقعا وجود داشته باشند برای آن‌که بتوان با آن‌ها به گذشته سفر کرد باید ضخامتی در حدود یک فِمتومتر یا $۱۰^{-۱۵}$ متر (یعنی کمتر از هسته یک اتم!) داشته و هر سانتی‌متر از آن‌ها در حدود ۱۰ میلیون میلیارد تن وزن داشته باشد! ویژگی‌هایی که بیش‌تر به مانند تخیل می‌مانند تا واقعیتی که بتوان به آن رسید. اگرچه ریسمان‌های کیهانی بسیار عجیب و غریب و ناممکن به نظر می‌رسند اما حداقل نیازی به موادی با چگالی منفی یا حرکت با سرعتی بیش‌تر از سرعت نور ندارند (هرچند که سرعت حرکت این ریسمان‌ها دست کمی از سرعت نور ندارد). فارغ از میزان عجیب و غریب بودن ریسمان‌های کیهانی، بد نیست اشاره‌ای مختصر به عملی شدن سفر به گذشته با کمک این رشته‌های فرضی داشته باشیم.

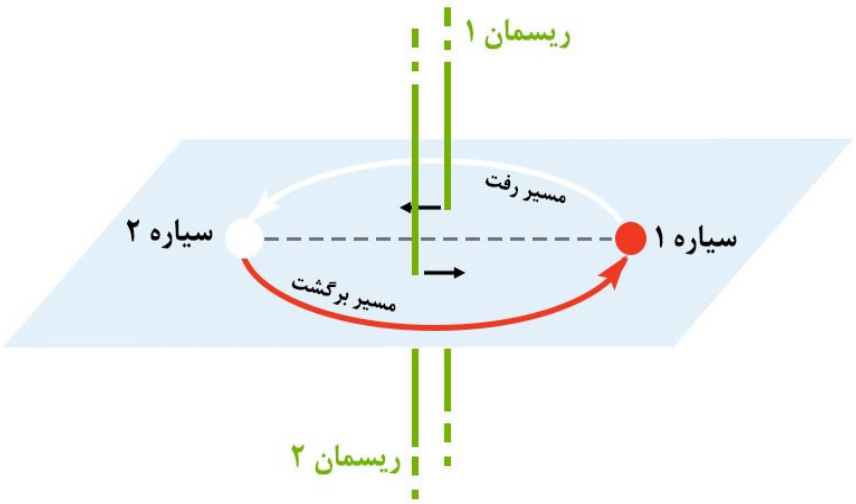


تصویر ۵۱: فضازمان مخروطی. بافت فضازمان در اطراف یک ریسمان کیهانی، به چیزی شبیه یک مخروط تبدیل می‌شود. در این شرایط، چرخش به دور مخروط (مسیر سفید)، مسیری کوتاه‌تر از حرکت مستقیم (مسیر قرمز) است.

مطابق این راه حل، جرم بسیار زیاد هر یک از این ریسمان‌ها سبب می‌شود که ساختار فضازمان در اطراف هر ریسمان حالتی مخروطی به خود بگیرد. آن‌هم به‌صورتی اگر یک فرد به جای حرکت مستقیم از روی مخروط، به دور آن بچرخد، چنین مسیری می‌تواند به قدری کوتاه باشد که وقتی به مقصد خود می‌رسد و از آن‌جا به مبدا خود نگاه می‌کند، خودش را ببیند که هنوز سفرش را شروع نکرده است.

avayebuf.com

برای این که بتوان با کمک رشته‌های کیهانی به گذشته سفر کرد باید شرایطی مهیا شود که دو رشته از این ریسمان‌ها به‌صورتی موازی، با سرعتی در حدود ۰/۹۹۹۹۹۹۹۹۹۶ سرعت نور و در خلاف جهت یک‌دیگر حرکت کنند. اگر توانستید چنین سرعت وحشتناکی را فراهم کنید می‌توانم به شما مژده دهم که حداقل نگران جذب شدن این دو رشته به سمت یک‌دیگر نباشید زیرا اگرچه جرم این رشته‌ها بسیار زیاد است اما یکی دیگر از ویژگی‌های عجیب و غریب این ریسمان‌ها عدم جذب شدن آن‌ها به سمت یک‌دیگر است. همان‌طور که یک ریسمان می‌تواند با ایجاد یک میان‌بر کوتاه ما را حتی از نور خودمان جلو بیاندازد، ریسمان دوم به‌صورت وارونه می‌تواند ما را به همان‌جایی که ابتدا سفرمان را شروع کرده‌ایم برگرداند. در نتیجه، شما می‌توانید با دنبال کردن یک منحنی زمان‌واره بسته به گذشته‌ای برگردید که حتی نور آن فرصت رسیدن به شما را نداشته است.



تصویر ۵۲: برای ایجاد یک منحنی زمان‌واره بسته، دو ریسمان کیهان موازی باید به نحوی قرار بگیرند که هر یک به سمت مخالف یک‌دیگر در حال حرکت باشند.

علاوه بر ریسمان‌های کیهانی، می‌توان به راه حل مشابه دیگری هم اشاره کرد که هم با معادلات نسبیت عام در تطابق است و هم ما را به منحنی زمان‌واره بسته می‌رساند. این راه که عموما از آن با عنوان *استوانه تیپلر*[1] یاد می‌شود، در سال ۱۹۷۴ میلادی توسط *فرانک*

[1] Tipler Cylinder

t.me/AVAYeBUF

تیپلر[۱] مطرح شده است [۹۸]. مطابق محاسبات اخترفیزیک‌دانی به نام *جان گریبین*[۲]، برای ایجاد یک منحنی زمان‌واره بسته تحت این شرایط شما باید جرمی حداقل به اندازه جرم خورشید را به شکل یک استوانه به طول ۱۰۰ کیلومتر و شعاع ۱۰ کیلومتر تبدیل کنید و سپس کاری کنید که این استوانه با سرعتی تقریبا معادل ۳۰۰۰ دور بر دقیقه به دور خود بچرخد. در این شرایط، سرعت لبه استوانه به بیش از ۵۰ درصد سرعت نور می‌رسد [۹۹]. در ادامه نیز کافی است بدون این که با این استوانه برخورد کنید به شکلی مارپیچی به دور آن گردش کنید. راه حلی که هم‌چنان عجیب و غریب است اما حداقل شرایط توصیف شده در آن، دست‌یافتنی‌تر از شرایط توصیف شده برای ریسمان‌های کیهانی است.

۲- کرم‌چاله

کرم‌چاله‌ها یکی دیگر از میان‌برهای فرضی ممکن در ساختار فضازمان هستند که مطابق نسبیت عام می‌توان به آن‌ها متوسل شد تا به جای پیمودن یک مسیر طولانی در فضازمان، مسیری بسیار کوتاه‌تر را پیمود. مثلا تصور کنید با یک کرم‌چاله ممکن است بتوان فاصله زمین تا جایی به مانند کهکشان آندرومدا که برابر با ۲/۵ میلیون سال نوری است را تنها در میان‌بری چند متری طی کرد! برخلاف سیاه‌چاله‌ها که تکینگی مرکزی آن‌ها در مدل *ایستا*[۳] به‌صورت یک نقطه فوق‌العاده فشرده و در حالت *چرخان*[۴] به‌صورت یک حلقه فوق‌العاده نازک در نظر گرفته می‌شوند، یک کرم‌چاله شبیه یک کره آینه‌ای در نظر گرفته می‌شود. کره‌ای که نور تمام محیط پیرامون خودش را منعکس می‌کند.

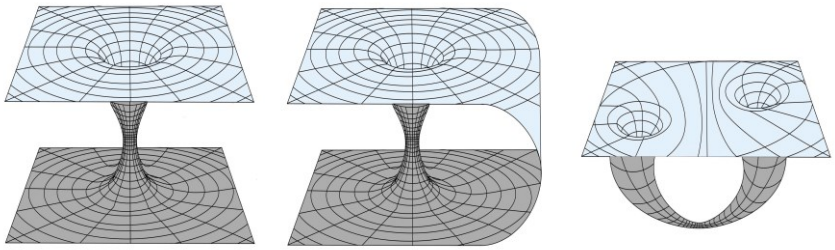
ایده وجود کرم‌چاله‌ها از زمان خود اینشتین مطرح بوده است اما تا سال ۱۹۸۸ میلادی و کارهای فردی مانند کیپ تورن، هنوز راهی برای تولید یک منحنی زمان‌واره بسته با کمک آن پیدا نشده بود. در واقع اگر کارل ساگان به خاطر تکمیل رمان معروفش یعنی *تماس*[۵]

---

[1] Frank Tipler
[2] John Gribbin
[3] Stationary Black Hole
[4] Rotating Black Hole
[5] Contact (1985)

avayebuf.com

که بعدا فیلمی با همین نام از روی آن ساخته شد، از کیپ تورن در مورد روشی علمی برای سفر در زمان سوال نکرده بود شاید چنین راه حلی به این زودی‌ها پیدا نمی‌شد.



تصویر ۵۳: برخی از شکل‌های پیشنهادی برای یک کرم‌چاله که می‌تواند همانند یک میان‌بر، دو نقطه کاملا متفاوت از ساختار فضازمان را به یک‌دیگر متصل کنند.

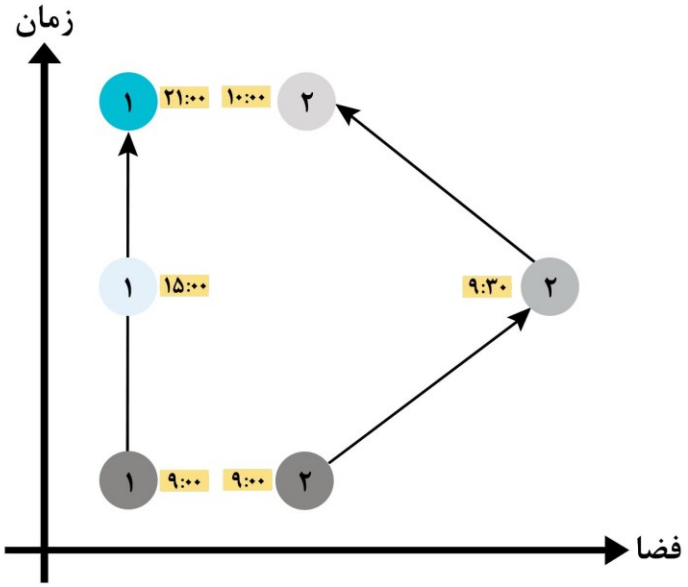
کرم‌چاله‌ها می‌توانند به ما کمک کنند که نه تنها به میان‌بری در فضا بلکه به میان‌بری در زمان یا در مجموع میان‌بری در فضازمان دست یابیم. با این‌حال، شرط بزرگ ممکن بودن سفر در زمان با کمک یک کرم‌چاله این است که دو دهانه آن از لحاظ زمانی اختلاف قابل توجهی با هم داشته باشند. در نتیجه، یا باید به دنبال کرم‌چاله‌ای گشت که دهانه‌های آن از نظر زمانی اختلاف قابل توجهی دارند یا اگر کرم‌چاله اصطلاحا «به‌درد نخوری» یافته‌ایم، یکی از دهانه‌های آن را برای مدتی به سرعتی نزدیک به سرعت نور رسانده و مجددا آن را به همان محل قبلی بازگردانیم تا در یک محل، دو دهانه با اختلاف زمانی قابل توجه داشته باشیم (تصویر ۵۴). با کمک این روش شما نهایتا در پیش روی خودتان یک درگاه خواهید داشت که یک‌سویش از نظر زمانی جوان‌تر و طرف دیگرش از نظر زمانی پیرتر است. میزان این تفاوت هم به اختلاف سرعتی بستگی دارد که شما میان دو دهانه ایجاد کرده‌اید. در نتیجه، ساکنین سمت دهانه جوان‌تر می‌توانند به آینده و ساکنین دهانه پیرتر می‌توانند به گذشته سفر کنند.

برای درک بهتر عواقب عجیب و غریب چنین راهکاری، بهتر است به مثالی بپردازیم که کیپ تورن، فیزیک‌دان برنده جایزه نوبل و مشاور علمی فیلم *بین‌ستاره‌ای*[1] به آن اشاره

[1] Interstellar (2014)

t.me/AVAYeBUF

کرده است [۱۰۰]. تصور کنید یک کرم‌چاله داریم که یکی از دهانه‌های آن در منزل شما قرار دارد و دهانه دیگرش در سفینه‌ای است که همسرتان می‌خواهد با کمک آن به سفری چندین ساعته به فضاهای دوردست رفته و مجددا به نزد شما برگردد (تصویر ۵۵).

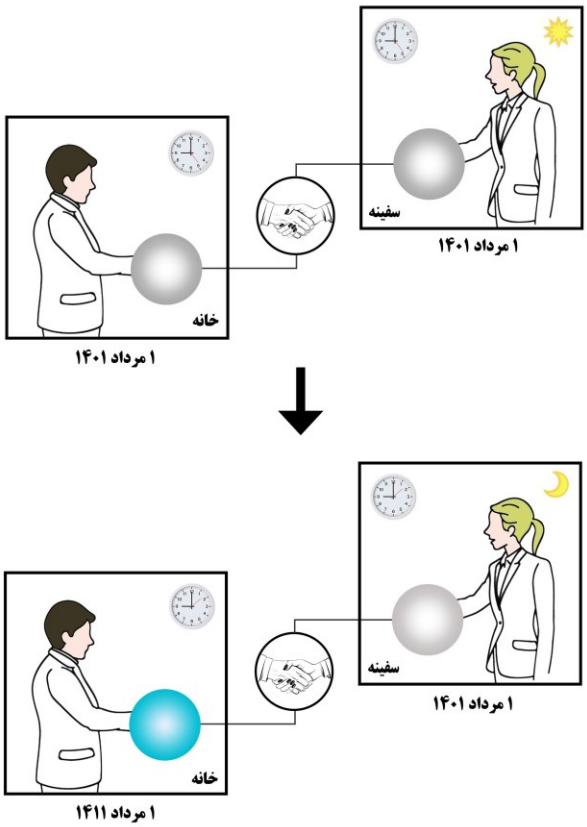


تصویر ۵۴: دو دهانه یک کرم‌چاله می‌توانند به قدری از نظر زمانی نسبت به یک‌دیگر متفاوت شوند که عملا یکی در گذشته و دیگری در آینده باشد. برای این منظور کافی است که یکی از آن‌ها را برای مدتی با سرعت نزدیک به نور جابه‌جا کرده و سپس به محل قبلی خود باز گرداند.

فرض کنید از آن‌جا که دوری یک‌دیگر برایتان فوق‌العاده دشوار است، شما با یک‌دیگر قرار گذاشته‌اید که در تمام مدت سفر از طریق این دو دهانه، دستان یک‌دیگر را بگیرید. شرط عجیبی است اما بیایید فرض کنیم که دو طرف به انجام چنین کاری رضایت بدهند. همسر شما ساعت نه صبح به این سفر می‌رود و در تمام مدت سفر، شما نه تنها دستان او را از طریق دهانه کرم‌چاله نگه‌داشته‌اید بلکه حتی می‌توانید با نگاه کردن به درون دهانه کرم‌چاله‌ای که در جلویتان قرار دارد صورت و شرایط فیزیکی همسرتان را هم ملاحظه کنید. شما به همین طریق و با مشاهده ساعت همسرتان متوجه می‌شوید که او به مدت شش ساعت با سرعتی نزدیک به سرعت نور از زمین دور شده و سپس با همان سرعت و

avayebuf.com

سپری شدن زمان مشابهی به سمت زمین بازمی‌گردد. خلاصه این که شما با نگاه کردن به دهانه کرم‌چاله می‌بینید که همسرتان بعد از سپری شدن ۱۲ ساعت به روی زمین فرود آمده است. نکته غریب ماجرا دقیقا همین‌جاست که اگرچه شما می‌بینید که همسرتان در سمت دیگر کرم‌چاله بر روی زمین فرود آمده و داخل منزل شماست اما وقتی سرتان را از درون دهانه کرم‌چاله بیرون آورده و به اطراف نگاه می‌کنید کسی را نمی‌بینید. پس همسر شما کجاست؟



تصویر ۵۵: دست دادن از درون کرم‌چاله. همسر شما سوار بر سفینه‌ای شده و در حالی که هر دوی شما دستان یک‌دیگر را از طریق یک کرم‌چاله نگه‌داشته‌اید، به یک مسافرت فضایی با سرعتی نزدیک به سرعت نور می‌رود. سفری که برای او در مجموع ۱۲ ساعت طول می‌کشد اما این مسافرت کوتاه چندساعته برای شما حدود ۱۰ سالی آب می‌خورد.

اگر برای لحظه‌ای دهانه کرم‌چاله پیش رویتان و محتوای آن را رها کنید و با کمک تلسکوپی

t.me/AVAYeBUF

قوی به مسیری که همسرتان رفته نگاه کنید متوجه می‌شوید که او هم‌چنان در حال دور شدن از زمین است. آن‌هم به شکلی که حتی هنوز به محل دور زدن و برگشت به سمت زمین نرسیده است. به زبان دیگر، شما از طریق دهانه کرم‌چاله‌ای که پیش رویتان قرار دارد می‌توانید آینده‌ای را ببینید که هنوز در محیط پیرامون شما رخ نداده است! شما می‌توانید تا رسیدن همسرتان به منزل، هم‌چنان دستان این نسخه آینده از او را که در طرف دیگر کرم‌چاله و در جایی مانند منزل شما قرار دارد نگه‌دارید. با این‌حال، برای این که همسرتان واقعا به نزد شما بیاید و او را در کنار خود و نه آن سوی دهانه کرم‌چاله ببینید، باید حدود ۱۰ سالی صبر کنید که علت آن هم واضح است. برخلاف شما که در قابی ثابت فرض می‌شوید، همسرتان با سرعت بالایی در حال حرکت است و این موضوع سبب می‌شود که او گذر زمان بسیار کم‌تری را تجربه کند. در نتیجه، هر گاه که هر یک از طرفین به درون کرم‌چاله نگاه کند گذر زمان را به‌صورت عادی مشاهده می‌کند اما آن‌چه در بیرون کرم‌چاله رخ می‌دهد داستان کاملا متفاوتی است که اثر اتساع زمان بر آن کاملا قابل ملاحظه است.

پس از پایان ۱۰ سال و وقتی همسرتان مجددا به زمین بازگردد متوجه می‌شوید که این مدت همانند آن‌چه از طریق دهانه کرم‌چاله دیده‌اید تنها برای او به اندازه ۱۲ ساعت گذشته است. این داستان دشوار و پریشان‌کننده هنوز تمام نشده است. تصور کنید وقتی پس از ۱۰ سال، فرود سفینه همسرتان را بر روی زمین ملاحظه کردید، فورا به استقبال او رفته و قبل از این که او اصلا از سفینه خارج شود شما به داخل سفینه بروید تا او را در آغوش بگیرید. چه می‌بینید؟ وقتی وارد سفینه همسرتان بشوید، متوجه می‌شوید که همسرتان در حالی روی صندلی خودش نشسته که یکی از دستانش درون دهانه یک کرم‌چاله است. کمی جلوتر که بروید، متوجه می‌شوید که همسر شما دست فردی را در آن سوی کرم‌چاله گرفته که در واقع خود شما است! البته نه نسخه فعلی بلکه نسخه‌ای از شما که ۱۰ سال جوان‌تر است و کل ماجرای مسافرت ۱۰ ساله، برای او تنها ۱۲ ساعت طول کشیده است. به عبارت دیگر، همان‌طور که وقتی شما در خانه بودید و از طریق مشاهده همسرتان از طریق کرم‌چاله، به این نتیجه رسیدید که مسافرت او تنها ۱۲ ساعت طول کشیده، برای

avayebuf.com

همسر شما که در این طرف کرم‌چاله قرار داشته و از طریق همان کرم‌چاله به شما و ساعت دیواری بالای سرتان نگاه می‌کرده هم این مسافرت تنها ۱۲ ساعت طول کشیده است. در ادامه، اگر شما وارد دهانه مورد نظر بشوید و به سمت نسخه قدیمی خودتان بروید عملا به ۱۰ سال قبل می‌روید و می‌توانید در کنار نسخه جوان‌تر خود قرار بگیرید و اگر او چنین کند عملا او به ۱۰ سال بعد آمده و می‌تواند نسخه پیرتر خود را از نزدیک ملاقات کند!

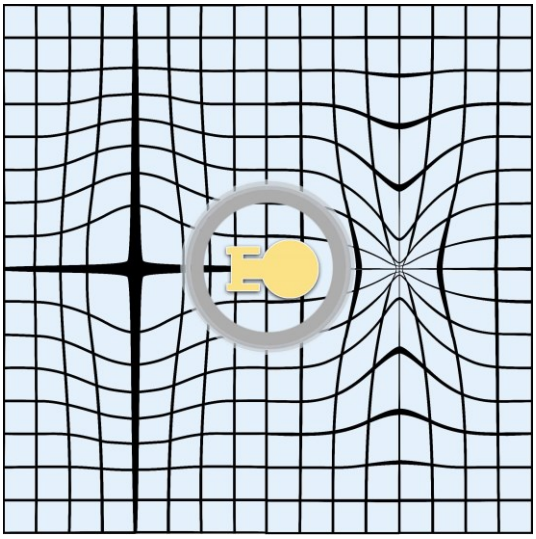
در مورد ساختاری به نام کرم‌چاله باید به دو نکته مهم توجه کرد. اول این که شما نمی‌توانید به زمانی قبل از ساخته شدن کرم‌چاله بروید و نهایتا خواهید توانست میان بازه‌های زمانی پس از ساخته شدن آن جابه‌جا شوید. دومین مورد هم این است که تا کنون هیچ کرم‌چاله‌ای مشاهده نشده است و اگر بخواهیم خودمان برای ساختن آن دست به کار شویم باید به موادی بیگانه روی بیاوریم. موادی با انرژی منفی که هنوز اثری از آن‌ها در دنیایی که می‌شناسیم دیده نشده است.

۳- وارپ درایو

اگر از علاقه‌مندان به سینما باشید و مجموعه *پیشتازان فضا*[1] را بشناسید حتما با واژه وارپ یا *وارپ درایو*[2] که در فارسی آن را بعضا با نام تاب‌پیمایی ترجمه کرده‌اند آشنا هستید. یک فناوری فوق پیشرفته که برای شما امکان سفر در سرعت‌های فراتر از نور را فراهم می‌کند. فراتر از نور!؟ مگر چنین چیزی توسط نسبیت خاص رد نمی‌شود؟ درست است که افزایش سرعت یک جسم از حالت سکون به سرعت نور و فراتر از آن در نسبیت خاص مردود است اما برای پیمودن یک مسیر با سرعتی برابر و حتی فراتر از نور، حرکت دادن خودتان یکی از راه‌های ممکن است. راه دیگر آن است که به جای این که خودتان را تکان دهید، فضازمان را به زیر خود بکشید. در چنین حالتی، وقتی یک فضاپیما قصد وارپ کردن داشته باشد، حبابی به دور آن تشکیل می‌شود و بافت فضازمان در جلوی این حباب منقبض و در پشت آن منبسط می‌شود (تصویر ۵۶).

[1] Star Treck
[2] Warp Drive

t.me/AVAYeBUF



تصویر ۵۶: انقباض بافت فضا زمان در جلو و انبساط آن در پشت حباب وارپ

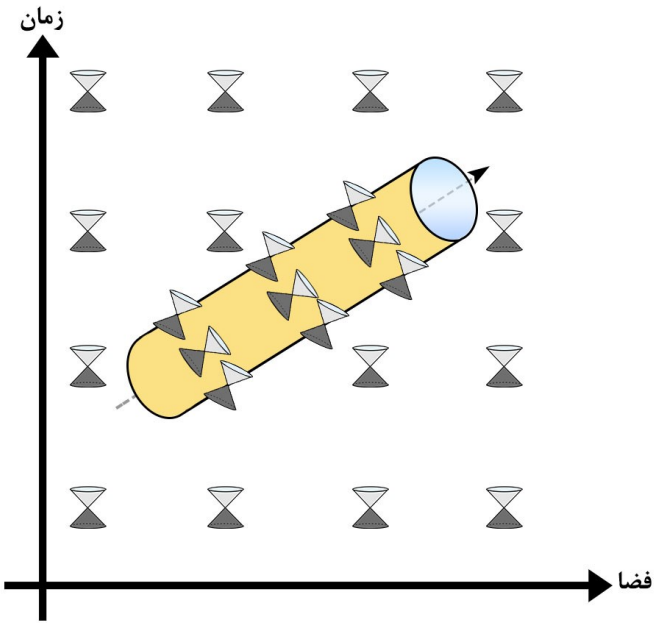
این شرایط را می‌توان تقریبا شبیه وضعیتی توصیف کرد که یک فرد به جای راه رفتن روی فرش، با انگشتان پاهایش، فرش را به زیر خودش بکشد و سپس با پشت پا آن را به عقب هل دهد. حالتی که در آن، دیگر با محدودیت رسیدن به سرعت نور روبرو نیستیم زیرا حرکتی از طرف جسم انجام نشده است و این فضازمان است که به ما نزدیک و سپس از ما دور می‌شود. از نظر ناظری که بیرون از حباب قرار دارد، حباب وارپ حاوی فضاپیما با چندین برابر سرعت نور به جلو می‌رود اما برای فضای درون حباب و جایی مانند فضاپیمای مورد نظر، هم‌چنان سقفی به نام سرعت نور وجود دارد. به‌طوری که مسافران این فضاپیما که در داخل حباب قرار دارند، قادر به رسیدن به آن نیستند.

ایده حرکت با سرعت چندین برابر سرعت نور، از لحاظ داستانی حداقل از دهه ۵۰ میلادی مطرح بوده است اما این ایده زمانی بر روی کاغذ عملی به نظر رسید که *میگوئل آلکوبیر*[1] در زمان تحصیل دوره دکتری در سال ۱۹۹۴ میلادی، موفق به یافتن پاسخی برای معادلات میدان در نسبیت عام اینشتین شد که امکان حرکت سریع‌تر از نور را فراهم کرد [۱۰۱]. راه حلی که امروزه از آن با عنوان *آلکوبیر درایو*[2] یا پیش‌رانه آلکوبیر یاد می‌شود. همان‌طور

[1] Miguel Alcubierre
[2] Alcubierre Drive

avayebuf.com

که قبلا به آن اشاره شد وقتی بتوانید از محدودیت سرعت نور عبور کنید عملا می‌توانید از مخروط زمانی خود خارج شده و با حرکت در یک منحنی زمان‌واره بسته به گذشته برگردید. البته مجددا باید تذکر دهم که شما در داخل حباب وارپ هم‌چنان خودتان را محدود به سرعت نور می‌بینید و خط زمانی شما ظاهرا مستقیم است اما از دید یک ناظر بیرونی، خط زمانی پیموده شده توسط شما خمیده و دارای زاویه‌ای بیش از ۴۵ درجه است. در نتیجه، از نظر ناظر بیرونی شما در حال خروج از مخروط زمانی خودتان هستید هرچند که از نظر خودتان شما تنها در حال پیمودن خط زمانی متداول (مخروط نوری گذشته در پشت و مخروط نوری آینده در جلو) هستید (تصویر ۵۷). البته که فناوری وارپ هم مانند یک کرم‌چاله مشکلات خاص خودش را مانند نیاز به جرم/انرژی منفی دارد و در حال حاضر صرفا راهکاری فرضی محسوب می‌شود. با این‌حال، هر روزی که می‌گذرد یافته‌های بیش‌تری در امکان‌پذیری چنین روشی ارایه می‌شود [۱۰۲, ۱۰۳].



تصویر ۵۷: از دید ناظر ساکن بیرونی، مسیر حرکت حباب وارپ مشابه با نوعی منحنی زمان‌واره بسته و در حال خروج از مخروط نوری محلی است [۱۰۴].

پیش از این که به سراغ بخش بعدی یعنی دشمنان قسم خورده سفر در زمان برویم بد

t.me/AVAYeBUF

نیست به یک پدیده مرتبط با بحث سفر در زمان اما بسیار عجیب و غریب اشاره کنم. پدیده‌ای که برای فهم آن ابتدا باید با پارادوکس عجیبی به نام *پارادوکس ای‌پی‌آر*[1] یا همان پارادوکس اینشتین-پودولسکی-روزن آشنا شویم. پارادوکسی که مبنایش درهم‌تنیدگی کوانتومی و یکی از آزمایش‌های فکری بوده است که اینشتین برای رد صحت مکانیک کوانتومی مطرح کرد [۱۰۵].

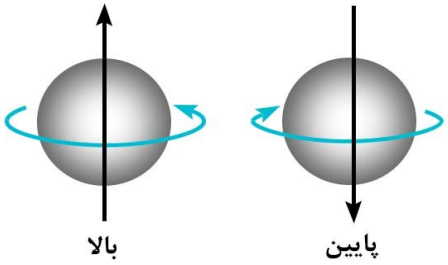
پارادوکس ای‌پی‌آر چه می‌گوید؟ تصور کنید یک جفت جوراب دارید که یک لنگه آن سیاه و لنگه دیگر سفید است. جوراب‌ها را با چشمان بسته و بدون آگاهی از رنگ هر لنگه، کمی با هم جابه‌جا کرده و سپس بدون باز کردن چشمانتان، هر لنگه را در یک جعبه بگذارید. حالا جعبه شماره ۱ را در تهران نگه‌داشته و جعبه شماره ۲ را مثلا به نیویورک ارسال کنید. وقتی از رسیدن جعبه شماره ۲ به نیویورک مطمئن شدید، حالا وقت باز کردن جعبه‌ای است که در پیش روی شماست. وقتی در آن باز کنید طبیعتا با یکی از جوراب‌ها، مثلا لنگه سیاه روبرو خواهید شد و در نتیجه فورا متوجه می‌شوید که لنگه سفید را به نیویورک فرستاده‌اید. تا این‌جای کار، با موضوع خاصی روبرو نیستیم و نتیجه‌گیری کاملا بدیهی بوده است زیرا اگرچه ما تا پیش از باز شدن جعبه، رنگ لنگه جوراب داخل آن را نمی‌دانستیم اما رنگ هر لنگه جوراب دقیقا از وقتی که درون جعبه‌ها گذاشته شدند کاملا مشخص بوده و فقط ما از آن‌ها ناآگاه بودیم.

حالا فرض کنید به جای دو لنگه جوراب سیاه و سفید، همین آزمایش را با دو ذره زیراتمی درهم‌تنیده انجام دهیم. در این‌جا، منظور از درهم‌تنیده یعنی این که دو ذره مورد نظر در یک خصوصیت مشخص، مکمل یک‌دیگر بوده و مقدار آن خصوصیت تنها پس از اندازه‌گیری مشخص شود. یعنی تا پیش از اندازه‌گیری هر ذره، خصوصیت مورد نظر در حالتی نامعلوم یا اصطلاحا بینابینی قرار داشته باشد. برای انجام این آزمایش جدید، به‌عنوان مثال می‌توان به اندازه‌گیری اسپین دو الکترون درهم‌تنیده پرداخت. در تعریفی نه چندان دقیق و صرفا برای ساده‌سازی ماجرا، می‌توان اسپین را نوعی چرخش یک ذره حول محور خودش تلقی

[1] EPR Paradox

avayebuf.com

کرد که بسته به جهت چرخش می‌تواند دو حالت بالا یا پایین داشته باشد (تصویر ۵۸).



تصویر ۵۸: اسپین یک الکترون می‌تواند به دو صورت بالا و پایین باشد.

تفاوت بزرگ درهم‌تنیدگی کوانتومی دو ذره مثل الکترون با دو لنگه جوراب در این است که در مورد جوراب‌ها، چه ما اقدام به مشاهده آن‌ها کرده باشیم و چه آن‌ها را در جعبه نگه‌داشته باشیم، همواره رنگ جوراب‌ها مشخص بوده است. با این‌حال، برای دو ذره درهم‌تنیده مانند الکترون تا زمانی که اندازه‌گیری انجام نشود مشخص نیست که اسپین هرکدام برابر با چه مقدار است. به زبان دیگر، مقدار اسپین هر الکترون که یکی از آن‌ها نزد شما در تهران و دیگری در نیویورک است می‌تواند برابر با هر یک از دو حالت اشاره شده (بالا یا پایین) باشد و این عدم قطعیت تا زمانی که اندازه‌گیری انجام نشود به قطعیت تبدیل نمی‌شود. به محض اندازه‌گیری اسپین یک ذره، مثلا اسپین ذره‌ای که در نزد خود نگه‌داشته‌ایم، انگار دستی از غیب به الکترون واقع در نیویورک خبر می‌دهد تا وقتی که دوستمان آن را اندازه‌گیری می‌کند، اسپینی مکمل با الکترون واقع در تهران داشته باشد. اصلا هم فرقی نمی‌کند که الکترون مسافر شما به کجا فرستاده شده باشد، نیویورک یا لبه جهان قابل مشاهده، این ارتباط آنی همیشه بین آن‌ها رخ می‌دهد. در نتیجه، به نظر می‌رسد که این ارتباط آنی عملا با آن‌چه که ما از نسبیت خاص سراغ داریم در تضادی ظاهری قرار دارد زیرا اطلاعات نباید بتواند سریع‌تر از سرعت نور حرکت کند و همین باعث می‌شود که اینشتین ناراضی از کوانتوم آن را *ارتباط شبح‌وار از راه دور*[1] بنامد.

با این توضیحات وقت آن است که به سراغ پدیده حتی عجیب‌تری برویم. شاید بتوان گفت که فهم و درک درهم‌تنیدگی کوانتومی واقعا بغرنج است اما درهم‌تنیدگی کوانتومی از نوع

[1] Spooky Action at a Distance

t.me/AVAYeBUF

زمانی می‌تواند از آن‌هم بغرنج‌تر باشد. حتی نمی‌توان تصور کرد که واکنش اینشتین در برخورد با این پدیده بسیار عجیب و غریب‌تر از پارادوکس ای‌پی‌آر چه می‌توانست باشد.

پارادوکس ای‌پی‌آر که در مورد دو ذره درهم‌تنیده دیده می‌شود به ما نشان می‌دهد که ارتباط آنی دو ذره از فراسوی میلیاردها کیلومتر ممکن است اما آیا ممکن است ارتباط مشابهی میان دو ذره که از یک‌دیگر میلیاردها سال فاصله زمانی دارند هم ممکن باشد؟ این سوالی است که از سال ۲۰۱۳ میلادی برای آن پاسخی داریم [۱۰۶]. پاسخی دیوانه‌وار که می‌گوید عجیب‌تر از ارتباط آنی در مسافتی چند میلیارد کیلومتری هم ممکن است.

برای درک این پدیده بیایید تصور کنیم که قصد داریم چهار عدد فوتون تولید کنیم که به‌صورت جفتی با یک‌دیگر در خصوصیتی مشترک مانند قطبش‌پذیری (که خصلتی موید جهت نوسان فوتون است و می‌تواند مثلا چپ‌گرد یا راست‌گرد باشد) درهم‌تنیده شده‌اند (فوتون ۱ با ۲ و فوتون ۳ با ۴). در مرحله اول، جفت فوتون درهم‌تنیده اول (فوتون ۱ و ۲) را ایجاد کرده و سپس قطبش فوتون ۱ را اندازه می‌گیریم. فرض کنید اندازه‌گیری مشخص می‌کند که قبطش فوتون ۱، راست‌گرد است. اندازه‌گیری به معنی خنثی شدن و پایان زندگی فوتون است زیرا عمر یک فوتون برابر با مدتی است که پس از تولید شدن می‌تواند بدون این که جذب شود، وجود داشته باشد. اندازه‌گیری فوتون یعنی برهم‌کنش با آن و این برهم‌کنش به معنای جذب کردن فوتون و در نتیجه نابود شدنش است. در ادامه، اجازه می‌دهیم که فوتون ۲ وارد مسیری شود تا بعدا به اندازه‌گیری آن بپردازیم. در این‌جا توجه به یک نکته ضروری است. با توجه به این که دو فوتون ۱ و ۲ درهم‌تنیده هستند، در نتیجه همین که ما قطبش فوتون ۱ را اندازه گرفته‌ایم عملا به این معناست که قطبش فوتون ۲ را هم می‌دانیم (قطبشی چپ‌گرد)، هرچند که هنوز به‌صورت عملی آن را اندازه نگرفته‌ایم.

در مرحله دوم، دومین جفت فوتون درهم‌تنیده (فوتون‌های ۳ و ۴) را تولید می‌کنیم و سپس مسیر حرکت فوتون ۳ را به سمت محلی که فوتون ۲ را به آن‌جا فرستاده‌ایم منحرف می‌کنیم تا این دو با هم برهم‌کنش داشته باشند و بتوانیم آن‌ها را با یک‌دیگر درهم‌تنیده کنیم. باز هم باید تذکر دهم که ما از قبل و به خاطر اندازه‌گیری قطبش فوتون ۱، حتی

avayebuf.com

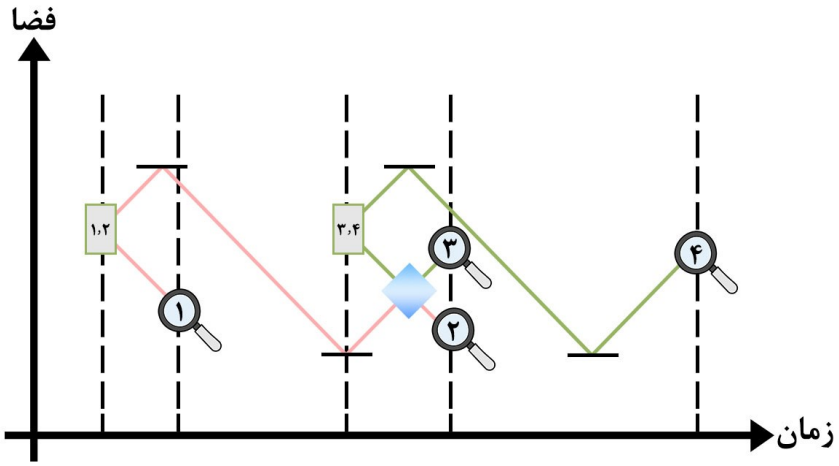
بدون اندازه‌گیری، از وضعیت قطبش فوتون ۲ آگاهیم. پس از ایجاد درهم‌تنیدگی میان دو فوتون ۲ و ۳، فوتون ۳ قطبشی مکمل با قطبش فوتون ۲ اتخاذ می‌کند (قطبش راست‌گرد). پس از وقوع این درهم‌تنیدگی، وقت اندازه‌گیری قطبش دو فوتون ۲ و ۳ برای تایید مقادیر پیش‌بینی شده برای قطبیت آن‌ها است. با اندازه‌گیری مشخص می‌شود که مقادیر قبطش دو فوتون دقیقا با همان پیش‌بینی ما تطابق دارد (فوتون ۲: قطبش چپ‌گرد و فوتون ۳: قطبش راست‌گرد).

تا این‌جا همه‌چیز مطابق انتظار است و وقت رفتن به سراغ فوتون ۴ است تا قطبش آن را تعیین کنیم. البته ما بدون انجام اندازه‌گیری هم مقدار قطبش آن را می‌دانیم زیرا فوتون ۳ و ۴ در زمانی که تولید شدند با یک‌دیگر درهم‌تنیده بودند. در نتیجه، می‌توان انتظار داشت که این رابطه هنوز هم وجود داشته باشد. به زبان دیگر، حالا که راست‌گرد بودن قطبش فوتون ۳ برملا شده است، باید گفت که قطبش فوتون ۴ هم باید به‌صورت چپ‌گرد باشد. موضوعی که پس از اندازه‌گیری قطبش فوتون ۴ تایید می‌شود. به زبان دیگر، ما حالا می‌دانیم که قطبش فوتون ۴ مکمل قطبش فوتون شماره ۱ است که مدت‌ها پیش از بین رفته است و نکته عجیب و غریب ماجرا دقیقا همین‌جاست. زمانی که ما قطبش فوتون ۱ را اندازه گرفتیم، هنوز فوتون شماره ۴ ساخته نشده بود که بخواهد با فوتون ۱ درهم‌تنیده باشه. به زبان دیگر، اندازه‌گیری قطبش فوتون ۱، موجب تعیین قطبش فوتون ۲ شده و درهم‌تنیدگی فوتون ۲ با فوتون ۳ هم موجب تعیین قطبش فوتون ۳ شد. در نهایت هم چون فوتون ۳ با فوتون ۴ درهم‌تنیده بود، تعیین قطبش فوتون ۳، سبب شد که قطبش فوتون ۴ هم تعیین شود. در نتیجه، می‌توان گفت که اندازه‌گیری و تعیین قطبش فوتون ۱ در همان آغاز کار، عملا موجب تعیین قطبش فوتون ۴ شد که حتی هنوز ساخته نشده بود. دو فوتونی که هیچ‌گاه نه یک‌دیگر را ملاقات کردند و نه حتی با یک‌دیگر در یک دوره زمانی زیسته‌اند (تصویر ۵۹).

یکی از تفسیرهای این نتایج می‌تواند به این صورت بیان شود که مثلا فوتون نوری که چندین میلیارد سال پیش وجود داشته، اکنون در حال اثرگذاری روی فوتون نوری است که وارد چشمان شما می‌شود. در تفسیری وارونه و بسیار عجیب‌تر، می‌توان گفت که شما

t.me/AVAYeBUF

با مشاهده یک فوتون در حال حاضر، عملا در حال تعیین وضعیت فوتونی هستید که حدود ۱۳٫۸ میلیارد سال پیش تشکیل شده است!



تصویر ۵۹: درهم‌تنیدگی زمانی چهار فوتون

دشمنان قسم خورده

از زمانی که موضوع سفر در زمان مخصوصا سفر به گذشته به بحثی رایج برای تفکر و گفتگو تبدیل شده، همواره تناقضات و پیامدهای ناشی از چنین سفری محل بحث بوده است. فرض کنید شما ماشین زمانی ساخته‌اید که می‌توانید سوار آن شده و به تاریخی مشخص در گذشته بروید. ماشینی که شما را همانند یک فیلم که رو به عقب پخش می‌شود، به گذشته می‌برد. به محض زدن دکمه شروع، شما و ماشین زمان، شروع به حرکت در زمان به سمت گذشته می‌کنید اما چنین چیزی با یک تناقض ظاهری مشخصی روبرو است. ماشین زمانی که شما سوار آن هستید پس از این که کمی در زمان به عقب حرکت کرد عملا با نسخه قدیمی‌تر خودش که پیش از سوار شدن شما در همان محل فعلی وجود داشته و هنوز خالی است، در یک مکان قرار می‌گیرند. شما در حال حرکت به گذشته هستید و آن ماشین زمان خالی هم در حال حرکت به سمت آینده است. این مساله که با عنوان *مساله اشغال مضاعف*[1] شناخته می‌شود عملا می‌گوید که در سفر پیوسته به گذشته،

[1] Double-Occupancy Problem

avayebuf.com

دو جسم در یک زمان مشخص در یک مکان مشخص قرار می‌گیرند که چنین چیزی ممکن نیست. معضلی که احتمالا در زمان دیدن فیلم *انگاشته*[1] هم به آن فکر کرده‌اید.

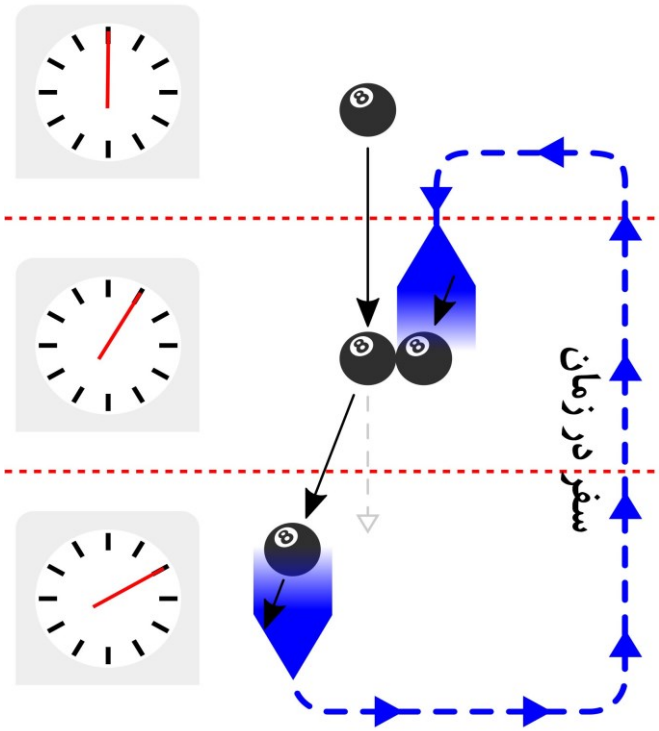
اگر یافتن روشی برای سفر به گذشته را یک روی سکه بدانیم، عواقب چنین سفری را می‌توان روی دیگر این سکه نامید. عواقبی که ممکن است حتی یقه خود شما را هم بگیرند. مثلا فرض کنید به چندسال قبل بروید و نسخه جوان‌تر خودتان را به قتل برسانید، چه بر سر شما می‌آید؟ این پارادوکس که با عنوان پارادوکس پدربزرگ شناخته می‌شود و کلا هرگونه اثرگذاری یک فرد بر روی نسخه‌های جوان‌تر یا نسل‌های گذشته خودش را در برمی‌گیرد، بخشی از مساله‌ای بزرگ‌تر به نام تغییر و دست‌کاری گذشته است. تغییری که لزوما نباید حتما خود شما را در برگیرد. ممکن است شما بخواهید جلوی یک رخداد یا یک فرد مشخص را در گذشته بگیرید تا به این صورت وضع موجود را تغییر دهید. مثلا به دوران کودکی یک دیکتاتور معروف رفته و او را به قتل برسانید تا خیالتان از هر گونه انحراف از آینده دلخواهتان راحت شود. اگر هم کلا از نوع بشر ناامید شده باشید که ممکن است آرزوی رفتن به حدود ۴۰۰ میلیون سال پیش را داشته باشید. زمانی که اجداد آبزی ما کم‌کم به این نتیجه رسیدند که پا به روی خشکی بگذارند. به آن‌جا بروید تا به آن‌ها بگویید: جد عزیزم خواهش می‌کنم از آب خارج نشو. این راهی نیست که تو دلت بخواهد در آن پا بگذاری. نوادگان تو روزی سر دیگری را به‌خاطر کشیدن نقاشی فردی خواهند برید که نه او را دیده‌اند و نه حتی می‌دانند واقعا چه شکلی بوده است!

فارغ از این که چقدر در زمان به عقب بروید و چه تغییری در رخدادهای گذشته ایجاد کنید سوال این‌جا است که عواقب چنین تغییراتی به کجا ختم می‌شود. اگر روزی واقعا سفر به گذشته میسر شود چطور عواقب چنین تغییراتی را می‌توان توجیه کرد؟ وقتی شما نسخه جوان‌تر خودتان را به قتل می‌رسانید، دیکتاتوری را در کودکی می‌کشید یا مثلا جلوی یک بیماری را می‌گیرید، دست کم علت سفر خودتان به گذشته را از بین برده‌اید. این در حالی است که شما هم‌چنان در گذشته هستید و چنین چیزی خود یک تناقض

[1] Tenet (2020)

t.me/AVAYeBUF

بزرگ و بسیار آشکار است.



تصویر ۶۰: پارادوکس پولچینسکی. این پارادوکس شکلی از علیت دوری است که در آن نمی‌توان یک نقطه آغاز را به‌عنوان علت رخداد مورد نظر مشخص کرد. ساعت ۱۲: توپ بیلیارد در حال حرکت در مسیر مستقیم. ساعت ۱۳: توپ بیلیاردی که از آینده آمده و مسیری مورب دارد به توپ بیلیارد اولیه برخورد کرده و موجب منحرف شدن مسیر آن می‌شود. ساعت ۱۴: توپ بیلیارد منحرف شده از خط زمانی خود خارج شده، در زمان به عقب رفته و موجب انحراف مسیر توپ بیلیارد اولیه می‌شود.

در داستان فیلم تقدیر که در ابتدای این فصل نقل کردم با نوعی پارادوکس علیت دوری یا حلقوی روبرو بودیم. این پارادوکس که مثال‌های معروف آن با نام‌های *پارادوکس بوت‌استرپ*[1] یا *پولچینسکی*[2] شناخته می‌شوند موقعی رخ می‌دهد که یک فرد، خودش، یک فرد دیگر یا کلا چیزی را به گذشته فرستاده و آن‌چه به گذشته فرستاده شده با ادامه دادن

[1] Bootstrap Paradox
[2] Polchinski's Paradox

avayebuf.com

خط زمانی پیش رویش، مجددا به همان فرستنده خود در آینده می‌رسد (تصویر ۶۰). مثلا فرض کنید شما به ۲۴ سالگی اینشتین رفته و به او تمامی معادلات نسبیت خاص و عام را آموزش دهید. حالا اگر کسی بپرسد نسبیت را چه کسی ابداع کرده چه باید گفت؟ اگر بگوییم کار شما بوده که پاسخ غلط است چون شما آن‌ها را از خود اینشتین آموخته‌اید و اگر بگوییم اینشتین آن‌ها را مطرح کرده که باز هم پاسخ درست نیست چون او هم از شما آموخته است. تقریبا چیزی شبیه داستان مرغ و تخم‌مرغ که با آن آشنا هستید.

به‌عنوان مشکل دیگری که در زمان بحث سفر در زمان مطرح می‌شود می‌توان به اصلی به نام *هویت غیرقابل تشخیص*[1] اشاره کرد که برخی منشا و پیدایش آن را به لایبنیتس نسبت می‌دهند. مطابق این اصل، اگر الف=ب باشد در این صورت، الف و ب باید دقیقا یکسان باشند. برخی از مخالفان سفر در زمان با استناد به این اصل می‌گویند به خاطر این که شما در زمان حال شباهتی به نسخه جوان‌تر خودتان ندارید، پس نمی‌توان وجود شما و نسخه جوان‌تر خودتان را در یک لحظه زمانی مشخص ممکن دانست. در هر لحظه زمانی مشخص، تنها یک نسخه از شما وجود دارد و سفر شما به گذشته یا باید موجب تبدیل شدن شما به نسخه جوان‌تر خودتان شود یا موجب تبدیل شدن نسخه جوان‌تر به شما شود که در هر دو صورت با تناقض روبرو می‌شویم.

مشکل دیگری که در زمینه سفر به گذشته مطرح می‌شود *پارادوکس فرمی*[2] نامیده می‌شود. این پارادوکس می‌گوید اگر سفر در زمان امکان‌پذیر است، پس مسافران زمان کجا هستند؟ چرا ما شاهد حضور افرادی از زمان آینده در زمان حال نیستیم؟ اگر چنین مسافرانی وجود دارند و علاقه‌ای به نمایش عمومی ندارند چرا مثلا به میهمانی استیون هاوکینگ که دقیقا برای ملاقات با آن‌ها برگزار شد و دیگران از آن بی‌خبر بودند نرفتند؟

اگر فرض بگیریم که واقعا چیزی به اسم اختیار و اراده آزاد وجود دارد آن‌گاه سفر به گذشته می‌تواند با پارادوکس دیگری به نام *پارادوکس نیوکام*[3] روبرو شود. مطابق این پارادوکس،

[1] Identity of indiscernibles
[2] Fermi Paradox
[3] Newcomb's Paradox

t.me/AVAYeBUF

اگر فردی که کاملا از رخدادهای گذشته آگاه است به گذشته برود، آن‌گاه برخورد دانش او با رخدادهای گذشته نوعی تناقض است زیرا هیچ رخدادی به وقوع نمی‌پیوندد مگر این که مطابق دانش او به انجام برسد که این خودش نقض وجود اراده آزاد است. همان ایرادی که می‌توان آن را درباره دانش مطلق وجودی به نام خدا هم مطرح کرد.

البته پارادوکس‌ها و ایراداتی که تاکنون در مورد سفر به گذشته مطرح شده، چندان هم بی‌جواب نبوده‌اند و به شکل‌هایی مختلف سعی شده که برای آن‌ها پاسخ‌هایی ارایه شود. در مجموع، به دو صورت می‌توان با مشکلات و ابهامات مربوط به سفر به گذشته روبرو شد. در یک رویه سهل‌الوصول و بدون زحمت، به‌راحتی می‌توان گفت که با وجود چنین تناقضاتی سفر به گذشته ممکن نیست و به این صورت، پرونده را فورا بست. با این‌حال، در رویه‌ای دشوارتر می‌توان به راهکارهای مختلفی متوسل شد تا ممکن بودن سفر به گذشته را توجیه کرد. رویه‌ای که یکی از طرز فکرهای پشتیبانی‌کننده از آن می‌گوید اگر چیزی در عمل مقدور باشد، اصولا پارادوکسی هم در کار نخواهد بود چون پارادوکس‌ها تناقضاتی ذهنی و فکری هستند و وقوعشان در عمل ناممکن است. در ادامه سعی می‌کنم که حداقل به چهار مورد در توجیه ممکن بودن سفر به گذشته اشاره کنم.[۱] در حالت اول می‌توان گفت که چنین سفری ممکن است اما در این سفر (فارغ از این که به چه شکلی مقدور باشد) ما تنها یک نظاره‌گر خواهیم بود و همانند فیلمی که در حال مشاهده آن هستیم، تنها می‌توانیم رخدادهای گذشته را مشاهده کنیم. در این روش سفر به گذشته، همانند مرور خاطرات، ما قادر به تغییر گذشته نیستیم و در بهترین حالت تنها می‌توانیم در ذهن خودمان گذشته‌ای نو بسازیم اما آن‌چه در محیط پیرامون رخ داده است قابل دست‌کاری و تغییر نیست.

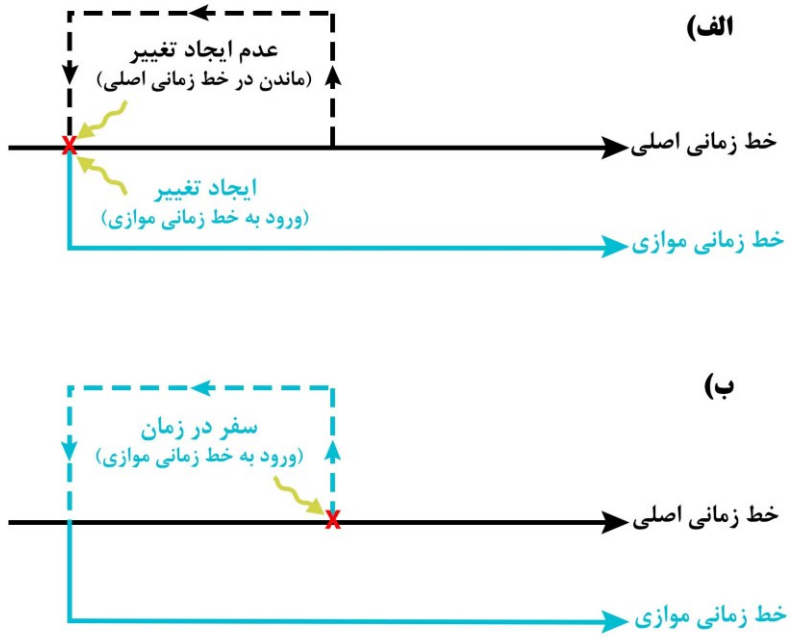
حالت دومی که می‌توان برای رفع تناقضات سفر به گذشته به آن رجوع کرد بر این مبناست که اگرچه می‌توان به گذشته سفر کرد و حتی آن را تغییر داد اما این تغییر، یک تغییر

[۱] اگر به تحلیل فلسفی پارادوکس‌های سفر در زمان علاقه دارید می‌توانید به کتاب پارادوکس‌های سفر در زمان (Paradoxes of Time Travel) از رایان واسرمن (Ryan Wasserman) مراجعه کنید.

avayebuf.com

ظاهری خواهد بود. در این روش که خودش می‌تواند حتی زیرمجموعه روش اول هم محسوب شود، شما با یک نسخه رونوشت از گذشته روبرو می‌شوید و هر آن‌چه در گذشته انجام دهید مانند دنیای آینه‌های دکتر استرنج، به همان‌جا محدود است و اثری روی واقعیت جاری نخواهد گذاشت.

سومین حالت در توجیه سفر به گذشته و فرار از پارادوکس‌ها و ابهامات مطرح شده، مبتنی بر چندشاخه شدن خط زمانی است. اساس این روش بر این فرض بنا می‌شود که واقعیت جاری و خط زمانی درک شده همه واقعیت نیست و زمان می‌تواند در شاخه‌های زمانی مختلفی وجود داشته باشد. این روش هم خودش می‌تواند حداقل به دو صورت تصور شود (تصویر ۶۱).



تصویر ۶۱: دو حالت محتمل برای ورود به خطوط زمانی دیگر. الف) تا زمانی که تغییری انجام نشود، ورود به خط زمانی جدید رخ نمی‌دهد. ب) سفر در زمان خودش نوعی تغییر و خروج از روال عادی است و انجام آن موجب ورود مسافر به خط زمانی موازی می‌شود.

در صورت اول (تصویر ۶۱، الف)، بدون این که خط زمانی متداول چند شاخه شود، شما

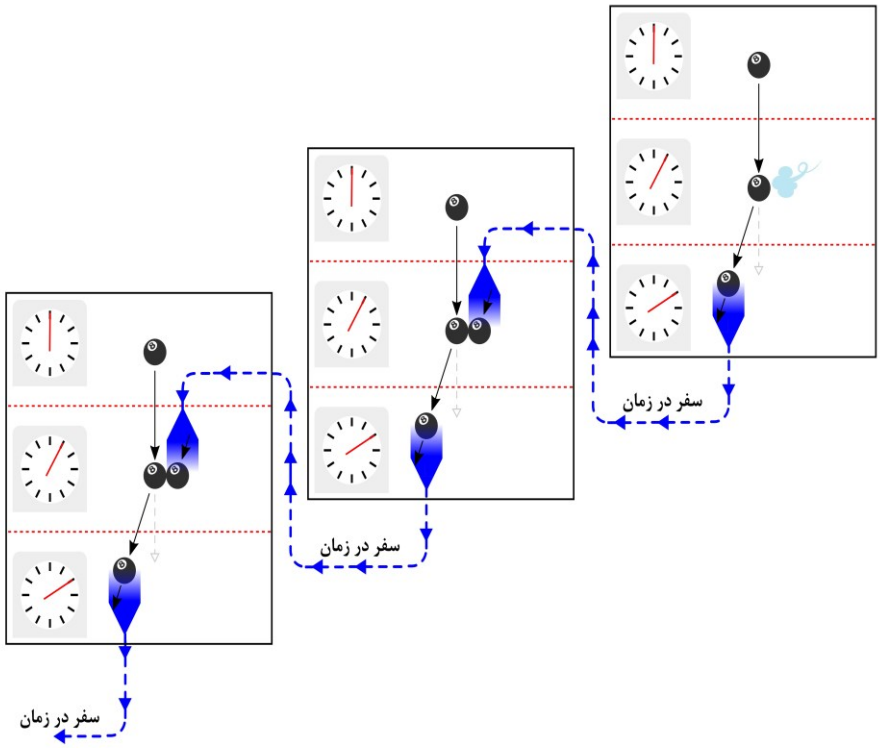
t.me/AVAYeBUF

قادر خواهید بود به گذشته بروید و اوضاع تا زمانی که هیچ‌گونه تغییری در آن ایجاد نکنید به همان صورت باقی خواهد ماند. با این‌حال، به محض این که شما شروع به تغییر و دست‌کاری گذشته کنید (هر نوع دست‌کاری که بتوان آن را تصور کرد مثلا از اخم کردن به یک کودک گرفته تا نابودکردن کل عالم)، خط زمانی شناخته شده به شاخه‌های جدیدی منشعب می‌شود. این حالت را می‌توان همانند مورد درهم‌تنیدگی ذرات زیراتمی در نظر گرفت که در انتهای بخش قبلی به آن اشاره کردم. در این حالت، می‌توان واقعیت‌های مختلف را به‌صورتی درهم‌تنیده و مانند یک ابرواقعیت در نظر گرفت که به محض ایجاد هرگونه تغییر (مانند مورد اندازه‌گیری ذرات زیراتمی در بحث درهم‌تنیدگی کوانتومی) به حالت‌هایی مشخص تقسیم می‌شود. مثلا در یک واقعیت شما نسخه جوان‌تر خودتان را کشته‌اید و در دیگری کاری با او نداشته‌اید و این دو واقعیت کاملا در هم‌تنیده و محتمل هستند تا این که شما شروع به انتخاب و انجام تغییر کنید. از آن پس، شما بسته به انتخابتان وارد خط زمانی مربوطه می‌شوید. در صورت دوم (تصویر ۶۱، ب)، خود سفر در زمان نوعی تغییر و خروج روند عادی و متداول است. در نتیجه، به محض این که شما تلاش کنید از خط زمانی خودتان جدا شده یا به نحوی از روند متداول آن فاصله بگیرید، وارد خط زمانی جدیدی می‌شوید و هر گونه تغییری در گذشته ایجاد کنید، در خط زمان جدید (و نه آن خط زمانی که شما کارتان را از آن آغاز کرده‌اید) رخ خواهد داد.

یکی از کاربردهای چنین توجیهی می‌تواند ارایه راه حلی برای پارادوکس علیت دوری باشد. به‌عنوان یک مثال ساده از علیت دوری، همان پارادوکس پولچینسکی ارایه شده در تصویر ۶۰ را در نظر بگیرید. مطابق آن‌چه در طرح می‌بینیم، توپ بولینگ میانی (ساعت ۱۳) به خاطر برخورد با نسخه آینده خودش، دچار انحراف مسیر شده که در نهایت منجر به شکل‌گیری حلقه‌ای علّی می‌شود که انگار هیچ شروع و پایانی ندارد. به‌عنوان یک پاسخ می‌توان گفت توپ بولینگی که از آینده آمده و در ساعت ۱۳ موجب انحراف توپ بولینگ در حال حرکت مستقیم شده از خط زمانی دیگری بوده است. در نتیجه، آن‌چه موجب انحراف توپ بولینگ در ساعت ۱۳ شده، نه برخورد نسخه آینده خودش از همان خط زمانی بلکه برخورد نسخه آینده او از یک خط زمانی دیگر بوده است. ممکن است بپرسید اصلا

avayebuf.com

چه چیزی موجب شده یک توپ بولینگ از خط زمانی دیگر به سراغ این خط زمانی بیاید؟ پاسخ کوتاه است: سفر در زمان. در این تفسیر، اگر فرض کنیم که این توپ مداخله کننده اولین توپ بولینگ مسافر زمان و عامل راه‌اندازی حلقه باشد باید گفت که علت انحراف اولیه این توپ می‌تواند هرچیزی مانند زمین لرزه، وزش باد یا حتی برخورد یک توپ دیگر باشد. در چنین تفسیری، هرگاه که توپ بولینگی به گذشته سفر می‌کند به خط زمانی دیگری وارد می‌شود و بسته به این که زنجیره به وجود آمده تا کجا ادامه داشته باشد این روند ادامه خواهد داشت. در این راه حل، ما در واقع با یک حلقه تکراری با اعضای مشخص روبرو نیستیم بلکه با زنجیره‌هایی متصل روبروییم که اعضای آن‌ها از خطوط زمانی مختلف هستند (تصویر ۶۲).



تصویر ۶۲: پاسخی برای علیت دوری. با در نظر گرفتن خطوط زمانی و واقعیت‌های متفاوت می‌توان گفت که در خط زمانی اول، یک علت متفاوت موجب انحراف توپ بولینگ و شروع سفر در زمان شده است. سپس با هر بار سفر در زمان، توپ بولینگ منحرف شده وارد خط زمانی جدیدی می‌شود و این زنجیره تا زمان بروز اختلال ادامه خواهد داشت.

t.me/AVAYeBUF

هر سه حالتی که تا این‌جا مطرح شد می‌تواند به شکلی تحت عنوان اصلی شناخته شده به نام *اصل خودسازگاری نوویکوف*[۱] توجیه شود. اصلی که توسط کیهان‌شناسی به نام *ایگور نوویکوف*[۲] مطرح شده و می‌گوید اگر ایجاد تغییری در گذشته منجر به وقوع پارادوکس شود، احتمال وقوع آن صفر است. به زبان دیگر، اگر امکان سفر به گذشته مقدور باشد اساسا چیزی به نام پارادوکس نمی‌تواند به وقوع بپیوندد [۱۰۷].

به‌عنوان آخرین و چهارمین حالت سفر به گذشته می‌توان گفت که سفر به گذشته و حتی تغییر آن ممکن است اما هر تغییری که شما در گذشته ایجاد کنید تاثیری در کلیت و روند تاریخ گذشته و اتفاقات به‌وقوع پیوسته ایجاد نمی‌کند. حالتی که ما برای آن حالا حتی اثبات ریاضی هم داریم. اخیرا مشخص شده است که حداقل از لحاظ ریاضی و روی کاغذ امکان سفر به گذشته وجود دارد و حتی اگر شما به مانند مثالی که ارایه شد تغییری در گذشته ایجاد کنید که علت سفرتان را تحت تاثیر قرار دهد، چنین چیزی منجر به تناقض نمی‌شود و واقعیت می‌تواند خودش را با تغییر جدید تطبیق دهد [۱۰۸]. مثلا اگر شما به گذشته بروید و سعی کنید جلوی ابتلای اولین فرد به بیماری کووید-۱۹ را بگیرید، به جای او، خودتان یا فردی دیگر به بیماری مبتلا خواهید شد. وضعیتی مشابه با داستان قسمت چهارم[۳] از سریال *چه می‌شود اگر...*[۴] که در آن‌جا دکتر استرنج به جای دستانش، معشوقه‌اش کریستین را از دست می‌دهد و هرچه تلاش می‌کند نمی‌تواند تقدیر را تغییر دهد. در نتیجه، هر آن‌چه تاکنون رخ داده است، مجددا رخ خواهد داد و در نتیجه، دوباره کرونا همه دنیا را خواهد گرفت اما این بار، این موضوع به‌صورتی متناسب با تغییر انجام شده رخ می‌دهد.

[1] Novikov Self-Consistency Principle
[2] Igor Novikov
[3] Doctor Strange Lost His Heart Instead of His Hands?
[4] What If...?

avayebuf.com

۵

دنیایی بدون ساعت

اشتباه نابخشودنی، تفاوت گذاشتن میان مفهوم زمان و مکان است.

– هنریک لورنتس

تا این‌جا هرچه در مورد زمان گفته شد مربوط به زمان بیرونی بود اما اوضاع زمان درونی یا به اصطلاح زمان زیستی چطور است؟ ما به خوبی می‌دانیم که حتی اگر در سیاه‌چالی تاریک و فاقد هرگونه شاخصی برای اندازه‌گیری زمان زندانی شویم هم باز متوجه گذر جریان ظاهری زمان می‌شویم. باز هم می‌دانیم که فرق بین گذشته، حال و آینده چیست و می‌توانیم فاصله میان رخدادهای مختلف را به شکلی شمارش کرده و حساب و کتابی برایشان داشته باشیم. حتی اگر هرچیزی که بیرون از ذهن ما و در محیط پیرامون وجود دارد، در یک لحظه و به معنای مطلق کلمه، از حرکت بیاستد و تمام محیط پیرامونمان مانند فیلمی که جریان پخش آن را متوقف کرده‌اید، ثابت و بدون تغییر شود، ما هم‌چنان قادر به درک لحظاتی قبل، بعد و آینده هستیم و احساس و ادراک زمان از ما جدا نخواهد شد. در واقع، همه ما انسان‌ها فارغ از کیفیت برخوردمان با مفهوم زمان، شبیه شمارنده‌هایی طبیعی و بدون عقربه هستیم که به‌صورتی تقریبا خودکار فعالیت‌های خودمان را بر اساس ریتمی طبیعی تنظیم می‌کنیم. این موضوع نه تنها برای ما که در سطوح مختلف و به‌صورتی

t.me/AVAYeBUF

آگاهانه یا ناآگاهانه در جانداران دیگر هم دیده می‌شود.

امروزه حیات در ساده‌ترین سطح خودش می‌تواند در مقیاس یک سلول دیده شود.[۱] ماشینی خودکار و دارای توانایی تولیدمثل که رویه‌ای پیچیده اما منظم برای تولید مثل یا فعل انفعلات ژنتیکی مانند خاموش و روشن کردن ژن‌های مورد نیاز دارد. سوال اما این‌جاست که یک سلول چطور بدون داشتن چیزی به نام ساعت می‌تواند فعالیت‌های خود را نسبت به یک‌دیگر و تغییرات محیط پیرامون تنظیم کند و اصطلاحا «بداند» که در هر لحظه، وقت انجام چه کاری است؟ اصلا از چه زمانی موجودات زنده با مفهوم زمان آشنا شده‌اند؟

برای دیدن سرآغاز چیزی به نام ادراک زمان، باید به گذشته بسیار دورتری رفت. گذشته‌ای که مطابق آخرین یافته‌ها ممکن است حتی به جایی در حوالی ۴/۲ میلیارد سال پیش هم برسد یعنی در دوره‌ای که زمین حدود ۳۵۰ میلیون سال عمر داشته و تنها حدود ۳۰۰ میلیون سال از تشکیل اقیانوس‌ها می‌گذشته است [۱۰۹]. جایی که می‌توان به جستجوی ریشه‌های اولیه مفهومی در میان موجودات تک‌سلولی اولیه پرداخت که ما امروزه آن را ادراک زمان می‌نامیم. طبیعتا ما اکنون به آن موجودات تک‌سلولی آغازین دسترسی نداریم که از آن‌ها بپرسیم نظرتان در مورد زمان چیست اما خیلی هم جای نگرانی نیست. سیانوباکتری‌ها که یکی از قدیمی‌ترین موجودات زنده روی زمین به حساب می‌آیند و قدمت فسیل‌های باستانی مربوط به گونه آن‌ها دست کم حدود ۳/۵ میلیارد سال عمر دارد، به‌عنوان بهترین گزینه بر روی میز هستند [۱۱۰]. شاید تصورش سخت باشد که یک موجود ساده پروکاریوتی مانند باکتری که حتی هسته سلولی هم ندارد، چطور می‌تواند از پس حساب و کتاب گذر زمان برآمده و فعالیت‌های خودش را با آن تطبیق دهد. موجودی تک‌سلولی که نه چشم دارد، نه مغز و نه ساعتی در دست که بتواند تغییرات شبانه‌روزی را ثبت و ضبط کند. با این‌حال، اگر این گونه فکر می‌کنید، بدانید که تنها نیستید و این موضوع برای مدت‌ها حتی توسط محققین هم قابل پذیرش نبود اما حالا این یک واقعیت

[۱] هنوز تعریف جامع و مشخصی برای حیات در کار نیست و از همین‌رو برخی معتقدند که حتی ویروس‌ها که فاقد توانایی تولیدمثل مستقل هستند هم زنده محسوب می‌شوند.

avayebuf.com

آشکار است که یک سیانوباکتری هم می‌تواند حساب گذر زمان را هرچند به‌صورتی ناآگاهانه و کاملا خودکار داشته باشد.

برای یک سیانوباکتری زمان به دو بخش شب و روز تقسیم می‌شود و این باکتری در هر یک از این دو بخش، الگوی سوخت و ساز و بیان ژن مخصوص خود را دارد. زندگی این تک‌سلولی فوتوسنتزکننده و بسیار وابسته به نور، به این صورت است که در روز، مولکول‌های کربن دی‌اکسید را جذب کرده و آن‌ها را به قند و سایر ترکیبات آلی مورد نیاز خودش تبدیل می‌کند. تقسیم دوتایی یکی دیگر از فعالیت‌های یک سیانوباکتری است که در طول روز انجام می‌شود. پس از به پایان رسیدن روشنایی و ورود به فاز شب، فعالیت سیانوباکتری دچار تغییرات شدیدی می‌شود. چرخه فوتوسنتز متوقف شده و سیانوباکتری وارد فازی ظاهرا غیرفعال می‌شود اما در همین فاز هم که حتی روند رونویسی از دی‌ان‌ای و تقسیم سلولی تقریبا به صفر می‌رسد فعالیت‌های زیادی درون این موجود تک‌سلولی به انجام می‌رسد.

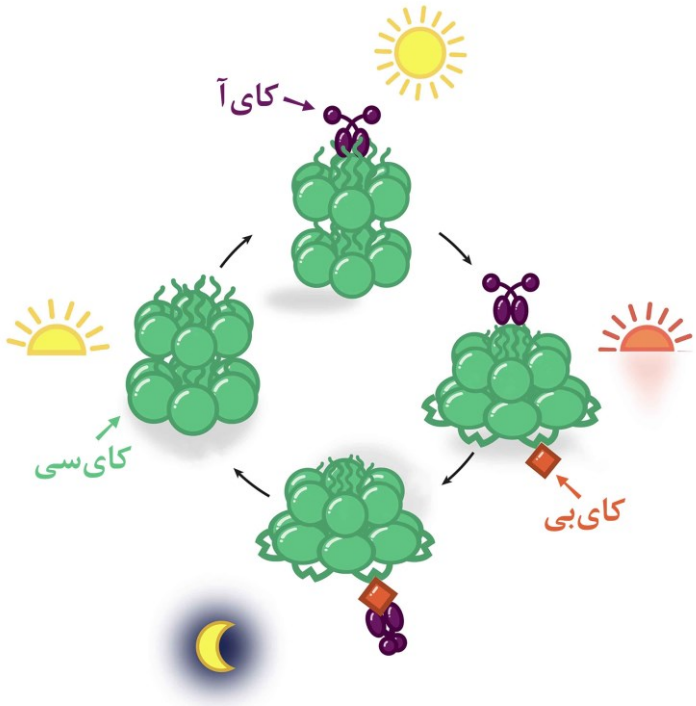
سوال مهم این است که یک سیانوباکتری چطور «می‌فهمد» فاز شب آغاز شده و وقت متوقف کردن روند رونویسی از دی‌ان‌ای است؟ این موجود کوچک میکروسکوپی چطور روند زمان را نگه می‌دارد و مثلا فعالیت‌های بیوشیمیایی مخصوص روز را اشتباها در طول شب و فعالیت‌های مخصوص شب را اشتباها در طول روز انجام نمی‌دهد؟ پاسخ در چرخه‌ای خودکار نهفته است که آن را اصطلاحا نوعی ساعت زیستی یا دقیق‌تر بگویم *ریتم شبانه‌روزی*[1] می‌نامند. ریتمی منظم که تداوم آن موجب حفظ چرخه بقا و تولیدمثل سیانوباکتری می‌شود. این ریتم شبانه‌روزی متشکل از یک چرخه مولکولی منظم و مبتنی بر فعالیت سه پروتئین کلیدی به نام‌های *کای‌آ*[2]، *کای‌بی*[3] و *کای‌سی*[4] است. از نام این پروتئین‌ها خیلی نترسید، کلمه کای در زبان ژاپنی به معنای چرخه و دوره است [۱۱۱].

روند ساده شده و کلی این چرخه در تصویر ۶۳ به نمایش درآمده است. در آغاز فاز روز،

[1] Circadian Rhythm
[2] KaiA
[3] KaiB
[4] KaiC

t.me/AVAYeBUF

پروتئین کای‌سی، شکلی باز و منبسط دارد اما در ادامه و با اضافه شدن پروتئین کای‌آ به آن، امکان اتصال گروه‌های فسفات به پروتئین کای‌سی فراهم می‌شود. زمانی که فاز روز به انتهای خودش می‌رسد، شکل پروتئین کای‌سی کم‌کم فشرده شده و حالتی منقبض به خود می‌گیرد. با شروع فاز شب، پروتئین کای‌بی خود را به پروتئین کای‌سی متصل می‌کند. در مرحله بعدی پروتئین کای‌آ از محل اتصال خود به پروتئین کای‌سی جدا شده و خود را به کای‌بی متصل می‌کند. حالا که دیگر کای‌آ به کای‌سی متصل نیست، پروتئین کای‌سی گروه‌های فسفات خود را از دست داده تا کم‌کم آماده فاز روز شود. در ادامه هر دو پروتئین کای‌آ و کای‌بی از پروتئین کای‌سی جدا شده و آن را آماده شروع فاز جدید در روز بعد می‌کنند تا دوباره همین چرخه عینا تکرار شود. چرخه‌ای که فعالیت‌های زیستی باکتری مانند شروع فوتوسنتز، بیان ژن و تولیدمثل بر اساس وضعیت آن انجام می‌شود.



تصویر ۶۳: نمایی ساده از ساعت زیستی یک سیانوباکتری

ریتم مولکولی و شبانه‌روزی یک سیانوباکتری ساده‌ترین شمارنده مولکولی در میان جانداران مختلف است اما تنها مورد شناخته شده نیست. جانداران بزرگ‌تر، ریتم‌ها و چرخه‌های

avayebuf.com

بسیار پیچیده‌تری دارند که به آن‌ها کمک می‌کند فعالیت‌های متنوع‌تر و بیش‌تری را ترتیب داده و آن‌ها را مدیریت کنند. چرخه‌هایی خودکار که اساس کار آن‌ها مشابه با آن‌چه در یک سیانوباکتری دیده می‌شود، مبتنی بر فعل و انفعالات دوری و منظم مولکولی است.

شمارنده‌های مولکولی

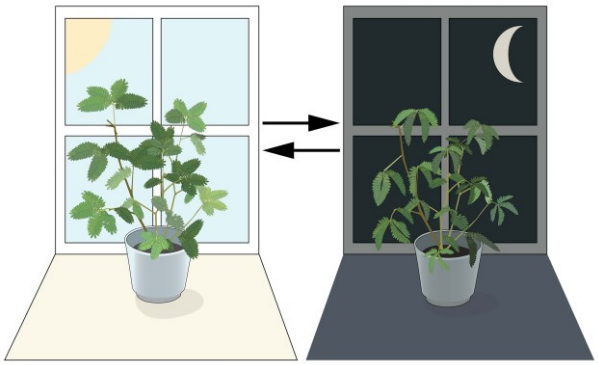
در بخش قبلی به این اشاره شد که موجودات پیچیده‌تر ریتم‌های شبانه‌روزی یا اصطلاحا ساعت‌های زیستی پیچیده‌تری دارند اما تعریف یک ساعت زیستی چیست؟ چطور باید یک فرآیند مولکولی را ساعتی زیستی نامید؟ در ساده‌ترین تعریف می‌توان هر نوع فرایند زیستی که در طول ۲۴ ساعت تکرار می‌شود و می‌تواند در غیاب محرک‌های خارجی به کار خودش ادامه دهد را نوعی ساعت زیستی در نظر گرفت [۱۱۲]. تا پیش از کشف ساعت‌های زیستی، تصور بر این بود که باز و بسته شدن گیاهان حساس به نور مانند گیاه شب‌خُسب، در طول روز و شب، تنها یک عکس‌العمل به محرک خارجی است. با این‌حال، آزمایشات بیش‌تر نشان داد که این گیاهان حتی در زمان قرار داشتن در تاریکی هم حداقل تا مدتی روندی مشابه با روند متداول را طی می‌کنند. موضوعی که نشان داد تغییرات چرخه‌ای و منظم یک موجود ناشی از شمارنده‌هایی درونی و مولکولی است. البته که این روند می‌تواند تحت تاثیر عوامل بیرونی مانند نور، صدا، دما، غذا، روابط اجتماعی، محیط شیمیایی و کلا شرایط محیطی، دچار تغییر یا به‌صورت کامل تنظیم مجدد شود.

شاخص‌های زمانی بیرونی مانند شب و روز عملا در نقش مبنایی هستند که ارتباط جاندار با وضعیت محیطی و اصطلاحا واقعیت خارجی را حفظ می‌کنند. یکی از مثال‌های خوب برای این موضوع، ملاحظه نحوه رفتار جانوران روزگرد در زمان قرار گرفتن در طول تاریکی پیوسته است. تحقیقات نشان داده است که قرار گرفتن جاندار در تاریکی پیوسته سبب می‌شود بازه شروع و پایان فعالیت جاندار به مرور از آن‌چه در زندگی عادی و روزمره وجود دارد فاصله بگیرد و اصطلاحا از قید تطابق با واقعیت خارجی رها شود [۱۱۳].

آزمایشات مشابهی بر روی انسان‌ها هم انجام شده تا اثر قرار گرفتن در تاریکی پیوسته

t.me/AVAYeBUF

ارزیابی شود. در یکی از شناخته‌شده‌ترین این آزمایشات، بدر سال ۱۹۸۹ میلادی زنی ۲۷ ساله به نام *استفانیا فولینی*[1] به مدت ۱۳۰ روز و بدون هیچ تماسی با دنیای بیرون در غاری در نیومکزیکو زندگی کرد. پس از شروع آزمایش مشاهده شد که در غیاب هرگونه شاخص زمان خارجی، چرخه خواب-بیداری او از حدود ۲۴ ساعت تا ۴۸ ساعت افزایش یافت و فعالیت روزانه او حتی به ۳۰ ساعت هم رسید. چرخه قاعدگی او متوقف شد و عملا نظم همیشگی بیولوژیکی او با تغییری جدی مواجه شد [۱۱۴].



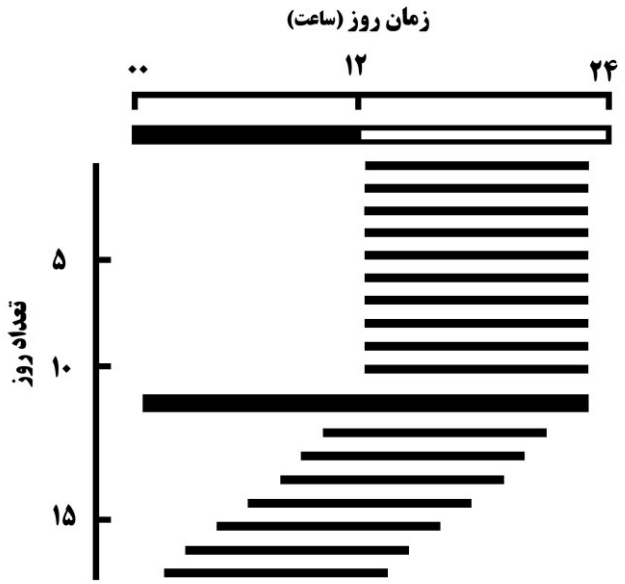
تصویر ۶۴: گل قهر و آشتی در طول روز برگ‌هایش را باز و در شب آن‌ها را جمع می‌کند.

از میان عوامل موثر بر ساعت‌های زیستی، اگرچه نور خورشید که خود ناشی از چرخش زمین می‌باشد اصلی‌ترین و شناخته‌شده‌ترین عامل بیرونی در هماهنگ‌سازی ساعت زیستی یک جاندار است اما تنها عامل نیست. ما می‌دانیم که برخی از جانداران مانند ساکنان آب‌های عمیق یا آن‌هایی که زندگی زیرزمینی دارند عملا به نور خورشید دسترسی ندارند. مخصوصا که در اعماق بیش‌تر از ۱۰ سانتی‌متر در خاک و ۱۰۰۰ متر در اقیانوس‌ها، دیگر خبری از نور خورشید است [۱۱۵]. حتی ممکن است جانداری به مانند جانوران مناطق قطبی برای ماه‌ها در روشنایی یا تاریکی بی‌وقفه قرار بگیرد که این موضوع منجر به مختل شدن ریتم شبانه‌روزی متداول می‌شود. علاوه‌بر این، فعالیت‌های طبیعی زیادی وجود دارند که نیاز به تکرار در بازه‌های زمانی کم‌تر یا بیش‌تر از ۲۴ ساعت دارند. به‌عنوان مثال، فعالیت‌هایی مانند گردش خون، پلک زدن، ضربان قلب، ترشحات هورمونی و حرکات روده

[1] Stefania Follini

avayebuf.com

نیاز به تکرار شدن در بازه‌های زمانی کم‌تر از ۲۴ ساعت و مواردی مانند قاعدگی، تولیدمثل، پوست‌اندازی، پرریزی، مهاجرت و خواب زمستانی نیازمند تناوب در بازه‌های زمانی بیش‌تر از ۲۴ ساعت هستند. در نتیجه، طبیعی است که راه حل‌های دیگری برای همگام‌سازی ساعت‌های زیستی با شرایط محیطی در طول فرگشت در پیش گرفته شده باشد. راه حل‌هایی که می‌توانسته‌اند به جز ریتم شبانه‌روزی مثلا مبتنی بر ریتم‌های طبیعی دیگری مانند جزر و مد، میزان روشنایی ماه یا تغییرات آب و هوای سالانه باشند.



تصویر ۶۵: نمایشی از چرخه فعالیت-استراحت یک جاندار روزگرد. در بخش بالایی جاندار در معرض چرخه متداول روز و شب قرار داشته است. در نتیجه چرخه فعالیت آن مطابق روز و شب بوده است (حضور خطوط سیاه به معنای فعالیت و فقدان آن‌ها به معنای استراحت است). در بخش پایینی نمودار، جاندار در معرض تاریکی ثابت قرار گرفته است و اگرچه چرخه ۱۲ ساعت فعالیت و ۱۲ ساعت استراحت تقریبا حفظ شده اما دیگر با چرخه شب و روز منطبق نیست و اصطلاحا رها شده است [۱۱۳].

به‌عنوان یکی از دوره‌های تناوبی طبیعی که جانداران دریایی از آن به‌عنوان شاخصی برای همگام‌سازی زمانی بهره می‌برند، بالا و پایین رفتن سطح آب اقیانوس‌ها است. شواهد نشان

t.me/AVAYeBUF

داده است که موجودی به مانند *شپش دریایی خال‌دار*[1] علاوه بر ساعت زیستی شبانه‌روزی متداول، به یک ساعت مبتنی بر *ریتم جزر و مد*[2] هم مجهز است. ریتمی که برخلاف ریتم شبانه‌روزی ۲۴ ساعتی، دوره‌ای ۱۲/۴ ساعته دارد. اگرچه این دو ساعت که یکی مبتنی بر چرخه شب و روز و دیگری بر اساس چرخه جزر و مد است می‌توانند روی هم اثر بگذارند اما هر دو کاملا مستقل هستند. به این معنی که مثلا اگر ساعت شبانه‌روزی این جاندار با قرار دادن آن تحت تابش مداوم نور یا حذف ژن‌های موثر بر این روند از بین برود، ساعت مبتنی بر چرخه امواج هم‌چنان به کار خود ادامه خواهد داد. البته باید این نکته ذکر شود که ساعت جزر و مدی در یک شپش دریایی خال‌دار تنها در نقش هماهنگ کننده الگوی شنا کردن به کار می‌رود و سایر فعالیت‌های این جاندار بر اساس همان ساعت شبانه‌روزی دنبال می‌شود [۱۱۶].

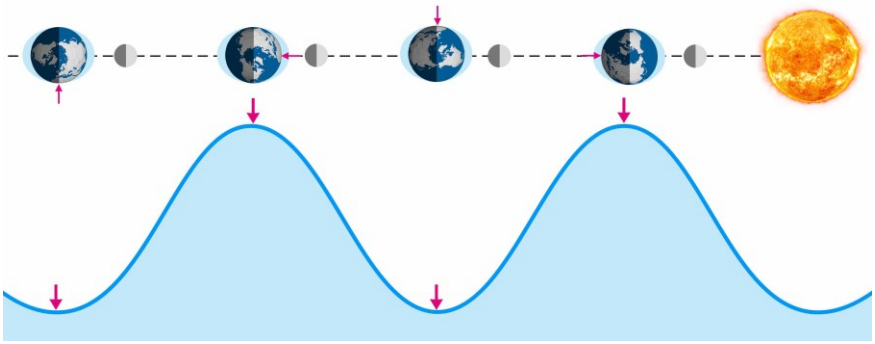
از شاخص‌های محیطی دیگر که در هماهنگ‌سازی زمانی یک جاندار نقش دارد، می‌توان به فازهای ماه و به عبارتی، میزان نور شبانه منعکس شده توسط آن اشاره کرد. نوعی *ریتم قمری*[3] که برخی از جانداران حول آن به‌عنوان یک ساعت اصطلاحا قمری فرگشت یافته‌اند و البته شواهدی از وجود آن در انسان‌ها هم ارایه شده است [۱۱۷]. یکی از جاندارانی که از این ریتم بهره می‌برد نوعی *کرم حلقوی دریایی*[4] است که تخم‌ریزی خودش را بر اساس این چرخه ۲۹/۵ روزه تنظیم می‌کند. البته این کرم‌ها هم مانند اغلب جانداران دیگر، دارای ساعت زیستی شبانه‌روزی هستند [۱۱۸].

ریتم طبیعی دیگری که در میان برخی از جانداران برای همگام‌سازی ساعت زیستی استفاده می‌شود مبتنی بر تغییرات فصلی و سالانه است که اصطلاحا آن را *ریتم سالانه*[5] می‌نامند. این ریتم لزوما برابر با ۳۶۵ روز نیست و می‌تواند مقدار آن کم‌تر یا بیش‌تر باشد اما در اغلب موارد مطالعه شده مقدار آن کم‌تر از ۳۶۵ روز بوده است [۱۱۹]. نمونه‌های مختلفی از

[1] Eurydice Pulchra
[2] Circatidal Rhythm
[3] Circalunar Rhythm
[4] Platynereis Dumerili
[5] Circalunar Rhythm

avayebuf.com

پایبندی به این ریتم را می‌توان در طبیعت مشاهده کرد که تولیدمثل، مهاجرت یا خواب زمستانی از جمله آن‌ها است.



تصویر ۶۶: تاثیر نیروی جاذبه ماه بر سطح آب اقیانوس‌ها[۱]

قبلا اشاره شد که در جاهایی مانند اعماق اقیانوس‌ها عملا هیچ نوری در کار نیست. در چنین شرایط سخت و متفاوتی، جانداران ساکن این مناطق به‌گونه‌ای فرگشت یافته‌اند که بتوانند ساعت درونی خود را با ریتم‌های طبیعی دیگری هماهنگ کنند. مثلا یکی از ریتم‌های شناخته شده میزان پر بودن معده و چرخه گرسنگی است [۱۲۰]. به این معنی که روند ساعت زیستی یک جاندار تحت تاثیر فرایند غذا خوردن است. جریان‌های زیرآبی یا چشمه‌های آب گرم از ریتم‌های طبیعی دیگری هستند که می‌توانند در چنین مناطقی به کار آیند.

زندگی در غارهای تاریک زیرآبی یکی دیگر از شرایطی است که می‌تواند موجب قطع ارتباط میان ساعت زیستی و ریتم روشنایی و تاریکی شود. *غارماهی سومالی*[۲] که عملا در تاریکی کامل زندگی می‌کند یکی از مثال‌های مرتبط با این موضوع است. بررسی‌ها نشان داده که این ماهی اگرچه دارای یک ساعت زیستی است اما ریتم آن ارتباطی به تاریکی و روشنایی ندارد. در واقع، این ماهی به جای ریتم شبانه‌روزی ۲۴ ساعته، دارای ریتمی حدودا ۴۷ ساعته می‌باشد که مبنای آن غذا خوردن است [۱۲۱]. به‌عنوان یک مورد دیگر در همین

---

[۱] در تصویر فوق برای نمایش بهتر، موقعیت ماه ثابت فرض شده اما در واقعیت، چرخش ماه به دور زمین به صورتی است که با هر بار چرخش زمین به دور خودش، ماه حدود ۱۳ درجه از مسیر ۳۶۰ درجه‌ای خود به دور زمین را پیموده است.

[2] Phreatichthys Andruzzii

t.me/AVAYeBUF

زمینه، می‌توان به ماهی *تِترای مکزیکی*[1] اشاره کرد. سکونت این ماهی در غارهای تاریک زیر آب و بودنش در محیط بدون نور، سبب شده که این ماهی به مرور چشمانش را از دست بدهد (تصویر ۶۷). موضوعی که نشان می‌دهد فرگشت لزوما به معنی پیچیده‌تر شدن یا به اصطلاح غلط، کامل‌تر شدن نیست. مطالعات نشان داده است که این گونه بر خلاف همتای بینای خود که در نزدیکی سطح آب زندگی می‌کند در مقابل تغییرات نوری مربوط به چرخه روشنایی/تاریکی، تغییری در سوخت و ساز خود ایجاد نمی‌کند و عملا به این طریق در مصرف انرژی صرفه‌جویی قابل توجهی می‌کند [۱۲۲].

تصویر ۶۷: ماهی تترای نابینا بر خلاف همتای بینا، نه تنها چشم که حتی رنگ‌دانه‌های پوست خودش را هم به مرور از دست داده است. این ماهی با چشمانی اولیه متولد می‌شود اما تا زمان بلوغ آن‌ها را هم کاملا از دست داده و نابینا می‌شود. تترای نابینا مسیر خودش را با کمک سنجش میزان فشار و نوسانات جریان آب پیدا می‌کند.

علاوه‌بر بحث اثرپذیری ساعت زیستی یک موجود زنده از شاخص‌های محیطی، باید اشاره کرد که این ساعت‌ها می‌توانند توسط برخی از ژن‌ها هم تحت تاثیر قرار گیرند. این موضوع برای اولین بار در سال ۱۹۷۱ میلادی و توسط *سیمور بنزر*[2] و *رونالد کونوپکا*[3] با مطالعه بر روی مگس سرکه مشخص شد [۱۲۳]. کشفی که نهایتا جایزه نوبل پزشکی سال ۲۰۱۷ میلادی را برای آن‌ها به ارمغان آورد. آن‌ها متوجه شدند که برخی از تغییرات ناشی از جهش‌های ژنتیکی در مگس سرکه موجب می‌شود که روند ساعت زیستی آن‌ها در مواردی

[1] Astyanax Mexicanus
[2] Seymour Benzer
[3] Ronald Konopka

avayebuf.com

مانند بیرون آمدن از شفیره و حرکات بدن تغییر کند.

دنیای من، زمان من

تا این‌جا، هر آن‌چه گفته شد در مورد روند نگه‌داشتن زمان توسط ریتم‌های منظم مولکولی و هماهنگ کردن این ریتم‌ها با دوره‌های تناوبی طبیعی بود اما داستان ادراک زمان، داستانی متفاوت از چرخه‌های تکراری مولکولی است. ادراکی که فارغ از میزان آگاهانه بودن یا نحوه همگام‌سازی آن، طبیعتا نیاز به یک مرکز فرماندهی و وجود یک سیستم پردازش مرکزی مانند مغز دارد. نحوه ادراک زمان در موجودات مختلف به گونه‌ای است که ممکن است یک گونه نسبت به گونه دیگر، بازه زمانی کاملا متفاوتی را تجربه کند. به عبارت دیگر، در طول فرگشت و بسته به محیط زیست یک گونه، ساختمان ژنتیکی و نوع نیازهایی که آن گونه با آن‌ها روبرو بوده، نه تنها ساعت‌های زیستی متنوع بلکه شیوه‌های مختلفی برای ادراک زمان هم توسعه پیدا کرده‌اند. آن‌هم به شکلی که گستره زمانی درک شده توسط یک جاندار بسته به نحوه شناسایی آن، می‌تواند از فواصلی به کوچکی چند هزارم یا چند میلیونیم ثانیه تا بازه‌هایی مانند تغییرات فصلی، سالانه و حتی گستره‌های زمانی وسیع‌تر مانند رسیدن به بلوغ و یائسگی باشد.

ما می‌دانیم که ممکن است در شرایط مختلف، نحوه ادراک یک جاندار از زمان تحت تاثیر قرار بگیرد و مثلا آن را کندتر یا تندتر احساس کند. برای دیدن این موضوع هم کافی است به روزهایی از زندگی خودتان فکر کنید که تصور می‌کردید آن روزها بسیار طولانی یا بسیار سریع و کوتاه گذشته‌اند. ما هنوز نمی‌دانیم و شاید هیچ‌گاه هم ندانیم که دقیقا در مغز یک موجود زنده چه می‌گذرد اما می‌توانیم بر اساس نحوه برخورد یک موجود با داده‌های ورودی به حدس‌هایی با پشتوانه خوب دست یابیم. برای این که پی‌ببریم یک موجود زنده چطور به مفهوم زمان پی‌برده و اصطلاحا آن را درک می‌کند می‌توان حداقل به دو روش متوسل شد. روش اول مبتنی بر بررسی ساختمان و پیکربندی مغز و روش دوم بر اساس سرعت واکنش جاندار در مقابل اطلاعات ورودی است. دو روشی که در ادامه سعی می‌کنم به رابطه هریک از آن‌ها با ادراک زمان بپردازم.

t.me/AVAYeBUF

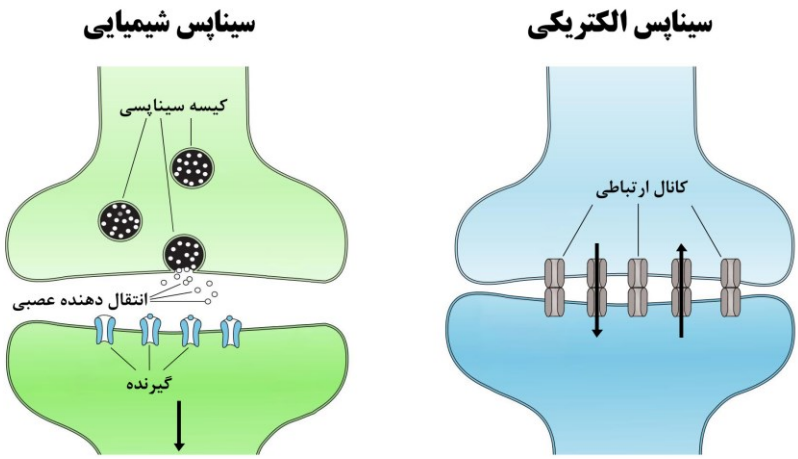
سرعت فعل و انفعالات عصبی مغز که خودش تحت تاثیر ساختمان و پیکربندی مغز است می‌تواند عاملی موثر بر سرعت ادراک زمان در نظر گرفته شود. سرعت این فعل و انفعالات هم به‌صورت کلی می‌تواند توسط عواملی مانند فواصل بین نورونی، مدت زمان انتقال پیام میان دو نورون و همچنین قطر و ضخامت نورون‌ها تعیین شود. مغز دو جاندار ممکن است که تعداد نورون‌های مشابهی داشته باشند اما نحوه چینش، اندازه هر نورون و فواصل میان این نورون‌ها در آن‌ها متفاوت باشد. در نتیجه، فواصل کوتاه‌تر میان نورون‌ها و داشتن اصطلاحا مغزی فشرده‌تر می‌تواند منجر به انتقال سریع‌تر پیام‌ها شود. یکی از روش‌های مناسب برای درک این موضوع، مقایسه مغز پرندگان و پستانداران است. ما می‌دانیم که پرندگانی مانند اعضای خانواده کلاغان (کلاغ، زاغ، غراب، جیجاق و فندق‌شکن)، اگرچه مغزی بسیار کوچک دارند اما قدرت ادراک بالایی دارند. چطور چنین چیزی ممکن است؟ یک توضیح برای این موضوع، میزان فشردگی نورون‌های مغز آن‌ها است. اندازه‌گیری‌ها نشان داده است که میزان تراکم نورون‌ها در مغز این پرندگان و حتی در برخی از طوطی‌های بزرگ، بیش‌تر از مغز پستانداران است. وضعیت این تراکم به گونه‌ای است که تعداد نورون‌های قشر مغز طوطی‌های بزرگ و اعضای خانواده کلاغان حتی می‌تواند از تعداد نورون‌های مغز قدامی[۱] یک میمون شب (جغد میمون) هم بیش‌تر باشد. به زبان دیگر، اگر عاملی مانند توانایی پردازش مغز به ازای هر گرم از مغز را مد نظر قرار دهیم، عملا باید گفت که این پرندگان در وضعیت بسیار بهتری نسبت به پستانداران قرار دارند [۱۲۴].

مورد دیگری که درباره ساختمان مغز موجودات زنده می‌توان به آن اشاره کرد، کیفیت اتصالات میان نورون‌ها است. نورون‌های سازنده مغز در جانداران مختلف می‌توانند در محل سیناپس یا همان جایی که دو نورون برای انتقال پیام به یک‌دیگر نزدیک شده‌اند به شکل عمده به دو صورت شیمیایی یا الکتریکی با یک‌دیگر در ارتباط باشند. در مدل الکتریکی کانال یا اصطلاحا درگاه‌هایی میان دو نورون وجود دارد اما در مدل شیمیایی انتقال پیام از طریق ترکیباتی موسوم به انتقال دهنده‌های عصبی انجام می‌شود که با کمک بسته‌هایی به نام کیسه‌های سیناپسی به محل سیناپس منتقل می‌شوند (تصویر ۶۸). ارتباط میان

[۱] جدیدترین قسمت مغز در طول فرگشت که قشر مغز را شامل می‌شود و مستقیما به خودآگاهی و هوش مرتبط است.

avayebuf.com

نورون‌هایی که دارای سیناپس الکتریکی هستند به مراتب سریع‌تر از نورون‌های دارای سیناپس شیمیایی است و در نتیجه، میزان فراوانی آن‌ها در جانداران مختلف ممکن است نقشی قابل توجه در زمینه سرعت تشخیص تغییرات در محیط پیرامون و در نتیجه ادراک زمان ایفا کند.



تصویر ۶۸: انواع سیناپس. تماس الکتریکی و شیمیایی در محل سیناپس، دو روش اصلی برای برقراری ارتباط میان دو نورون است [۱۲۵].

علاوه‌بر فاصله نورون‌ها و نوع اتصالات میان آن‌ها، باید به قطر و همچنین ضخامت پوشش آن‌ها هم توجه کرد. هرچه قطر یک نورون بیش‌تر، سرعت انتقال پیام در آن هم بیش‌تر است. پوشش یا غلاف یک نورون که با نام میلین شناخته می‌شود عامل موثر دیگر بر سرعت انتقال پیام است. غلاف میلین در نقش یک عایق عمل می‌کند و در نتیجه، سرعت انتقال پیام در یک نورون بدون غلاف بسیار کم‌تر از یک نورون دارای غلاف و پوشش است. به‌صورت عمومی، سرعت انتقال پیام در یک نورون بدون غلاف، حدود ۱۰-۰/۵ متر برثانیه و در یک نورون دارای غلاف، در حدود ۱۵۰ متر برثانیه است [۱۲۶]. در میان پستانداران، ضخیم‌ترین غلاف میلین متعلق به نخستی‌سان‌ها و نازک‌ترین آن، متعلق به فیل و آب‌بازسانان (نهنگ، دلفین و گرازماهی) است [۱۲۷]. حتی در یک جاندار مشخص هم نوع پوشش تمامی نورون‌های سازنده مغز یکی نیست و کیفیت پوشش میلین در نقاط مختلف متفاوت است. در نتیجه، یافتن راهی که بتوان در جانداران مختلف به‌صورت کلی ادراک و

t.me/AVAYeBUF

به‌صورت مشخص ادراک زمان را به شکلی کمی و بر اساس سرعت انتقال پیام محاسبه کرد، اگر نگوییم نشدنی باید گفت که کاری واقعا دشوار است.

مواردی که تا این‌جا در مورد تفاوت مغز جانداران مختلف بیان شد نشان می‌دهند که کیفیت ساختمان مغز یک جاندار می‌تواند بر سرعت پردازش داده‌ها و نهایتا ادراک مفهومی به نام زمان موثر باشد. با این‌حال، همان‌طور که قبلا اشاره شد، علاوه‌بر ساختمان و نحوه پیکربندی مغز، یکی از راه‌های دیگری که می‌تواند به ما در فهم ادراک یک موجود نسبت به گستره‌های زمانی مختلف و مفهوم زمان کمک کند، بررسی واکنش موجود زنده به محرک‌های خارجی و توانایی تمیز دادن آن‌ها است. شاید تصور کنید که چون سرعت حرکت نور بسیار سریع‌تر از سرعت صوت است پس بینایی بهترین گزینه برای بررسی واکنش یک جاندار می‌باشد اما حدس شما چندان صحیح نیست زیرا حس شنوایی، هم سریع‌تر و هم کاربردی‌تر است. مثلا ما در انسان‌ها شاهد این هستیم که به خاطر سازوکار سریع‌تر دریافت و تبدیل پیام دریافتی به سیگنال عصبی و همچنین کوتاه‌تر بودن طول مسیر ارسال پیام به مغز، قوه شنیداری ما بسیار سریع‌تر از قوه بینایی عمل می‌کند [۱۲۸]. علاوه‌بر این، امواج صوتی، بسیاری از محدودیت‌های مربوط به امواج نوری را ندارند و از همین‌رو در طول فرگشت توجهی ویژه به آن‌ها شده است. امواج صوتی برخلاف امواج نوری می‌توانند تقریبا از درون هرچیزی مانند آب یا خاک عبور کنند، در طول شب کارایی دارند و مشکلی با موانع یا انتشار زاویه‌دار ندارند. مشخصه‌هایی که سبب شده برخی از موجودات از این امواج با هدف یافتن شکار یا فرار از دست شکارچی بهره ببرند. موضوعی که باعث می‌شود بتوان با دنبال کردن آن، کوچک‌ترین بازه‌های تشخیص زمان در میان جانداران مختلف را ملاحظه کرد.

یکی از پارامترهای اندازه‌گیری ادراک یک جاندار در مقابل محرک، موسوم به *آستانه هم‌زمانی*[1] است. شاخصی که می‌توان با کمک آن متوجه شد از چه حدی به بعد یک جاندار نمی‌تواند متوجه شود که دو پیام مجزا که در دو نقطه متفاوت از بدنش اعمال شده‌اند کاملا

[1] Thresholds of Simultaneity

avayebuf.com

متفاوت هستند. این رقم برای قوه شنیداری انسان (هر گوش یک صدای مجزا) برابر با حدود ۵۰۰ میکروثانیه (۰/۵ میلی‌ثانیه) است. البته باید گفت که *آستانه آمیخته شدن*[1] و اصطلاحا اختلاط دو صوت برای انسان رقمی در حدود ۱۲ میلی‌ثانیه دارد. همچنین مقدار آستانه آمیخته شدن برای داده‌های حسی-پیکری برابر با ۳۴ میلی‌ثانیه و برای داده‌های بینایی معادل ۶۹ میلی‌ثانیه گزارش شده است [۱۲۹]. حتی تصورش هم دشوار است اما رقم آستانه هم‌زمانی اندازه‌گیری شده برای *خفاش قهوه‌ای بزرگ*[2] که از پژواک‌یابی بهره می‌برد برابر با ۰/۵ میکروثانیه است. به زبان دیگر، این خفاش قادر است که نوسانات صوتی به‌وقوع پیوسته در یک بازه زمانی به کوچکی ۵۰۰ نانوثانیه را تشخیص دهد [۱۳۰]. با این حساب باید گفت که در مقایسه با یک انسان، یک خفاش پژواک‌یاب قادر است تغییرات صوتی به‌وقوع پیوسته در زمان را در حدود ۱۰۰۰ برابر ظریف‌تر از انسان تشخیص دهد. این یعنی دنیای درک شده توسط ما انسان‌ها برای یک خفاش قهوه‌ای عملا شبیه موزیکی است که سرعت پخش آن ۱۰۰۰ برابر سریع‌تر از حالت متداول است.

یکی دیگر از مثال‌های مربوط به این موضوع، مبتنی بر تشخیص اختلاف صدای رسیده به گوش‌ها است. مثلا یک *جغد سفید*[3] در زمان یافتن طعمه و در حالی که مشغول پرواز است سرش را طوری نگه می‌دارد که گوش راستش بالاتر از گوش چپ قرار داشته باشد. او با کمک این عدم تقارن و اختلاف ایجاد شده در ادراک صوت از طریق دو گوش چپ و راست می‌تواند موقعیت طعمه را پیدا کند [۱۳۱]. اختلاف زمان میان دریافت صدا توسط دو گوش برای یک جغد سفید تنها به حدود ۱۶۰ میکروثانیه می‌رسد. با این‌حال، این جغد قادر است بازه‌ای زمانی به کوچکی ۱۰ میکروثانیه را تشخیص دهد [۱۳۲].

بر خلاف مقیاس‌های زمانی نانو و میکروثانیه که توسط برخی از موجودات احساس می‌شود، بازه‌های زمانی میلی‌ثانیه و ثانیه گستره‌های بسیار وسیعی از جانداران را در بر می‌گیرند. پردازش داده‌های صوتی در جانداران مختلف، شکل‌گیری درک متداول در ما انسان‌ها و

[1] Thresholds of Temporal and Fusion Discrimination
[2] Big Brown Bat
[3] Barn Owl

t.me/AVAYeBUF

همچنین آن‌چه که اصطلاحا آن را گذر ذهنی زمان تلقی می‌کنیم در همین مقیاس جای می‌گیرند.

توانایی تشخیص و ادراک بازه‌های زمانی متفاوت عملا یک چیز را برملا می‌کند. درکی که موجودات مختلف از گذر ظاهری جریان زمان و کلا مفهوم زمان دارند یکی نیست. به این معنی که نمی‌توان گفت تنها یک نوع ادراک زمانی در میان همه موجودات زنده وجود دارد و آن ادراک همان چیزی است که خود ما آن را تجربه می‌کنیم. در نتیجه، باید گفت همان‌طور که زمان بیرونی نسبی در نظر گرفته می‌شود، زمان درونی و زیستی هم به عوامل مختلفی مانند توانایی یک جاندار در پردازش داده‌های ورودی وابسته است و در نتیجه، هر جاندار آن را به شیوه خودش درک می‌کند. به بیان دیگر، ما می‌توانیم دو جاندار مختلف را روبروی هم بگذاریم که یکی از آن‌ها در حال درک دنیایی پرجزییات است که کوچک‌ترین تغییرات را احساس می‌کند و دیگری صرفا موجودی کند است که فقط جریانی کلی از تغییرات را درک می‌کند و قادر به تشخیص بازه‌های زمانی کوچک و تغییرات مرتبط با آن‌ها نیست.

علاوه‌بر توانایی پردازش محرکی به مانند صدا که کمی در مورد آن صحبت کردم، یک راه دیگر برای نشان دادن این نحوه ادراک زمان توسط یک جاندار، بررسی توانایی تشخیص تعداد تصاویر دریافتی از محیط پیرامون است. برای پی‌بردن به این که یک جاندار چطور تغییرات محیط پیرامون خود را با کمک قوه بینایی درک می‌کند، می‌توان به پارامتری شناخته شده به نام *آستانه ادغام سوسوزنی*[1] روی آورد. این پارامتر که ارقام آن به‌صورت هرتز (تعداد چرخه در هر ثانیه) بیان می‌شود، به ما می‌گوید که جاندار از چه فرکانسی به بعد، نور تابیده شده به چشمانش را دیگر به‌صورت سوسوزن و منقطع ندیده و آن را کلا به‌صورت یک روشنایی پیوسته و ثابت می‌بیند. این پارامتر می‌تواند با اندازه‌گیری پاسخ الکتریکی سلول‌های شبکیه چشم (*الکترورتینوگرافی*[2]) یا شرطی‌سازی جاندار و بررسی پاسخ رفتاری آن به پرتوی نور اندازه گرفته شود. هرچه رقم این پارامتر برای یک جاندار

[1] Flicker Fusion Threshold
[2] Electroretinography (ERG)

avayebuf.com

بیش‌تر باشد به این معنی است که جاندار مورد نظر، در یک بازه زمانی مشخص، توانایی مشاهده تعداد تغییر بیش‌تری را دارد. در نتیجه، محیط پیرامون را با جزییات بیش‌تری از لحاظ تغییر و نه لزوما از لحاظ کیفیت بینایی می‌بینند.

رقم آستانه ادغام سوسوزنی برای یک انسان به‌صورت معمول در بازه‌ای در حدود ۵۰ تا ۶۰ هرتز قرار دارد [۱۳۳]. به همین خاطر، فیلم‌های سینمایی که معمولا با سرعت ۲۴ فریم در هر ثانیه پخش می‌شوند با تکرار هر فریم به میزان دو تا سه مرتبه، نهایتا تصویری با سوسوزنی ۴۸ تا ۷۲ هرتز ارایه می‌کنند که باعث می‌شود یک بیننده، فیلم را به‌صورت تصویری پیوسته و نه مجموعه‌ای از فریم‌های مجزا ملاحظه کند.

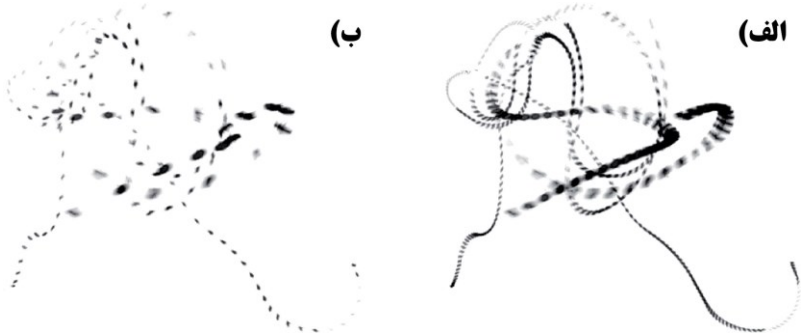
با این‌حال، پیوسته دیدن یک فیلم یا مثلا نور منتشر شده از یک لامپ چیزی نیست که در میان همه جانداران دیده شود. جاندارانی که رقم سوسوزنی بالاتری دارند به راحتی متوجه منقطع بودن این موارد می‌شوند و به‌صورت کلی در مقایسه با یک انسان، تغییرات دنیای پیرامون را به‌صورت آهسته‌تری می‌بینند. مثلا بالاترین عدد ثبت شده برای یک جانور مهره‌دار متعلق به پرنده‌ای به نام *مگس‌گیر ابلق*[1] است که رقم آن به ۱۴۶ هرتز می‌رسد [۱۳۴]. این رقم به این معناست که این پرنده می‌تواند محیط پیرامون و تغییرات آن را در حدود سه برابر آهسته‌تر از یک انسان ببیند. موضوعی که خیلی هم عجیب نیست زیرا پرندگان به خاطر قابلیت پرواز کردن، به توانایی بالاتری در دیدن تغییرات محیطی نیاز دارند. در میان جانداران ساکن دریا، میگوی *تپانچه‌ای چنگال‌بزرگ*[2] با رقم آستانه ادغام سوسوزنی ۲۰۰ هرتز، دارای بیش‌ترین توانایی در تشخیص سوسوزنی نور است [۱۳۵]. به بیان دیگر، این جاندار قادر است در هر ثانیه ۲۰۰ بار از محیط پیرامون خود تصویربرداری کند.

از لحاظ آهسته دیدن محیط پیرامون، حشرات جایگاه بسیار مخصوصی را در میان تمامی موجودات شناخته شده به خودشان اختصاص می‌دهند. در میان اندازه‌گیری‌های انجام شده

[1] Pied Flycatchers
[2] Alpheus Heterochaelis

t.me/AVAYeBUF

در مورد حشرات، رتبه اول به *سوسک سیه‌آتش*[1] تعلق دارد. سوسکی که رقم سوسوزنی آن برابر با عدد وحشتناک ۴۰۰ هرتز است [۱۳۶]. عددی که عملا هشت برابر رقم گزارش شده برای یک انسان است. از طرف دیگر، اگر بخواهیم به دنبال کم‌ترین ارقام بگردیم، باید به سراغ موجوداتی برویم که چندان در معرض نور نیستند و مثلا در جایی مانند اعماق آب‌ها زندگی می‌کنند. یکی از کم‌ترین رقم‌های ثبت شده در همین زمینه مربوط به یک نوع سخت‌پوست[2] ساکن آب‌های عمیق‌تر از ۲۰۰ متر است که تنها برابر چهار هرتز است [۱۳۷]. یعنی این موجود در هر ثانیه تنها چهار تغییر را می‌تواند ملاحظه کند. به زبان دیگر، یک سوسک سیه‌آتش می‌تواند هزار برابر آهسته‌تر و البته ظریف‌تر از این سخت‌پوست، تغییرات پیرامون را ببیند.



تصویر ۶۹: مسیر حرکت یک مگس از نگاه دو دوربین. در تصویر الف از دوربینی با قدرت ۱۲۰ فریم در هر ثانیه (مشابه با نرخ بینایی مگس‌گیر ابلق) و در تصویر ب، از دوربینی با قدرت ثبت ۴۰ فریم در هر ثانیه (مشابه با نرخ بینایی انسان) استفاده شده است. سرعت سه برابری مگس‌گیر ابلق در تازه‌سازی تصویر در مقایسه با انسان، عملا موجب فراهم شدن امکان دیدن جزییات بسیار بیش‌تری شده است [۱۳۴].

اگر وجود یک مغز منسجم خیلی ملاک نباشد، حتی می‌توان به جاندارانی برخورد که تعداد تغییر مشاهده شده توسط آن‌ها کم‌تر از این مقادیر باشد. کم‌ترین رقم مشاهده شده در این زمینه متعلق به نوعی ستاره دریایی موسوم به *ستاره دریایی تاج‌تیغی*[3] است که برابر با

[1] Melanophila Acuminata
[2] Booralana Tricarinata
[3] Crown-of-thorns starfish

avayebuf.com

۰/۷-۰/۶ هرتز است [۱۳۸]. موجودی که اگرچه فاقد مغز و چشم پیچیده است اما با کمک نوعی چشم ساده موسوم به *لکه چشمی*[1] و همچنین بهره بردن از یک سامانه عصبی شعاعی و مدور می‌تواند به تغییرات نوری محیط پیرامون واکنش نشان دهد.

نکته دیگری که باید در مورد ادراک زمان به آن دقت کرد این است که عاملی به نام آستانه ادغام سوسوزنی در یک جاندار لزوما همیشه به‌صورت ثابت نیست و شرایط محیطی و وضعیت درونی جاندار می‌تواند بر کیفیت آن اثر بگذارد. مثلا ما می‌دانیم که برخی از موجودات آبزی مانند شمشیرماهی، ماهی تن و حتی برخی از کوسه‌ها قادرند دمای بدن خودشان را افزایش داده تا بهتر با آب سرد اعماق اقیانوس‌ها مقابله کنند. این افزایش دما موجب افزایش دمای سیستم اعصاب مرکزی و همچنین چشم‌های این موجودات شده و سبب می‌شود که قوه بینایی آن‌ها تحت تاثیر قرار بگیرد. مثلا در شمشیرماهی، این افزایش دما موجب می‌شود که دمای چشم‌ها و مغز این ماهی نسبت به محیط پیرامون در حدود ۱۰ تا ۱۵ درجه سانتی‌گراد افزایش یابد. اندازه‌گیری‌ها نشان می‌دهد که آستانه ادغام سوسوزنی برای شمشیرماهی در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد برابر با ۵ هرتز و حتی کم‌تر است اما همین پارامتر در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد می‌تواند به بالای ۴۰ هرتز برسد. در نتیجه، قدرت تفکیک بینایی شمشیرماهی بسته به میزان افزایش دما و عمقی که به آن نفوذ می‌کند می‌تواند تا چند ده برابر افزایش یابد. به این صورت، شمشیرماهی می‌تواند تغییرات محیطی را با جزییات بالاتری ببیند و موجودات خون‌سرد را راحت‌تر شکار کند [۱۳۹].

یک مثال دیگر در زمینه اثر شرایط و وضعیت جاندار بر مشاهده تغییرات محیطی و در نتیجه ادراک زمان، تاثیری است که حرکت جاندار بر کیفیت تصویر ورودی دارد. تشخیص یک تغییر حرکتی در محیط چه برای یک جاندار شکارچی و چه برای جانداری که قرار است شکار شود و در معرض خطر قرار دارد بسیار اهمیت دارد. با این‌حال، حرکت کردن می‌تواند سبب شود که تضاد تصویر کاهش یابد و جاندار نتواند به خوبی تغییرات محیطی

[1] Eyespot

t.me/AVAYeBUF

را درک کند. سوسک ببری یکی از مثال‌های بسیار جالب در همین زمینه است. این سوسک به خاطر داشتن قدرت تفکیک پایین برای مشاهده محیط پیرامون، نمی‌تواند در حال حرکت شکار خودش را رهگیری کند و مجبور است هر از گاهی در جای خود بایستد، شکار را مجددا موقعیت‌یابی کند و سپس دوباره به سمت آن برود [۱۴۰].

نه تنها شرایط محیطی که حتی توجه یک جاندار هم می‌تواند بر تصاویر دیده شده اثر بگذارد. به‌عنوان یک نمونه در تایید اثر توجه جاندار بر ادراک تغییرات محیطی می‌توان به گزارش‌هایی اشاره کرد که ادعا می‌کنند برخی از بازیکنان حرفه‌ای ورزش‌های توپی مانند تنیس یا بیس‌بال در زمانی که توپ به آن‌ها نزدیک می‌شود سرعت گذر زمان را کندتر و تغییرات محیطی را با جزییات بیش‌تر از حد معمول ملاحظه می‌کنند. در نتیجه، آن‌ها می‌توانند توپ را قبل از ضربه زدن به شکل واضح‌تری ببینند [۱۴۱].

هرچند مسیر دریافت، نحوه پردازش و انجام عکس‌العمل در میان همه جانداران به یک صورت نیست اما می‌توان علاوه بر شنوایی و بینایی به مورد دیگری به نام عکس‌العمل جنبشی جاندار روی آورد تا آن را به نوعی با ادراک جاندار با زمان مرتبط دانست. عکس‌العملی که لزوما نمی‌توان آن را همواره واکنشی آگاهانه تلقی کرد. بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهند که سرعت چنین فعالیتی ارتباطی وارونه با ابعاد بدن جاندار دارد. مثلا یک مطالعه نشان داده است که سرعت عکس‌العمل کوچک‌ترین پستانداران زمینی مانند *حشره‌خوار*[1] می‌تواند حداقل ۱۷ برابر سریع‌تر از بزرگ‌ترین پستاندارهای زمینی مانند فیل باشد [۱۴۲]. در میان عکس‌العمل‌های جنبشی، واکنشی دفاعی مانند یکه *خوردن*[2] که نوعی عکس‌العمل آنی و غیرارادی به حساب می‌آید، از موارد شناخته شده‌ای است که معمولا برای جانداران اندازه‌گیری می‌شود. طی یک آزمایش مشخص شده که سرعت یکه‌خوردن نوعی مگس *پادراز*[3] در مقابل نور تابیده شده کم‌تر از ۵ میلی‌ثانیه (احتمالا حدود ۲ میلی‌ثانیه) است [۱۴۳].

[1] Shrew
[2] Startle Response
[3] Condylostylus

avayebuf.com

فارغ از بحث ساختمان مغز یا سرعت واکنش جانداران مختلف نسبت به محرک‌های گوناگون، عوامل بسیاری را می‌توان بر ادراک زمان موثر دانست. سن، دمای بدن، *تکانش‌گری*[1]، کسالت، تکرار، پیش‌داوری و انتظار قبلی، سرعت وقوع تغییر، شاخص‌های زمانی محیطی، تغییرات فیزیولوژیکی، سرعت سوخت و ساز بدن و حتی موقعیت و وضعیت ظاهری یک رخداد می‌توانند از جمله این موارد باشند. اگرچه دنبال کردن اثر پیچیده‌ای مانند تکانش‌گری بر ادراک زمان در میان غیرانسان‌ها کار راحتی نیست اما در مورد تغییرات فیزیولوژیکی و سرعت سوخت و ساز با دشواری کم‌تری روبرو هستیم. در ادامه سعی می‌شود به هر یک از این موارد اشاره شود.

بیایید برای شروع کارمان را با اثر سن و سال بر ادراک زمان شروع کنیم. تحقیقات زیادی وجود دارد که نشان می‌دهد هرچه بر عمر یک انسان افزوده می‌شود گذر ظاهری جریان زمان سریع‌تر احساس می‌شود [۱۴۴]. موضوعی که شاید بتوان آن را حداقل به جانداران پیچیده دیگر هم نسبت داد [۱۴۵]. حقیقت تلخی که می‌گوید هرچه سن ما افزایش می‌یابد، به نظرمان می‌آید که روزهای باقی مانده سریع‌تر از قبل، از دست می‌روند.

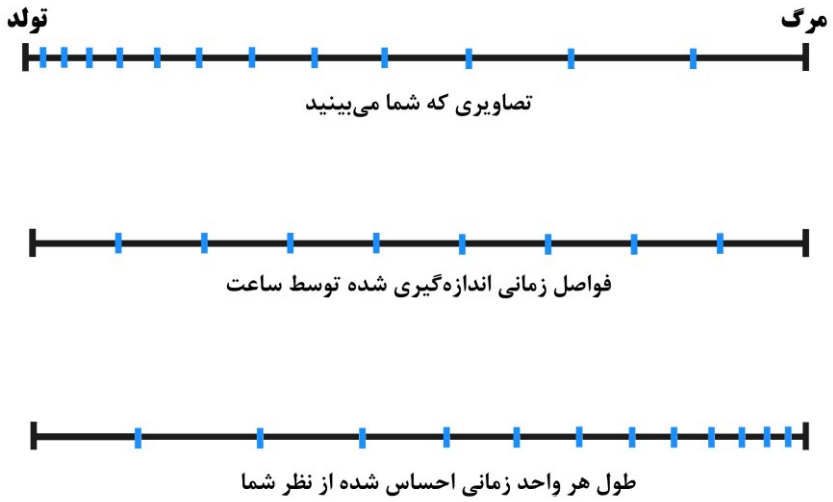
در راستای توضیح این پدیده فرضیه‌های مختلفی مطرح شده است. شاید شناخته شده‌ترین آن‌ها این باشد که می‌گوید هرچه بر عمرمان افزوده می‌شود، بر میزان شناخت ما از محیط اضافه شده و روند زندگی برایمان یک‌نواخت‌تر احساس می‌شود. یعنی با افزایش عمر، مغز توجه کم‌تری به تغییرات محیطی می‌کند و عملا گذر زمان را به خاطر همین بی‌توجهی سریع‌تر احساس می‌کند. یک فرضیه دیگر، علت را در کیفیت مسیر انتقال پیام‌های دریافتی در مغز جستجو کرده است. مطابق این فرضیه، هرچه عمر ما افزایش می‌یابد، اندازه و پیچیدگی شبکه عصبی ما هم افزایش یافته و در نتیجه، طول مسیر انتقال داده‌های الکتریکی در مغز بیش‌تر می‌شود. علاوه‌بر این، هرچه عمر ما بیش‌تر می‌شود میزان آسیب‌های عصبی ترمیم نشده که در مقابل گذر جریان اطلاعات مقاومت می‌کنند هم افزایش می‌یابد. این موارد در نهایت منجر می‌شود که با افزایش عمر، سرعت پردازش در

[1] Impulsivity

t.me/AVAYeBUF

مغز کاهش یافته و فرد اصطلاحا فریم‌های کم‌تری را از تغییرات محیط پیرامون خود در هر ثانیه درک کند (تصویر ۷۰). موضوعی که سبب می‌شود تغییرات محیطی با قدرت کم‌تری احساس شده و فرد تصور کند زمان با سرعت بیش‌تری در حال از دست رفتن است [۱۴۶]. با وجود این فرضیه‌ها، البته هنوز علتی نهایی برای این پدیده ارایه نشده و شاید این موضوع تنها یک علت نداشته باشد و بهترین کار توجه به دلایل مختلف ارایه شده باشد.

اگرچه ساعت‌های زیستی سلول‌های بدن یک جاندار که مبتنی بر چرخه‌های مولکولی هستند به مقدار بسیار زیادی تغییرات دمایی را تحمل کرده و اصطلاحا مستقل از دما می‌باشند اما داستان ادراک زمان کمی متفاوت است. حداقل در مورد انسان‌ها مدارکی وجود دارد که می‌گویند ادراک زمان توسط ما می‌تواند تحت تاثیر دمای بدنمان قرار گرفته و این افزایش دما سبب شود که احساس کنیم سرعت گذر زمان افزایش یافته است [۱۴۷].



تصویر ۷۰: افزایش سن و ادراک زمان. هرچه پیرتر می‌شویم، گویی روزهای باقی‌مانده زودتر می‌گذرند و ما با سرعت بیش‌تری به پایان داستان کوتاهمان نزدیک می‌شویم.

افرادی که تکانشی محسوب می‌شوند و اصطلاحا در گرفتن تصمیمات و رفتارهای مختلف تکانشی، عجولانه و احساسی عمل می‌کنند گذر زمان را به‌صورت مخصوصی درک می‌کنند. این افراد فواصل زمانی تجربه شده را بیش از میزان واقعی آن احساس می‌کنند موضوعی که نشان می‌دهد چرا آن‌ها در مقایسه با یک فرد معمولی، در مقابل سپاس‌گزاری یا قدردانی

avayebuf.com

به تعویق افتاده، واکنش منفی شدیدتری از خود بروز می‌دهند [۱۴۸].

عامل دیگری که می‌تواند بر ادراک زمان یک جاندار اثر بگذارد کسالت و سر رفتن حوصله است. مثلا مشخص شده است که از نظر انسانی که متمایل به کسالت است گذر زمان به‌صورت آهسته‌تری احساس می‌شود [۱۴۹]. موضوعی که علت آن کاهش یا مختل شدن توانایی شناختی و قوه ادراک فرد است.

تجربه قبلی یک وضعیت، سبب ایجاد اثر مشخصی بر تجربه مجدد آن می‌شود. مثلا وقتی یک رخداد یک‌بار تکرار شد و فرد آن را تجربه کرده، مدت زمان وقوع همان رخداد در دفعات بعدی و در مقایسه با رخدادهای جدید، کوتاه‌تر احساس می‌شود [۱۵۰]. این یعنی چون مغز حداقل یک‌بار تجربه برخورد با رخداد مورد نظر را دارد، عملا انتظار برخورد با آن را هم دارد. موضوعی که سبب می‌شود مغز از دیدن تمام جزییات این رخداد تکراری پرهیز کرده و در نتیجه این احساس حاصل شود که گذر آن سریع‌تر از قبل رخ داده است.

مدارک و آزمایش‌های زیادی وجود دارد که تایید می‌کنند سرعت وقوع یا تغییر یک رخداد بر ادراک زمان توسط یک جاندار موثر است. این مطالعات نشان می‌دهند که مدت زمان وقوع یک رخداد در حال حرکت نسبت به یک رخداد ایستا، طولانی‌تر احساس می‌شود و این نسبت، با افزایش سرعت افزایش می‌یابد [۱۵۱]. موضوعی که پیشنهاد می‌کند ادراک مکان و زمان دو موضوع درهم‌تنیده و مرتبط هستند.

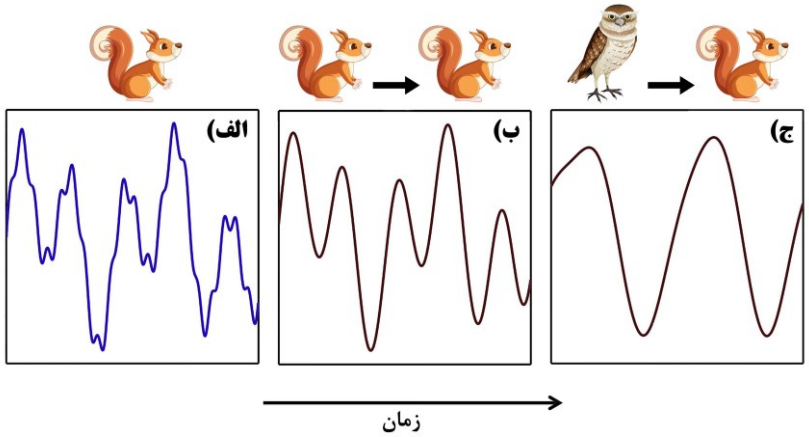
شاخص‌های زمانی محیطی یکی دیگر از عوامل بسیار مهم در تغییر ادراک ما از زمان هستند زیرا ادراک یک جاندار تحت تاثیر ساعت‌های درونی سلولی قرار دارد و این ساعت‌ها هم خود تحت تاثیر شاخص‌های زمانی محیطی هستند. همان‌طور که در بخش قبلی در مورد آزمایش استفانیا فولینی به آن اشاره شد قرار گرفتن در تاریکی می‌تواند بر ساعت زیستی ما اثر بگذارد. در نتیجه، عجیب نیست که اثری هم‌راستا با این تغییر در ادراک زمان هم مشاهده شود. وقتی فولینی پس از ۱۳۰ روز از غار خارج شد، تصور می‌کرد که تنها ۶۰ روز گذشته است.

t.me/AVAYeBUF

حالت‌های فیزیولوژیکی یا محیط شیمیایی بدن یک جاندار که خود می‌توانند تحت تاثیر عوامل داخلی (مانند امیال، احساسات و نیازها) یا خارجی (مانند درد، لمس یا سایر محرک‌های بیرونی) قرار بگیرند از جمله موارد دیگری هستند که می‌توانند بر ادراک زمان جاندار اثر بگذارند. به بیان دیگر، فارغ از نوع، غلظت و کیفیت، ترکیبات مولکولی مختلف موجود در بدن یک جاندار می‌توانند موجب تغییر میزان آگاهی او و در نتیجه تغییر ادراکش از گذر زمان شوند. تاثیر هورمون‌ها بر ادراک زمان یک جاندار مساله‌ای است که گزارش‌های زیادی از آن در دست می‌باشد [۱۵۲]. مثلا موقعی که یک جاندار از چیزی می‌ترسد با واکنش ستیز یا گریز مواجه می‌شود. شرایطی که طی آن، ورود فوجی از هورمونی به نام نورآدرنالین (نوراپی‌نفرین) به خون سبب می‌شود که مغز انرژی بیش‌تری را صرف توجه به محیط پیرامون، هوشیاری و در کل تغییرات به‌وقوع پیوسته محیطی کند. در نتیجه، جاندار می‌تواند برخلاف حالت عادی و معمول درکی سریع‌تر و دقیق‌تر از رخدادها و در نتیجه جریان ظاهری زمان داشته باشد. یکی از مثال‌های خوب در همین زمینه تجربه چتربازان از گذر زمان است. چتربازان تازه‌کار که تحت تاثیر ترس بیش‌تری هستند ممکن است گذر زمان در مدت پرواز خود را حدود ۳۰ دقیقه بیش‌تر از چتربازان کهنه‌کار احساس کنند [۱۵۳]. مورد مشابهی با همین وضعیت در میان پرش‌کنندگان سقوط آزاد دیده می‌شود. مثلا یک مطالعه نشان داده است که پرش‌کنندگان از ارتفاع ۳۱ متری، گذر زمان در حین سقوط خود را ۳۶ درصد طولانی‌تر از سایر پرش‌کنندگان احساس کرده‌اند [۱۵۴]. حتما لازم نیست که از ارتفاع پریده باشید تا این اتساع زمان را تجربه کرده باشید، وضعیت مشابهی در زمان تصادف یا مثلا مواجه با سرقت هم رخ می‌دهد و افرادی که در این موقعیت‌ها قرار گرفته‌اند زمان وقوع آن را طولانی‌تر از زمان اندازه‌گیری شده احساس کرده‌اند. البته احساس اتساع زمان فقط در موردی مانند ترس دیده نمی‌شود و مثلا گزارش‌های مشابهی در میان افراد دچار افسردگی [۱۵۵]، بیماری، اضطراب [۱۵۶] و خستگی [۱۵۷] هم دیده شده است. همچنین باید به این نکته دقت شود که احساس تغییر گذر زمان مخصوص احساسات منفی نیست و به‌صورت وارونه، احساسات مثبت هم می‌توانند منجر به انقباض گذر ظاهری زمان شوند.

avayebuf.com

در کنار بحث تغییرات فیزیولوژیکی و موردی مانند احساسات، موضوع دیگری که ممکن است بر ادراک زمان و تجربه ذهنی آن اثر داشته باشد، نرخ سوخت و ساز بدن یک جاندار است. یک فرضیه می‌گوید چون کاهش اندازه بدن جانداران و همچنین افزایش میزان سوخت و ساز آن‌ها با پاسخ‌های سریع‌تر به محرک‌ها همراه می‌باشد پس ممکن است که این دو ویژگی یعنی اندازه بدن جاندار و سرعت سوخت و ساز بتوانند به‌عنوان عاملی موید کیفیت ادراک زمان توسط یک جاندار در نظر گرفته شوند. یک مطالعه تطبیقی تلاش کرده است که با بررسی طیف وسیعی از جانوران مهره‌دار، شواهدی برای این فرضیه مطرح کند [۱۵۸]. این مطالعه نشان داده است که جانوران کوچک‌تر دارای نرخ سوخت و ساز بیشتر و آستانه سوسوزنی بالاتری هستند. به عبارت دیگر، این مطالعه می‌گوید که هرچه جانور مورد نظر کوچک‌تر باشد، جزییات بیش‌تری از تغییرات محیطی را می‌بیند و هرچه بزرگ‌تر باشد ادراکی کلی‌تر و زمخت‌تر نسبت به رخدادهای محیطی دارد (تصویر ۷۱). فرضیه‌ای که حداقل مطرح شدنش به این شکل، مشکلاتی مانند تعمیم‌پذیری ناکافی و همچنین شواهد متناقض، ناکافی و البته غیرمستقیم دارد [۱۵۹].



تصویر ۷۱: یک سنجاب بسیار بهتر از یک شکارچی به مانند جغد می‌تواند تغییرات ناشی از حرکت یک جاندار دیگر را مشاهده کند. الف) الگوی حرکت سنجاب، ب) الگوی دیده شده توسط یک سنجاب دیگر و ج) الگوی دیده شده توسط یک جغد گوش‌کوتاه [۱۵۸]

به‌عنوان آخرین مواردی که در این‌جا قصد دارم به آن‌ها و اثرشان بر ادراک زمان در یک جاندار اشاره کنم، باید به سراغ وضعیت و محل وقوع یک تغییر یا رخداد برویم. مواردی که

t.me/AVAYeBUF

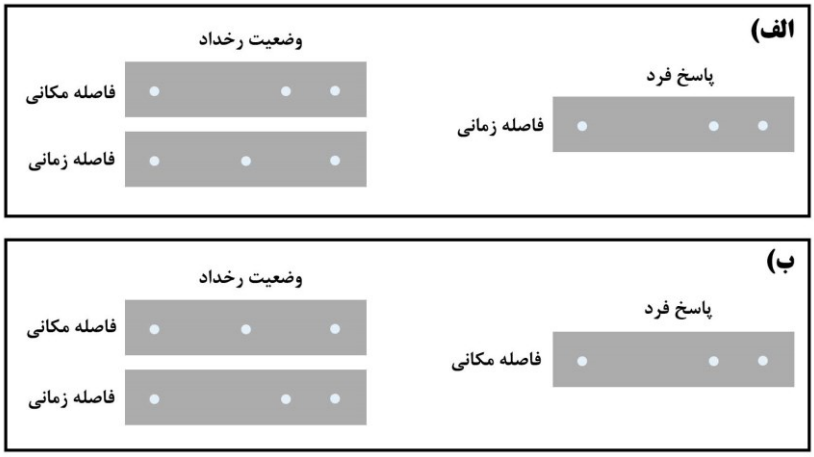
حداقل اثر آن‌ها در میان انسان‌ها با مطالعات خوبی بررسی شده است. مثلا مطالعاتی وجود دارد که می‌گوید افراد بعد از مشاهده دو صفحه آبی و قرمز رنگ که مدت زمان نمایش هر دو یکی بوده، نمایش صفحه قرمزرنگ را طولانی‌تر درک کرده‌اند. نکته جالب‌تر این است که این اختلاف در ادراک زمان سپری شده تنها در مردان مشاهده شده است [۱۶۰]. با در نظر گرفتن این یافته و البته با پوزش فراوان از تمامی فعالان فمنیست باید بگویم که انگار پای جنسیت جانداران هم به موضوع ادراک زمان باز شده است.

علاوه‌بر وضعیت ظاهری یک رخداد، عامل موثر دیگر بر ادراک زمان، سرعت وقوع آن است. برای فهم این موضوع تصور کنید که دو لامپ با فاصله مشخص از یک‌دیگر در جلوی شما قرار دارد و برنامه از این قرار است که در آغاز لامپ اول روشن و خاموش شده و پس از مدت زمان مشخصی همین کار با لامپ دوم انجام شود. سپس فاصله بین دو لامپ بیش‌تر شده و رویه قبلی عینا تکرار شود. اگر لازم باشد حتی می‌توان این افزایش فاصله را تا چند مرتبه دیگر هم انجام داده و آزمایش فوق را تکرار کرد. طبیعتا چون فاصله زمانی بین روشن شدن دو لامپ همواره ثابت بوده و تحت تاثیر فاصله فیزیکی دو لامپ قرار نداشته است، ادراک ما از اختلاف میان روشن شدن دو لامپ هم باید یکی باشد اما آزمایشات می‌گوید که این طور نیست. مثلا در آزمایشی که فاصله زمانی روشن شدن دو لامپ همواره برابر با ۷ ثانیه و لامپ‌ها در سه نوبت در فواصلی در حدود ۲۰، ۴۰ و ۸۰ سانتی‌متر از یک‌دیگر بوده‌اند، زمان درک شده توسط داوطلبان به‌عنوان بازه زمانی میان روشن شدن دو لامپ به ترتیب برابر با ۵/۹۳، ۶/۳۹ و ۷/۰۷ ثانیه بوده است [۱۶۱]. موضوعی که در آزمایشات مکرر و فواصل زمانی بیش‌تر هم تایید شده است. به این اثرپذیری آشکار ادراک زمان توسط مغز از موقعیت یک رخداد، *اثر کاپا*[1] گفته می‌شود. موضوعی که فقط منحصر به زمان نیست و وضعیت مشابه اما در جهت عکس آن در مورد ادراک مکان هم مشاهده می‌شود و به آن *اثر تاو*[2] گفته می‌شود. به این صورت که اگر مثلا ۳ رخداد داشته باشیم که در فواصل کاملا مشخصی از هم قرار داشته باشند اما وقوع آن‌ها از نظر زمانی متفاوت باشد، ادراک بیننده

[1] Kappa Effect
[2] Tau Effect

avayebuf.com

از فاصله این رخدادها تحت تاثیر زمان تغییر داده شده قرار می‌گیرد (تصویر ۷۲). مثلا اگر فاصله زمانی میان رخداد اول و دوم کم‌تر از فاصله زمانی میان رخداد دوم و سوم باشد، بیننده تصور می‌کند که فاصله مکانی هم چنین وضعیتی دارد و فاصله میان رخداد اول و دوم کم‌تر از فاصله میان رخداد دوم و سوم است [۱۶۲].



تصویر ۷۲: مقایسه اثر کاپا (الف) و اثر تاو (ب) بر ادراک زمان و مکان برای ۳ رخداد یکسان

در پایان این بخش باید گفت که به‌صورت کلی می‌توان ادراک زمان در میان جانداران مختلف را به دو بخش انسانی و غیرانسانی تقسیم کرد. همان‌طور که در فصل اول به آن اشاره کردم، ادراک ما از زمان می‌تواند به‌صورت خطی باشد زیرا ما کاملا از این موضوع آگاهیم که روزی متولد شده‌ایم و روزی خواهیم مرد. با این‌حال پستاندارانی به مانند یک موش یا یک سگ قادر به درک چنین موضوعی نیستند. البته آگاهی از وقوع مرگ در برخی از حیوانات پیچیده مانند کپی‌های بزرگ دیده شده است اما مشخص نیست که آیا آن‌ها می‌توانند همانند ما به‌صورتی خطی به وضعیت تولد، زندگی و نهایتا مرگ بیاندیشند یا این که از چنین کاری عاجزند. مشخص نیست که آیا آن‌ها مرگ را برای خودشان هم پیش‌بینی می‌کنند یا این که صرفا به آن، به شکل رخدادی برای سایر جانداران و هم‌نوعان می‌نگرند.

مورد دیگر درباره تفاوت آشکار ادراک ما از زمان با سایر حیوانات، تقسیم‌بندی فواصل زمانی و از آن مهم‌تر، توانایی شمارش این فواصل است. در فصل اول اشاره کردم که دسترسی ما

t.me/AVAYeBUF

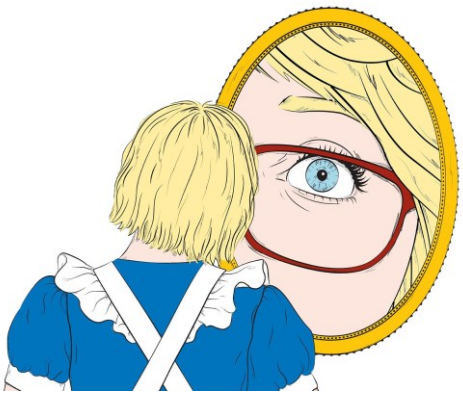
به سیستم شمارش یکی از ستون‌های حیاتی در باور خطی به زمان است. شاید تولد و مرگ بزرگ‌ترین شاخص ما در ادراک خطی به زمان باشد اما بدون شمردن فواصل زمانی میان دو بازه، یک جاندار عملا قادر نخواهد بود که درکی دقیق از وضعیت خودش نسبت به نقطه آغاز و پایان زمان داشته باشد و در نتیجه، در بازه زمانی میان تولد و مرگ گم می‌شود. ما به لطف سیستم شمارش و داشتن شاخص‌های زمانی مانند ثانیه، دقیقه، ساعت، روز، هفته، ماه، سال، قرن و امثالهم، می‌توانیم برخلاف بقیه حیوانات بگوییم که مثلا در فلان چهارشنبه، در فلان سال و در فلان قرن چه اتفاقی افتاده است اما سایر حیوانات نهایتا می‌توانند گذشته‌ای کم‌رنگ از یک رخداد را به‌خاطر بیاورند و قادر نیستند دقیقا موقعیت آن را مشخص کنند. حتی جاندارانی که ثابت شده می‌توانند وضعیت حافظه بهتری نسبت به ما داشته باشند هم از این موضوع استثنا نیستند. جانداران دیگر در بهترین حالت زمان را به مانند نیاکان ما، به‌صورت دوری و چرخه‌ای می‌بینند و چون فاقد سیستم شمارشی و در نتیجه اندازه‌گیری مدون زمان هستند، نمی‌توانند رخدادها و تغییرات محیطی را در قاب‌های زمانی مختلف و مشخص به خاطر بیاورند. آن‌ها اساسا خود را در حال می‌بینند و ادراک و فهم آن‌ها از گذشته و آینده به مانند ادراک ما از این بازه‌های زمانی، ملموس و دقیق نیست.

تولیدمثل، خواب زمستانی یا مهاجرت سالانه می‌تواند به یک حیوان نشان دهد که دوره جدید آغاز شده اما نمی‌تواند به او بگوید که او دقیقا کجای آن دوره است. یک جاندار می‌تواند به‌صورت کیفی بفهمد که مثلا باید فصل سرما تمام شود تا فصل جفت‌گیری شروع شود اما درک او از این موضوع کمی نیست. در نتیجه، یک جاندار نمی‌تواند بفهمد که مثلا تا شروع فصل جفت‌گیری بعدی باید چند بار دیگر طلوع و غروب خورشید را ببیند. البته باید اذعان کرد که اگرچه تعیین موقعیت دقیق زمان، آن هم با کمک سیستم شمارش و تقسیم‌بندی زمانی تنها از عهده انسان‌ها برمی‌آید اما شمارش چیزی نیست که مختص انسان باشد و هرچند به‌صورت ساده در میان جانداران دیگر هم دیده می‌شود. با این‌حال، میان داشتن توانایی شمارش اولیه و توانایی شمارش آگاهانه چرخه‌های زمانی، فاصله زیادی وجود دارد که بعید است موجودی به جز انسان قادر به انجام آگاهانه آن باشد.

avayebuf.com

کارگاه مونتاژ واقعیت

دقیقا خاطرم نیست که ماجرا از چه موقع شروع شد اما خوب به یاد دارم که در دوران کودکی و از یک جایی به بعد، کم‌کم متوجه شدم که می‌توانم گذر زمان را به شکلی احساس کنم که هیچ یک از اطرافیانم قادر به درک آن نبودند. احساسی که هر از چند گاهی و بدون هیچ دلیل قابل تشخیصی باعث می‌شد که خودم را همانند انسان‌های مدعی تجربیات ماورایی در حالتی خاص و مبهم ببینم. در این لحظات که معمولا بیش‌تر از یک دقیقه طول نمی‌کشید، همه‌چیز، حتی عقربه‌های ساعت، سریع‌تر از حالت معمول و متداول به جلو می‌رفت. از آن دوران، سال‌های فراوانی گذشته و دیگر شاهد وقوع چنین حالتی حداقل به‌صورت خودبه‌خود نبوده‌ام اما چند سال پیش متوجه شدم که اگر به قدر کافی تمرکز کنم، هر زمان که اراده کنم می‌توانم مجددا چنین تجربه‌ای را داشته باشم. عملا انگار که توانسته باشم به نوعی چشم آگاماتو دست بیابم. هنوز نمی‌دانم که علت دقیق چنین تجربه‌ای چه بوده است. شاید بتوان بروز چنین علایمی را مرتبط با *نشانگان آلیس در سرزمین عجایب*[1] دانست که طی آن ادراک فرد از فضا و زمان می‌تواند دچار اختلال شود اما فارغ از این که علت را در چه چیزی جستجو کنیم، بزرگ‌ترین آموخته‌ام از این تجربیات این بود که جریان ظاهری گذر زمان می‌تواند همان چیزی باشد که من دوست دارم آن را ببینم.



تصویر ۷۳: نشانگان آلیس در سرزمین عجایب می‌تواند علایمی مانند اختلال در تشخیص ابعاد بدن، ابعاد محیط پیرامون و حتی سرعت جریان زمان را شامل شود.

[1] Alice in Wonderland Syndrome

t.me/AVAYeBUF

سوال یک میلیون دلاری این است که مغز اصلا چطور به مفهومی به نام زمان دست می‌یابد؟ حتی اگر فرض کنیم چیزی به اسم زمان آن بیرون وجود دارد، همانند مفهوم مکان، بدن ما هیچ گیرنده مشخص و مخصوصی برای دریافت آن ندارد. ما به انواع و اقسام گیرنده‌ها مانند بینایی، بویایی، چشایی، لامسه، فشار، درد، موقعیت اعضای بدن، تعادل، گرما، پر بودن معده و حتی میزان اکسیژن خون مجهزیم اما هیچ گیرنده مشخصی برای تشخیص زمان یا مکان نداریم. به زبان ساده‌تر، باید گفت که هر آن‌چه ما زمان و مکان می‌خوانیم تنها محصولاتی هستند که کارگاهی به نام مغز آن‌ها را با کمک داده‌های ورودی مونتاژ می‌کند. تازه آن هم مونتاژی که کاملا آنی و اصطلاحا برخط نیست! با این حساب اگر تمامی پیام‌های ورودی به مغز قطع شوند البته به شکلی که مغز هم‌چنان زنده و فعال نگه‌داشته شود، دیگر چیزی به نام زمان (یا مکان) در کار نخواهد بود و ارتباط مغز با واقعیت قطع می‌شود، درست است؟ کسی چه می‌داند، شاید واقعا چنین باشد و آن‌چه ما آن را ادراک (آگاهانه یا ناآگاهانه) می‌خوانیم چیزی جز واکنش متقابل به احساسات و پیام‌های دریافتی نباشد. آن هم واکنشی که تنها تا زمانی وجود دارد که تحریک و در نتیجه نیازی به نام عکس‌العمل وجود داشته باشد. مغز موجودات زنده چه در زمان بیداری و چه در زمان خواب، همواره در معرض بمبارانی از پیام‌های دریافتی از بدن و محیط پیرامون می‌باشد و تا وقتی که زنده است، عملا هیچ‌گاه به‌صورت کامل از تجربه محیط پیرامون محروم نمی‌شود. با این‌حال، ممکن است روزی بتوان این موضوع را سنجید که یک مغز بدون دریافت هرگونه پیامی در مورد وضعیت بدن یا محیط پیرامون چگونه مفهوم زمان را درک می‌کند. تقریبا به مانند همان چیزی که در فیلم *شبح درون پوسته*[1] دیده‌ایم. دورانی که در آن فناوری به قدری پیشرفت کرده است که می‌توان مغز را به‌صورت کامل از بدن جدا کرد و آن را هم‌چنان زنده نگه‌داشت. شخصا خیلی دوست داشتم آن‌قدر زنده می‌ماندم که بتوانم روزی عملی شدن این آزمایش ذهنی را از نزدیک ببینم. به هرحال آینده از دستان ما خارج است و اگر آه و افسوسمان از دانش آیندگان را کنار بگذاریم، شاید بهتر باشد که فعلا فرضمان این باشد اگر هیچ داده‌ای به مغز وارد نشود، خودآگاهی و موضوعی مانند ادراک

[1] Ghost in the Shell (2017)

avayebuf.com

هوشیارانه زمان هم وجود ندارد.

اگر زمان محصولی مونتاژ شده در کارگاهی به نام مغز است پس واقعا مهم است که ما بدانیم چطور چنین شاهکار شگفت‌انگیزی تولید شده است. چطور مغزی که متشکل از میلیاردها نورون ناآگاه و ناهوشیار است توانسته مفهومی به نام زمان را برای خودش دست و پا کند یا این که اصلا چطور توانسته این زمان را با زمان خارجی تطبیق دهد. برای دیدن این تطبیق کافی است سعی کنید به‌صورتی ذهنی و مثلا با چشمانی بسته مدت زمان یک دقیقه را اندازه بگیرید و نتیجه حاصل را با یک زمان‌سنج که موازی با اندازه‌گیری ذهنی شما فعال شده است مقایسه کنید. اگرچه توانایی همه افراد در تخمین زمان یکی نیست اما به‌صورت معمول وضع افراد در تخمین زمان خیلی هم خراب نیست و معمولا توافق تقریبا خوبی با زمان اندازه‌گیری شده توسط زمان‌سنج دارد. حتی اگر وضع اندازه‌گیری شما خوب نباشد هم می‌توان اوضاع را با تمرین بهبود بخشید. سوال بزرگ اما همین است که چطور چنین چیزی ممکن است؟ چطور زمان ساختگی و ذهنی ما با زمان بیرونی منطبق شده است؟ اصلا اگر به هردلیلی مانند فرو رفتن در کُما، برای مدتی ارتباطمان با واقعیت مختل شود، چطور دوباره هماهنگ می‌شویم و اصطلاحا در زمان گم نمی‌شویم؟

اگر بخواهیم تنها دست بر روی یک پاسخ بگذاریم، آن پاسخ حافظه است. دسترسی به آن‌چه ما زمان می‌خوانیم و می‌تواند به شکل‌هایی مانند مدت طول کشیدن یک رخداد یا ترتیب وقوع وقایع درک شود، بدون داشتن حافظه ناممکن است. این حافظه است که به ساخته شدن و حفظ مفاهیمی مانند گذشته، حال و آینده کمک می‌کند. مفاهیمی که اساس آن‌ها مبتنی بر قبل و بعد است. اگر حافظه و قدرت پردازش کافی در کار نباشد، ادراک زمان حداقل به‌صورتی که اکنون آن را می‌شناسیم ناممکن می‌شود. در واقع، رجوع مداوم ما به حافظه و مقایسه داده‌های جدید با اطلاعات قدیمی‌تر باعث می‌شود ما پیوسته این احساس را داشته باشیم که در حال حرکت در زمان هستیم. جریانی که طی آن، گذشته پیوسته از ما دور شده و آینده به ما نزدیک می‌شود.

در میان انواع حافظه هم احتمالا حافظه رویدادی شاه‌کلید داستان است. حافظه‌ای که به

t.me/AVAYeBUF

ما کمک می‌کند تا بدانیم امروز صبح، اول از خواب برخواسته‌ایم و سپس صبحانه خورده‌ایم و نه برعکس! حافظه‌ای که مطابق دانش امروز، به نظر می‌رسد که هیپوکامپ نقشی اساسی در شکل‌گیری آن دارد [۱۶۳]. شاید بگویید این‌طور که نمی‌شود، حافظه مربوط به گذشته است و ما می‌دانیم که همین حالا و در همین لحظه مشخص در حال خواندن این متن هستیم و در نتیجه مستقیما در حال تجربه گذر زمان و لحظه حال می‌باشیم. همچنین ما می‌توانیم به آینده فکر کنیم و مثلا به خودمان بگوییم بعد از خواندن این کتاب خسته‌کننده و خشک، به سراغ دیدن سریال مورد علاقه‌ام می‌روم تا قدری از گذر زمان بیش‌تر لذت ببرم. یعنی ما می‌توانیم علاوه‌بر گذشته، مفهوم زمان (لحظه‌ای مشخص از آن یا توالی وقوع وقایع) را در زمان حال تجربه کرده و حتی آن را به آینده‌ای فرضی هم تعمیم بدهیم. ظاهرا حق با شماست اما اگر کمی عمیق‌تر به مفهوم زمان درونی و آن‌چه کارگاهی به نام مغز اقدام به ساختن آن می‌کند بیاندیشیم، متوجه می‌شویم که اساس آن چیزی که ما آن را زمان درونی و ادراک شده می‌خوانیم بر روی شانه‌های خاطراتی است که ما چه به‌صورت آگاهانه و چه به‌صورت خودکار و ناآگاهانه در حال مرور آن‌ها هستیم. در واقع، حتی آن‌چه ما آن را برابر مدت زمان وقوع یک رخداد یا گذر ذهنی زمان می‌دانیم چیزی جز مقایسه فاصله میان ابتدا و انتهای وقوع یک رخداد با تجربیات گذشته نیست. بیایید ببینیم چطور سه مفهوم گذشته، حال و آینده تنها صورتی از گذشته هستند.

تصویر ۷۴: واژه هیپوکامپ برگرفته از کلمه‌ای یونانی به معنای اسب دریایی است که علت این انتخاب، شباهت زیاد ساختار آن به بدن اسب دریایی است.

avayebuf.com

روشن کردن تکلیف رخدادهایی که در گذشته به وقوع پیوسته‌اند چندان دشوار نیست. ما می‌دانیم که از چند سالگی به مدرسه رفته‌ایم چون می‌توانیم شاخصی زمانی در خاطرات خود برای آن در نظر بگیریم و زمان شروع مدرسه خودمان را با آن بسنجیم. مثلا من همان شنبه‌ای به مدرسه رفتم که جمعه قبل از آن، سقوطی دردناک از پله‌های خانه پسرعمویم را تجربه کردم. جمعه‌ای که البته من می‌توانم آن را با شاخص‌های زمانی خارجی ابداعی و در نتیجه، با تاریخی مشخص هم بیان کنم. علاوه‌بر بحث درک یک نقطه مشخص در زمان، بحث میزان طول کشیدن یک بازه زمانی مشخص هم می‌تواند با کمک همین روش تعیین شود. مثلا این که هر یک از مقاطع تحصیلی ما چند سال طول کشیده را هم می‌توان با مقایسه هر دوره با بازه‌های زمانی مشخص مانند روز، ماه یا مثلا سال که ما مفهوم آن‌ها را از خاطرات خودمان می‌دانیم، تعیین کرد. اگر ادراک ما از گذشته، ناشی از مرور خاطرات است و درک آن‌ها نیاز به مقایسه به مبنایی آشنا در خاطرات کهن‌تر دارد، این روند قرار است تا کجا به عقب برود؟ تا جایی که ما هنوز مفهوم زمان را درک نکرده‌ایم و تقریبا هیچ ایده‌ای در مورد این که یک ساعت به چه معناست نداریم. دورانی که ما پس از تولد، کم‌کم با مفهوم زمان خارجی و نحوه ادراک آن آشنا می‌شویم. قدری تامل کنید، مجددا به این موضوع و بحث مراحل رشد و شکل‌گیری ادراک زمان در انسان‌ها بازخواهم گشت.

اگر وضعیت ادراک گذشته چنین است پس وضعیت ادراک حال و آینده به چه صورت است؟ زمان حال که محصول ادراک آنی ما از اتفاقاتی است که در حال وقوع هستند و آینده هم که هنوز رخ نداده است و ما صرفا در حال تصور کردن آن هستیم. در مورد ادراک زمان حال باید گفت هر زمان که ما داده‌ای از محیط پیرامون خودمان دریافت می‌کنیم، مستقیما و به‌صورت آنی به ادراک تبدیل نمی‌شود. در واقع، هر پیام ناشی از محرک بیرونی یا درونی مجبور است یک مسیر عصبی مشخصی را طی کند تا به مغز برسد و تازه در آن‌جا باید تا مدتی پرداخته شود تا نهایتا درک مربوط به آن حاصل شود. مثلا ما می‌دانیم که در یک فرد بزرگ‌سال، بعد از رسیدن یک داده حسی به مغز، زمانی حداقل در حدود ۰/۳ ثانیه طول می‌کشد تا درکی آگاهانه از آن پیام شکل بگیرد یعنی فرد بفهمد که می‌فهمد. همین موضوع برای یک نوزاد ۱۲ تا ۱۵ ماهه برابر ۰/۸-۰/۹ ثانیه و برای یک نوزاد پنج

t.me/AVAYeBUF

ماهه بیش از یک ثانیه است [۱۶۴]. به زبان دیگر، هر آن‌چه ما آن را حال می‌نامیم، فارغ از این که چقدر آنی و لحظه‌ای باشد، همواره موضوعی است که در گذشته رخ داده زیرا مدتی طول می‌کشد تا بعد از دریافت پیام یک رخداد بیرونی (مثل نور یا صدا) یا درونی (مانند تغییر و تحول دمای بدن، تغییر ضربان قلب، خارش پوست و مانند این‌ها) پیام مربوطه به مغز رسیده و سپس پردازش و ادراک مربوط به آن انجام شود. در نتیجه، درک زمان حال حتی اگر واقعا چیزی به نام زمان حال را در دنیای خارج از خود متصور باشیم، چیزی نیست به جز گذشته‌ای که ما آن را حال تلقی کرده‌ایم. موضوعی که می‌توان آن را بندبازی استادانه و بی‌مانند مغز بر روی طناب نازک واقعیت نامید.

شاید سوال شود که چرا ما متوجه این تاخیر نمی‌شویم؟ چرا اختلاف تصاویر دریافتی و رخدادهای بیرونی برایمان واضح نیست. دلایل زیادی را می‌توان برای این پیامد برشمرد که دو مورد از مهم‌ترین آن‌ها ناچیز بودن این تاخیرها و البته توانایی بی‌مانند مغز در ماست‌مالی کردن واقعیت است. در واقع، اگر مغز را قدرتمندترین جاعل واقعیت بنامیم چندان به بی‌راهه نرفته‌ایم. مغز پس از مدتی قرار داشتن در معرض یک عامل مزاحم ثابت یا یک پیام پس زمینه مداوم، از میزان توجه خودش به آن کم می‌کند تا جایی که ممکن است کلا توجه هوشیارانه به آن را قطع کند. احتمالا علت این است که تفسیر پیامی که به‌صورتی بی‌وقفه وجود دارد و البته بر بقای جاندار اثر مشخصی ندارد چندان ضروری نیست. البته که این رویه در طول میلیون‌ها سال فرگشت رخ داده است و به این صورت نبوده که مثلا یک روز مغز با خودش بگوید، خب بس است، خسته شدم! دیگر این پیام را پردازش نمی‌کنم. به بیان دیگر و حداقل در مورد انسان‌ها می‌توان گفت مغزهایی که امروزه می‌بینیم آن‌هایی هستند که در طول فرگشت به سمت چنین راهکاری رفته‌اند.

توجه به نحوه برخورد مغز با واقعیت نشان می‌دهد که اصطلاحا ماست مالی کردن و نوعی جمع کردن سر و ته قضیه توسط آن چندان عجیب و غریب نیست و می‌توان مثال‌های متعددی از آن را در رفتار مغز مشاهده کرد. به‌عنوان یک مثال، بدون این که حتی از جایتان برخیزید، کافی است انگشتانتان را روی هم گذاشته و در حالی که به‌صورت کامل حواستان را جمع کرده‌اید یک بشکن بزنید. بشکن زدن را می‌توان تحریک حداقل سه حس بینایی،

avayebuf.com

شنوایی و لامسه دانست. پیام‌هایی که نه تنها سرعت دریافت و ارسال آن‌ها به مغز متفاوت است بلکه محل تحلیل و پردازش آن‌ها هم در مغز کاملا متمایز از یک‌دیگر است. خب مشکل کجاست؟ مشکل بزرگ مغز دقیقا به همین پردازش هم‌زمان پیام‌های عصبی متفاوت مربوط است. ما می‌دانیم که سرعت دریافت و پردازش هیچ یک از پیام‌های ورودی به مغز دقیقا یکی نیست و میان آن‌ها اختلافی مشخص وجود دارد. پس چطور ما هیچ‌گاه چنین چیزی را احساس نمی‌کنیم؟ چرا وقتی بشکن می‌زنیم و انگشتانمان به یک‌دیگر برخورد می‌کند مثلا اول حس لامسه ناشی از برخورد انگشتان، بعد صدای آن و در نهایت تصویر آن را درک نمی‌کنیم و به جای احساس متوالی هر یک از این تحریکات، همه آن‌ها را به‌صورت هم‌زمان احساس می‌کنیم؟ مغز به شکل شگفت‌انگیزی توانسته همه این تفاوت‌ها را اصطلاحا یک‌دست کرده و به‌صورتی کاملا بی‌سر و صدا و ظاهرا بی‌نقص، قضیه را جمع کند. پرداختن اختصاصی به تعداد بی‌شماری محرک که فوق‌العاده سریع رخ می‌دهند و بسیار هم به یک‌دیگر نزدیک هستند چیزی نیست که هیچ موجود زنده‌ای بتواند انرژی لازم برای انجام آن را تامین کند. در نتیجه، یک کاسه کردن محرک‌های نزدیک به هم و ادراک همه آن‌ها به‌صورت هم‌زمان همان راه حلی بوده است که در طول فرگشت توسط مغز دنبال شده است. راه حلی که البته معایب خودش را هم دارد. مثلا یکی از آن‌ها این است که ما معمولا داغ بودن ظرف غذا و سوختگی انگشتانمان را هم‌زمان با هم احساس می‌کنیم. به زبان دیگر، معمولا ما وقتی داغی بیش از حد ظرف غذایی که لمس کرده‌ایم را حس می‌کنیم که کار از کار گذشته و دستمان سوخته است. با این‌حال، اگر قرار بود که مغز این رخدادهای فوق‌العاده نزدیک به یک‌دیگر را مجزا پردازش کند، ما گرم شدن انگشتانمان را به قدری زودتر احساس می‌کردیم که بتوانیم پیش از وقوع احساس سوختگی دستمان را از ظرف داغ جدا کنیم. بندبازی‌های مغز در مواجهه با واقعیت عجیب و گسترده است. با این‌حال، شاید عجیب‌تر و شگرف‌تر از توانایی مغز در جوش دادن پیام‌های کاملا متفاوت و مجزا به ادراکی ظاهرا یک‌پارچه و بی‌نقص این باشد که این مغز (مانند من و شما) در همین لحظه به خاطر خواندن این اطلاعات در مورد خودش شگفت زده شده است!

به‌عنوان یک مثال دیگر از سرهم‌بندی کردن داده‌های ورودی توسط مغز که مانند قبل

t.me/AVAYeBUF

عملا میان‌بری برای کم کردن مصرف انرژی و فرار کردن از زیر بار پردازش همه واقعیت است، می‌توان به بینایی اشاره کرد. دنیایی که ما در حال مشاهده آن هستیم دایما در حال تغییر و تحول است و نوسانات و اغتشاشات متعدد موجب می‌شوند که تصاویر دریافتی از دنیای پیرامون بسیار آشفته و پرنوسان باشند. حرکت تصاویر بر روی شبکیه چشم، ناپیوستگی تصاویر، تغییرات نوری و زاویه دید از جمله این عوامل نوسان‌ساز هستند. در نتیجه، تصاویر مربوط به محیط پیرامون در جایی به مانند شبکیه انسان تصاویر آشفته و پر از نوسان است اما ما چنین چیزی را نمی‌بینیم. آن‌چه مغز یا در واقع خود ما آن را درک می‌کنیم تصویری یک‌دست و پایدار از محیط پیرامون است. تحقیقات جدید نشان داده است که چطور می‌توان این تناقض ظاهری را توضیح داد. مغز به جای این که هر تصویر ورودی را به‌صورت آنی و در لحظه پردازش کند، با جمع‌آوری داده‌های بصری در یک بازه زمانی وسیع‌تر، اقدام به ساختن یک تصویر میانگین و برآیند از واقعیت خارجی می‌کند. برآیندی از تصاویری که مدت زمانی آن‌ها مجموعا ۱۵ ثانیه اندازه‌گیری شده است. به زبان دیگر، آن‌چه که ما در هر لحظه احساس می‌کنیم تصویری آنی و اصطلاحا آنلاین از محیط پیرامون نیست و در واقع برآیند و میانگینی از داده‌های بصری در ۱۵ ثانیه گذشته است. به زبان حتی ساده‌تر، ما در گذشته زندگی می‌کنیم آن هم گذشته‌ای که قدمت آن می‌تواند به ۱۵ ثانیه برسد [۱۶۵].

حالا که می‌دانیم زمان حال درک شده توسط مغز در واقع همان گذشته است وقت پرداختن به زمان آینده است. ما برای آینده برنامه‌ریزی می‌کنیم یا خودمان را در موقعیتی خیالی فرض می‌کنیم و برخی از کارها را به‌صورتی مشخص و مرتب در این آینده خیالی به انجام می‌رسانیم. آینده‌ای که ممکن است حتی در آن، برنامه قتل کسی را هم بچینیم. تمامی این نقاط زمانی فرض شده در آینده و همچنین بازه‌های زمانی تصور شده برای انجام یک عمل مشخص بر اساس همان چیزی است که ما روزی آن را تجربه کرده‌ایم و حالا مفهوم آن را می‌دانیم. چنین تخمینی یا بر اساس خاطراتی است که عینا مشابه آینده فرض شده هستند و یا اگر آینده فرض شده کاملا جدید باشد زمان متصور شده بر اساس شبیه‌ترین و نزدیک‌ترین وقایع تجربه شده به آن است.

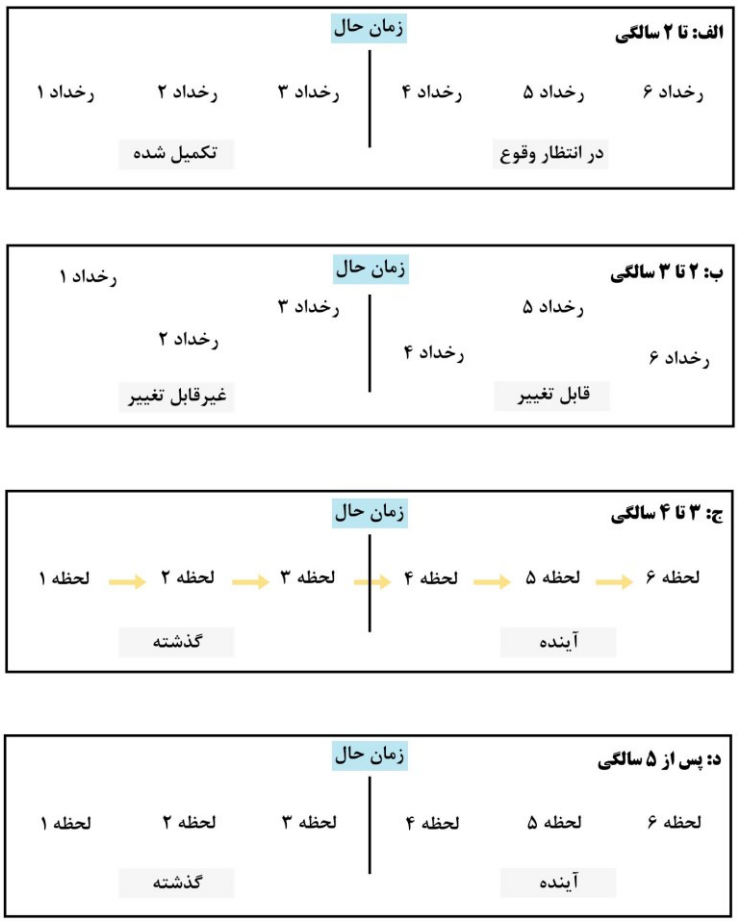
avayebuf.com

البته باید دقت کرد که توانایی مغز انسان در ساختن مفهومی به نام زمان، همیشه به یک صورت نیست. مثلا توانایی مغز یک نوزاد تازه متولد شده یا یک کودک در ساختن مفهوم زمان یا مکان با یک فرد بالغ متفاوت است. در بخش ادراک زمان به آن اشاره کردم که ما هرچه جوان‌تر بوده‌ایم گذر زمان را کندتر احساس می‌کرده‌ایم. علاوه‌بر مفهوم احساس سرعت زمان، مفهوم ادراک زمان هم با افزایش عمر دچار تغییر می‌شود و هرچه انسان به بلوغ نزدیک‌تر می‌شود توانایی او در درک زمان هم بهبود پیدا می‌کند. مثلا یک نوزاد می‌تواند متوجه فواصل زمانی وقوع یک رخداد بشود اما فهم مدت زمانی که یک رخداد طول کشیده نیاز به رشد بیش‌تری دارد. علاوه‌بر این، اگرچه ما در بدو تولد و ماه‌های پس از آن قادریم که محرک‌های خارجی را تشخیص بدهیم اما قادر نیستیم که موقعیت زمانی مشخصی را برای هر یک از این رخدادها در خط زمانی تعیین کنیم. علت این است که نه تنها هنوز خودآگاهی و خویشتن‌آگاهی ما تکمیل نشده و نیاز به رشد دارد بلکه ما هنوز با مفهوم زمان خارجی و شاخص‌های زمانی مرتبط با آن آشنا نشده‌ایم. از همین‌رو و مطابق یک مدل پیشنهادی که در تصویر ۷۵ به نمایش درآمده است [۱۶۶]، می‌توان نحوه رشد ادراک انسان‌ها را از بدو تولد به بعد در حداقل چهار مرحله به نمایش درآورد. در مرحله اول، انتظار می‌رود که کودکان تا قبل از حدود ۲۴ ماهگی، به توانایی تشخیص تغییرات محیطی به‌صورت مجزا و همچنین تعیین موقعیت آن‌ها نسبت به یک‌دیگر به شکل قبل و بعد مجهز شوند. به این صورت که مثلا بفهمند مسواک زدن بعد از غذا خوردن و قبل از خواب است. حتی اگر بحث تعیین زمان وقوع هر رخداد را کنار بگذاریم اوضاع فهم و درک مدت زمان توسط کودکانی در این سن و سال کامل نیست. مثلا یک کودک شش ماهه می‌تواند متوجه تغییر یک بازه زمانی بشود اما این نوع فهم از زمان موقعی برایش مقدور است که نسبت دو بازه زمانی به‌یک‌دیگر برابر با ۱:۲ باشد. اگر نسبت دو بازه زمانی برابر با ۲:۳ باشد این کودکان قادر به درک آن نخواهند بود. این در حالی است که کودکان ۱۰ ماهه، از پس فهم نسبت زمانی ۲:۳ برمی‌آیند [۱۶۷].

در قسمت دوم از مدل پیشنهادی که به بازه زمانی حدود دو تا سه سالگی مربوط است. یک کودک دو تا سه ساله می‌تواند پا را فراتر از تشخیص رخدادها و توالی آن‌ها بگذارد. او

t.me/AVAYeBUF

می‌تواند از افعالی استفاده کند که به گذشته و آینده اشاره می‌کنند و به رخدادهایی اشاره کند که در فاصله زمانی دوری نسبت به زمان حال قرار دارند. با این‌حال، مطابق مدل مورد نظر، کودکان در این بازه سنی هم‌چنان به رخدادها به‌عنوان یک اتفاق و یک تغییر مشخص و نه یک نقطه مشخص بر روی خط زمانی نگاه می‌کنند.



تصویر ۷۵: یک مدل پیشنهادی برای توسعه مفهوم زمان در انسان در سنین مختلف. الف) تا قبل از ۲۴ ماهگی قادر به تشخیص توالی رخدادها، ب) دو تا سه سالگی: توانایی پی بردن به رخدادهای مختلف اما ناتوان در فهم موقعیت دقیق زمانی و نحوه اثرگذاری آن‌ها بر یک‌دیگر، ج) سه تا چهار سالگی: توانایی درک زمان خطی، پی بردن به رابطه علی میان وقایع و فهم گذشته و آینده و د) توانایی خلق زمان انتزاعی و فکر کردن به زمان بدون متوسل شدن به یک رخداد مشخص.

avayebuf.com

سومین بخش از مدل پیشنهادی مربوط به بازه سنی چهار تا پنج سالگی است که نقطه عطفی در تحول مفهوم و ادراک زمان محسوب می‌شود. بازه‌ای که کودکان در آن به شکلی اولیه از مفهوم زمان خطی دست می‌یابند و می‌توانند متوجه رابطه میان وقوع رخدادها بشوند. به این صورت که بدانند اگر آن‌چه در گذشته رخ داده است را دنبال کنند به زمان حال می‌رسند و سپس به آینده‌ای خواهند رسید که هنوز رخ نداده است. در واقع، این بازه سنی احتمالا همان‌جایی است که ادراک مفهوم علیت و رابطه میان ترتیب و توالی وقوع رخدادها به حد قابل ملاحظه‌ای شکل گرفته است.

آخرین مرحله از مدل مورد نظر هم به سنین بالاتر از پنج سالگی پرداخته است. دورانی که طی آن کم‌کم توانایی درک مفهوم زمان انتزاعی شکل می‌گیرد. مطابق این مدل، از سن پنج سالگی به بعد، کودکان کم‌کم به این توانایی دست می‌یابند که بتوانند زمان را فارغ از رخدادها و اتفاقات به‌وقوع پیوسته درک کنند و اصطلاحا بتوانند به مفهومی ذهنی و مجرد از آن بیاندیشند. پس از این که کودکان توانستند با مفهوم ساعت و تقویم آشنا شوند و بر مفهوم این شاخص‌های زمانی مسلط شوند به تدریج می‌توانند به‌صورتی به مفهوم زمان فکر کنند که لزوما نیازی به متوسل شدن به یک شاخص زمانی خاص نباشد.

با عبور از بحث نحوه توسعه ادراک زمان، باید گفت که هر بار ما چیزی را به خاطر می‌آوریم سه عنصر کلیدی در این یادآوری ایفای نقش می‌کنند. سه عنصری که می‌توان آن‌ها را «چه چیزی»، «چه موقع» و «کجا» نامید. سوال «چه چیزی» مربوط به نوع رخدادی است که زمانی توسط ما احساس شده است و عملا در این زمینه مشکلی نیست زیرا پیام حسی (مانند لامسه، بینایی یا شنوایی) مربوط به آن مستقیما در حافظه ما ثبت شده است. با این‌حال، دو سوال «چه موقع» و «کجا» دقیقا همان سوالاتی هستند که ما پیامی برای آن‌ها را واقعا احساس نکرده‌ایم و در واقع این مغز بوده است که بر اساس داده‌های موجود، مفاهیمی به اسم زمان و مکان را مونتاژ کرده است. اگر از بحث مونتاژ مکان عبور کنیم، برای این که بدانیم مغز چقدر در ساختن مفهومی به نام زمان موفق بوده می‌توان به چند مثال از چالش‌های پیش روی مغز در ادراک مفهوم زمان اشاره کرد. اولین مثالی که می‌خواهم به آن اشاره کنم از جمله مواردی است که اگر آدم دقیق و کنجکاوی باشید

t.me/AVAYeBUF

احتمالا خودتان در طول زندگی متوجهش شده‌اید. با این‌حال، اگر متوجه آن نشده باشید هم انجامش به قدری ساده است که می‌توانید همین حالا دست از خواندن کشیده و آن را بیازمایید. ابتدا دوربین جلوی تلفن همراهتان را روشن کرده و همین‌طور که آن را جلوی صورتتان نگه‌داشته‌اید سعی کنید که مرتب تمرکز نگاهتان را به سمت چشم چپ و راست تغییر دهید. به لطف تاخیری که در نمایش تصویر دوربین وجود دارد به راحتی می‌توانید حرکات چشمانتان را ملاحظه کنید. اگر دیدن این تغییر برایتان مقدور نیست می‌توانید دوربین را روی حالت فیلم‌برداری گذاشته و از ماجرا فیلم بگیرید. حالا به سراغ یک آینه رفته و در جلوی آن، همین آزمون را انجام دهید. این‌جا همان‌جایی است که بار دیگر شعبده‌بازی مغز در بزک کردن واقعیت آشکار می‌شود. شما نمی‌توانید حرکت چشمان خودتان را در جلوی آیینه ببینید! چرا؟ چون مغز به مرور پا در این مسیر گذاشته که تغییرات ناچیز ناشی از حرکت چشم‌ها را ندیده بگیرد. به همین راحتی! موضوعی بسیار عمیق‌تر از آن که اراده و اختیار ظاهرا مستقل شما بتواند بر آن غلبه کند.

یکی از شگرف‌ترین نتایج دست‌کاری واقعیت توسط مغز را می‌توان در جایی دید که فرد به احساس ادراک زمان به‌صورت وارونه دست می‌یابد و تصور می‌کند معلول پیش از علت رخ داده است. تصور کنید به شما بگویند که هرچند ثانیه باید کلیدی را فشار دهید و هر بار که آن کلید را فشار می‌دهید، چراغی روشن می‌شود. حالا فرض کنید که در این آزمایش، محققین بدون این که به شما بگویند تاخیری ناچیز را در میان کلید و چراغ مورد نظر ایجاد کنند. به این صورت که پس از فشار دادن کلید، چراغ فورا روشن نشود و مثلا با ۱۰۰ میلی‌ثانیه تاخیر روشن شود. پس از مدتی شما به این روند عادت می‌کنید و مغز آن بازه تاخیر را پوشش می‌دهد. با این‌حال، اگر مجددا بدون در جریان گذاشتن شما، تاخیر اعمال شده حذف شود، شما خواهید دید که چراغ فورا و پس از فشار داده شدن کلید روشن می‌شود. این‌جا، همان‌جایی است که توهم وقوع معلول پیش از علت رخ می‌دهد و شما تصور می‌کنید قبل از این که کلید را فشار دهید چراغ روشن شده است [۱۶۸].

همان‌طور که اشاره شد رابطه‌ی تنگاتنگی میان خاطرات و ادراک زمان وجود دارد و این رابطه را می‌توان در محل قرارگیری موقعیت نورون‌های مربوطه هم مشاهده کرد. از سال

avayebuf.com

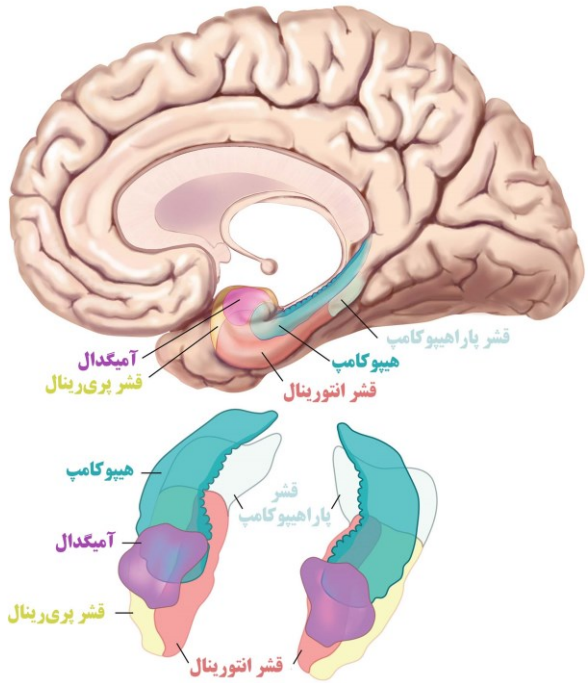
۱۹۷۴ میلادی و با کشفی که عصب‌شناسی به نام *جان اوکیف*[1] موفق به انجام آن شد ما می‌دانیم که در مغز نورون‌هایی موسوم به *سلول‌های مکان*[2] وجود دارند [۱۶۹]. کشفی که نهایتا جایزه نوبل پزشکی مشترک سال ۲۰۱۴ میلادی را برای او به ارمغان آورد. او متوجه شد که وقتی موش‌ها به محلی خاص می‌رسند، نورون‌های مشخصی در مغز آن‌ها شروع به فعالیت می‌کنند. نورون‌هایی که همانند نقشه‌ای مرجع به موش در فهم محیط پیرامون و تغییرات رخ داده در آن کمک می‌کنند و اگر دچار آسیب شوند، موش در انجام وظایف مرتبط با تشخیص مکان و فضای پیرامون دچار مشکل می‌شود. وجود این سلول‌ها بعدا در مغز انسان‌ها هم تایید شد. نیمه دیگر نوبل پزشکی سال ۲۰۱۴ میلادی به شاگردان اوکیف یعنی *ادوارد موزر*[3] و همسرش *می‌بریت موزر*[4] داده شد که در سال ۲۰۰۵ میلادی متوجه شدند در *قشر انتورینال مغز*[5] یعنی همان‌جایی که حدواسط میان هیپوکامپ و نئوکورتکس (بخشی از قشر مغز مرتبط با پیام‌های حسی، شناخت، فرمان‌های حرکتی، موقعیت‌یابی و زبان) است، سلول‌هایی به نام *سلول شبکه‌ای*[6] وجود دارند که به مغز در راهبری فضایی کمک می‌کنند. در سال‌های اخیر، یافته‌های مشابهی در مورد زمان هم گزارش شده است. یافته‌هایی که می‌گویند می‌توان مفهوم زمان را هم به مانند مفهوم مکان در جایی مثل هیپوکامپ و قشر انتورینال مغز جستجو کرد (تصویر ۷۶) [۱۷۰]. به این معنی که همانند سلول‌های مکان، ما به سلول‌هایی موسوم به *سلول زمان*[7] مجهزیم که عملا نقشی اساسی در مفهوم زمان و در نتیجه ادراک آن توسط ما ایفا می‌کنند. موضوعی که با توجه به درهم‌تنیده بودن مفهوم مکان و زمان واقعا چندان هم جای تعجب ندارد.

برای این که چیزی به نام ترتیب وقوع رخدادها توسط حافظه رویدادی ثبت شود مغز نیاز به ابزاری دارد که آن‌ها همان سلول‌های زمان هستند. همانند سلول‌های مکان که وقتی جاندار در محل‌های مشخصی قرار می‌گیرد، آن‌ها شروع به فعالیت می‌کنند، سلول‌های زمان هم در لحظه‌های زمانی مشخصی به فعالیت می‌پردازند. در واقع، مطالعات نشان داده

[1] John O'Keefe
[2] Place Cells
[3] Edvard Moser
[4] May-Britt Moser
[5] Entorhinal Cortex
[6] Grid Cell
[7] Time Cell

t.me/AVAYeBUF

است که توالی فعالیت مشخصی از این نورون‌ها را می‌توان به یک فعالیت معلوم مرتبط کرد. به بیان دیگر، رابطه مشخصی میان ترتیب و توالی فعالیت این سلول‌ها با مثلا یک خاطره معین وجود دارد [۱۷۰]. البته باید به این نکته توجه کرد که با وجود مشخص بودن نقش هیپوکامپ در ساخت، نگه‌داری، بازیابی اطلاعات زمانی و مرتبط کردن آن‌ها با یک رخداد مشخص، هنوز توافق جامعی در این زمینه وجود ندارد که آیا زمان محصولی حاصل از فعالیت‌های هیپوکامپ است یا این که باید زمان را یک فعالیت بنیادی و اساسی برای هیپوکامپ در نظر گرفت [۱۷۱].



تصویر ۷۶: موقعیت هیپوکامپ و قشر انتورینال در مغز انسان

به هرحال و فارغ از این که دقیقا کجای مغز به‌عنوان مرکز ساخت زمان و مکان تلقی شود، حتی اگر اصلا بتوان یک موقعیت واحد را برای چنین منظوری در نظر گرفت، واقعیت در مورد زمان درونی این است که حداقل ادراک آگاهانه آن محتاج توجه است و عملا تا زمانی که به آن توجه نکنیم، وجود آن را احساس نمی‌کنیم. حتی توجه آگاهانه ما به زمان هم به معنای درک کامل آن نیست و ما در هر لحظه تنها کسر بسیار ناچیزی از تغییرات رخ داده

avayebuf.com

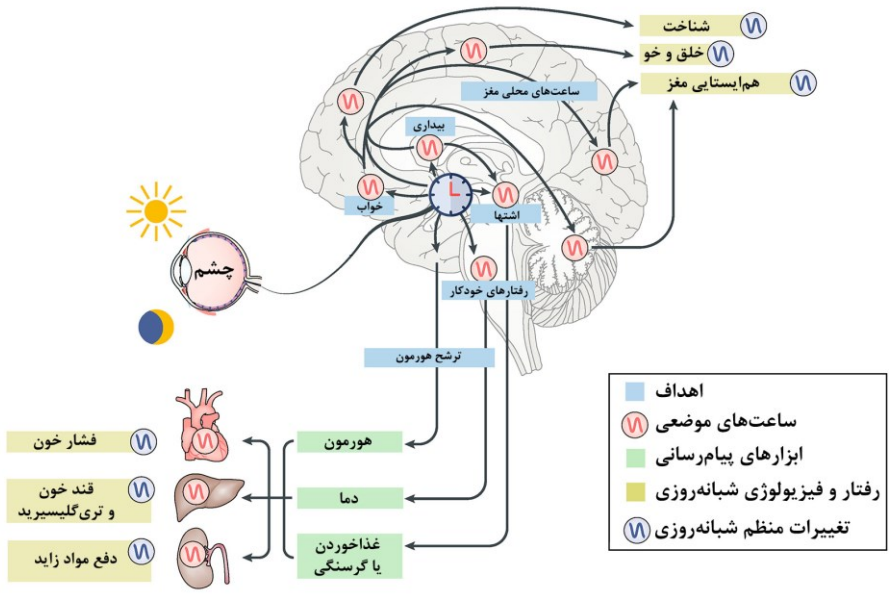
در محیط پیرامون که توسط حسگرهای ما به مغز راه پیدا کرده است را دریافت می‌کنیم و از میان آن‌ها هم کسری حتی ناچیزتر به‌صورت آگاهانه پردازش می‌شود. در نتیجه، آن‌چه ما آن را درک آگاهانه زمان و ناشی از تغییرات محیطی می‌نامیم پنجره‌ای به غایت ناچیز و باریک از واقعیت است. علاوه‌بر این، اگر ما به هر دلیلی توجه خودمان نسبت به پیام‌های بی‌وقفه دریافتی که نشانه تغییرات محیطی و مفهوم زمان هستند را از دست بدهیم عملا روند گذر ظاهری زمان را هم از دست داده‌ایم. روندی که ادراک آن نیاز به انجام مقایسه با خاطرات ثبت شده و داشتن محلی مانند هیپوکامپ است.

در مورد ادراک زمان توسط مغز و بخش‌هایی که ممکن است در این ادراک نقشی کلیدی بازی کنند تا حدودی صحبت شد اما اشاره به یک موضوع هم‌چنان باقی مانده است. تخمین زده می‌شود که بدن یک انسان ۷۰ کیلوگرمی متشکل از حدود ۳۰ تریلیون سلول انسانی و ۳۸ تریلیون باکتری باشد [۱۷۲]. سلول‌هایی که هر یک از آن‌ها مانند شهری هستند که در درون خود بخش‌های فراوان و متنوعی دارند که همگی باید با نظم و ترتیبی مشخص فعالیت کنند. یک سلول روده نمی‌تواند هر موقع که دلش خواست تقسیم شود، سوخت و سازش را کم و زیاد کند و به‌صورت کلی ساز خودش را بزند. سوال همین‌جاست که یک سلول مشخص در بدن یک جاندار پیچیده مانند یک پستاندار چطور می‌فهمد که چه موقع باید چه کاری را انجام بدهد؟ یک موجود تک‌سلولی مانند سیانو باکتری می‌تواند در معرض نور محیطی باشد و واکنش مناسب را از خود نشان دهد اما یک سلول کبدی یا مثلا قلبی که در تمام دوران زندگی محدود خودشان با نور محیط خارج از بدن برخوردی نداشته‌اند، چطور خودشان را با واقعیت بیرونی و چرخه‌های شب و روز همگام نگه می‌دارند؟ در بخش ساعت‌های زیستی به این اشاره کردم که هر سلول ساعت مولکولی مخصوص خودش را دارد اما حدود ۳۸ تریلیون ساعت سلولی در بدن موجودی مانند انسان چطور با هم هماهنگ می‌شوند و همگی با هم به جلو می‌روند؟ پاسخ این سوالات را باید باز هم به مانند موضوع ادراک زمان، در خود مغز و در جایی حوالی هیپوکامپ جستجو کرد. در هیپوتالاموس مغز، سلول‌هایی موسوم به *هسته‌های سوپراکیاسماتیک*[1] وجود دارند که عملا

[1] Suprachiasmatic Nucleus

t.me/AVAYeBUF

در نقش ساعت گرینویچ بدن عمل می‌کنند. مجموعه‌ای از دو گروه ۱۰ هزارتایی از سلول‌های عصبی که حجمشان روی هم تنها حدود ۰/۵ میلی‌متر مکعب است [۱۷۳]. نورون‌هایی که چه در محیط زنده و چه در محیط آزمایشگاهی می‌توانند چرخه فعالیت خود را حفظ کنند اما برای موثر بودن و داشتن کارایی مناسب باید چرخه زمانی فعالیت خودشان را با چرخه شبانه روز و فاز روشنایی و تاریکی تنظیم کنند [۱۷۴]. اساس فعالیت این هسته‌ها، نوسانات مولکولی است که حتی در شرایط فاقد شاخص‌های نوری مانند تاریکی یا دمای ثابت، دوره‌ای مشخص و در حدود ۲۳/۷ ساعت دارد [۱۷۵]. این هسته‌ها پس از دریافت اطلاعات لازم از شاخص‌های محیطی، با اطلاع‌رسانی به سایر بخش‌های بدن این امکان را فراهم می‌آورند که بقیه سلول‌های سازنده بدن هم همواره همگام با چرخه شب و روز بمانند (تصویر ۷۷). تنظیمی که با کمک تغییر دما، تغییر فشار خون، ترشح هورمون و مانند این‌ها به انجام می‌رسد [۱۷۴].



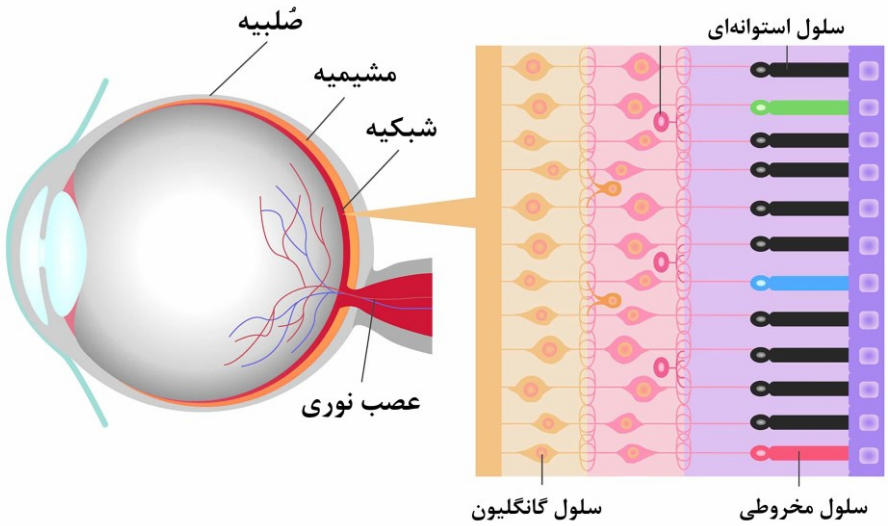
تصویر ۷۷: نحوه اعمال تنظیمات بر روی سلول‌های مختلف بدن یک پستاندار توسط هسته‌های سوپراکیاسماتیک [۱۷۴]

چطور هسته‌های سوپراکیاسماتیک که عملا در وسط جمجمه قرار دارند متوجه چرخه شب و روز می‌شوند؟ این سلول‌های عصبی، در مجموع دو نوع ورودی را دریافت می‌کنند که

avayebuf.com

این دو ورودی می‌تواند نوری یا غیرنوری باشد. هرچند ورودی‌های غیرنوری هم می‌توانند بر عملکرد و همگام‌سازی این سلول‌ها اثر بگذارند اما کلیدی‌ترین ورودی، داده‌های نوری دریافت شده از محیط است که با کمک پنجره‌ای به نام چشم حاصل می‌شود. روندی که به این هسته‌ها کمک می‌کند تا هر روز تغییر و اختلاف خود با چرخه شبانه‌روز که در حدود چند دقیقه می‌شود را جبران و خود را با آن همگام کنند.

در شبکیه چشم انسان سلول‌هایی ذاتا حساس به نور موسوم به *گانگلیون*[1] وجود دارند که نور خورشید را دریافت کرده و سپس پیام مربوطه را به هسته‌های سوپراکیاسماتیک می‌فرستند (تصویر ۷۸). پیامی الکتریکی که وقتی هسته‌های سوپراکیاسماتیک آن را دریافت کردند، این پیام را به پیام شیمیایی مرتبط تبدیل کرده و با تنظیم نوسانات مولکولی خودشان با کمک این پیام شیمیایی، خود را با چرخه شبانه‌روزی بیرونی همگام می‌کنند. سپس بر اساس همین همگام سازی، اقدام به تنظیم تمامی چرخه زمانی سلول‌های بدن می‌کنند. البته در افرادی که مطلقا نابینا باشند این فرایند دچار اختلال می‌شود با این‌حال، برخی از افراد نابینا قادر هستند که این چرخه را حفظ کنند [۱۷۶].



تصویر ۷۸: موقعیت قرارگیری سلول‌های گانگلیون در شبکیه چشم

[1] Intrinsically Photosensitive Retinal Ganglion Cell (ipRGC)

t.me/AVAYeBUF

حالا که بحث چشم و اثر نور محیطی بر ساعت زیستی مطرح شده، بد نیست به این موضوع هم اشاره کنم که علاوه‌بر موارد مختل‌کننده ساعت زیستی بدن مانند زندگی در تاریکی یا روشنایی پیوسته که پیش‌تر به آن‌ها پرداخته شد تغییرات ناگهانی چرخه شب و روز هم می‌تواند اثری مشابه داشته باشد. یک مورد به خصوص از این اثرگذاری را می‌توان از زمانی که چیزی به نام هواپیما اختراع شده است ملاحظه کرد. دورانی که ما توانسته‌ایم در عرض چند ساعت از مناطق زمانی متعددی عبور کرده و به این صورت ساعت زیستی خود را دچار سردرگمی و اختلال کنیم. اختلالی که ما آن را با اصطلاح *پرواززدگی*[1] می‌شناسیم و می‌تواند حتی برای چندین روز منجر به گیجی، سردرد و حالت تهوع شود.

در پایان این بخش بد نیست مختصری هم به موضوع نور مصنوعی و اثر آن بر ساعت زیستی بپردازیم. از زمانی که لامپ‌های الکتریکی اختراع شدند و زیست شبانه با کمک نور مصنوعی به شکل طولانی‌تری میسر شده است ما عملا پا به دوران جدیدی گذاشته‌ایم. یکی از پیام‌های خروجی از هسته‌های سوپراکیاسماتیک، دستوری است که به غده کاجی ارسال شده و در اثر آن هورمون ملاتونین ترشح می‌شود. هورمونی که تولید آن در شب رخ می‌دهد و ما را برای خواب آماده می‌کند. وجود نور مصنوعی محیطی در شب به راحتی می‌تواند جلوی ترشح این هورمون را گرفته و عملا چرخه متداول خواب و بیداری ما را مختل کند. مطالعات نشان داده است که برای افراد حساس، وجود روشنایی محیطی شبانه به اندازه شش لوکس برای وقوع چنین سرکوبی کفایت می‌کند. برای درک این میزان روشنایی باید گفت که روشنایی محیطی یک شب کاملا صاف و بدون ماه برابر با ۰/۰۰۱ لوکس و اگر قرص کامل آن قابل رویت باشد به اندازه ۰/۳ لوکس است [۱۷۷].

[1] Jet Lag

avayebuf.com

۶

سرانجام سخن

از میان تمام موانعی که مفهوم هستی را به چالش می‌کشند، هیچ کدام ترسناک‌تر از زمان ظاهر نشده‌اند. می‌توان زمان را توضیح داد؟ نه بدون توضیح مفهوم هستی. می‌توان هستی را توضیح دهید؟ نه بدون توضیح مفهوم زمان. کشف ارتباط عمیق و پنهان میان زمان و هستی [. . .]، وظیفه‌ای برای آینده است.

- جان ویلر

ما انسان‌ها از زمانی که خود را شناخته‌ایم، خودمان را در تقلایی بی‌سرانجام در مسیر یافتن مفهوم و چیستی زمان دیده‌ایم. تلاشی بی‌وقفه که بهترین ذهن‌ها و قوی‌ترین پردازنده‌هایمان را برای ده‌ها هزار سال به خود مشغول کرده اما هنوز هم به جواب مشخصی نرسیده است. در گذشته‌هایی نه چندان دور، نیاکان ما زمان را پدیده‌ای نامریی و غیرقابل تغییر می‌دیدند و عملا خود را در مقابل آن مفلوک و درمانده حس می‌کردند. با این‌حال، هرچه نوع بشر بیش‌تر رشد کرد و بر قدرت اندیشه و البته توان خیال‌پردازی او افزوده شد،

t.me/AVAYeBUF

توانست این مفهوم اولیه و بدوی را وسعت بیش‌تری ببخشد. روندی که باعث شد اجداد ما کم‌کم مفاهیمی مانند زمانی پس از زمان و سپس زمانی پیش از زمان را اختراع کنند زیرا آن‌ها نمی‌توانستند با مفهوم نبودن و نیستی کنار بیایند. با در نظر گرفتن این که توجه ما معمولا به دوران پس از مرگ بیش‌تر از دوران پیش از تولد است لذا چندان عجیب نیست که تصور کنیم ابداع شدن مفهوم زمانی پس از زمان (متداول) زودتر از مفهوم زمانی پیش از زمان (متداول) رخ داده است. به واقع، کاری که ما در مورد زمان انجام داده‌ایم این بوده که ابتدا، انتهای داستان را نوشته‌ایم و سپس به سراغ مقدمه آن رفته‌ایم. به هرحال، امروزه ما این دو نوع زمان را یکی دانسته و آن‌ها را تحت عنوان زمان ماورایی می‌شناسیم. زمانی که به صورت تاریخی همانند یک درگاه، راه را برای رسیدن اجداد ما به مفهوم زمان خطی هموار کرد. مفهومی که می‌گوید زمان، آغاز و پایان مشخصی دارد که البته چنین چیزی با ذهنیت علیت‌گرای ما هم در تطابق است. از نظر یک انسان معمولی، طبیعتا چیزی که شروع و پایان داشته باشد هم نیاز به عاملی مشخص دارد. عاملی که در مناطق مختلف نام‌های گوناگون و توصیفات متفاوتی برای آن در نظر گرفته شده است (جدول ۸).

جدول ۸: نام برخی از خدایان و ایزدبانوان زمان در مناطق مختلف

منطقه	خدایان/ایزدبانوان زمان
ایران	*دوری*[۱] و *داری*[۲] (بین‌النهرین) و زروان (آیین زرتشتی)
هند	کالی (آیین هندو) و *ماهاکالا*[۳] (آیین بودایی)
یونان	کرونوس، کایروس و *آیون*[۴]
عربستان	مَنات (یکی از سه دختر الله)
اسکاندیناوی	خواهران سه‌گانه *نورن*[۵]
مصر	*تحوت*[۶] و *کانشو*[۷]
روم	*ژانوس*[۸]
چین	*تای سوی*[۹]

اگر قصه‌های مذهبی و باستانی را کنار بگذاریم، می‌توان گفت ما حدود ۱۰۰ سالی می‌شود

[1] Dūri
[2] Dāri
[3] Mahakala
[4] Aion
[5] The Norns
[6] Thoth
[7] Khonsu
[8] Janus
[9] Tai Sui

avayebuf.com

که می‌دانیم جریان ظاهری زمان کاملا ثابت نیست و این به ما بستگی دارد که چطور آن را تجربه کنیم. به لطف اینشتین و ایده‌های دیوانه‌کننده‌اش ما حالا می‌دانیم که واقعا می‌توان گذر زمان را متفاوت از دیگری تجربه کرد، آن‌هم به صورتی که بتوان اختلاف زمانی فراوانی میان خود و دیگران ایجاد کرد. نتیجه‌ای که عملا می‌توان آن را نوعی سفر در زمان نامید. تقریبا به همین مدت است که ما می‌دانیم به صورت نظری حتی می‌توان به جایی رفت که اکنون گذشته ما محسوب می‌شود. هرچند که هنوز به صورت تجربی و در عمل موفق به انجام چنین سفری نشده‌ایم. بر اساس همین توصیف می‌توان گفت بسته به این که در کجا و چه وضعیتی قرار داشته باشید شما می‌توانید به گذشته، حال و آینده یک جسم یا رخداد مشخص دست بیابید، آن‌هم بدون این که خودتان تغییر چندانی را از لحاظ زمانی متحمل شوید. به زبان ساده‌تر، دیدن وضعیت یک جسم در زمان‌های مختلف مانند گذشته‌ای که تصور می‌کنیم از دست رفته یا آینده‌ای که فکر می‌کنیم هنوز رخ نداده، امری مطلقا ناممکن نیست و دسترسی به آن‌ها به شرایط شما بستگی دارد.

در نقطه مقابل زمان بیرونی، زمان درونی قرار دارد که ما همواره گذر و ادراک آن را متفاوت از زمان بیرونی احساس کرده‌ایم. به شکلی که حتی اگر هیچ تغییری در محیط پیرامون رخ ندهد یا حرکت تمام اجزای سازنده آن وارونه شود هم ما همچنان گذر ظاهری جریان زمان درونی را احساس می‌کنیم. همچنان قادر به تمایز گذاشتن میان توالی وقوع افکار و خاطرات خودمان در هر لحظه هستیم. زمانی که اگرچه ادراک ما از سرعت گذر آن به شرایط محیطی یا فیزیولوژیکی بدنمان وابسته است اما جریان ظاهری آن هیچ‌گاه کاملا متوقف نمی‌شود و هر بار که به آن آگاهانه بیاندیشیم، وجودش را احساس می‌کنیم. این زمان هم به مانند زمان بیرونی ماهیتی نسبی دارد و احتمالا هیچ دو موجود زنده‌ای را نتوان یافت که دقیقا گذر زمان را به صورتی یکسان درک کنند.

تا به امروز تلاش‌های فراوانی به انجام رسیده تا زمان و جریان ظاهری آن در قالب یک پیکان واحد و با کمک علتی مشخص توضیح داده شود. یکی از شناخته‌شده‌ترین این تلاش‌ها توسل به مفهوم آنتروپی و پیکان ترمودینامیکی است. تلاشی که می‌خواهد بگوید هر آن چه که ما جریان زمان می‌نامیم (چه از نوع درونی و چه از نوع بیرونی) را می‌توان با

t.me/AVAYeBUF

کمک قانون دوم ترمودینامیک توصیف کرد. مدافعین چنین ایده‌ای معتقدند که اگرچه زمان در قوانین بنیادین فیزیک قدرتی ندارد و در ابعاد میکروسکوپی جریان زمان به آن شکلی که می‌شناسیم در کار نیست اما جریان ظاهرا یک‌طرفه آن در ابعاد ماکروسکوپی همان چیزی است که می‌توان آن را توسط قانون دوم ترمودینامیک توضیح داد. نوعی عدم تقارن که خودش در درون یک تقارن ذاتی و بنیادین حاصل شده است. با این‌حال، حتی چنین ایده‌ای هم خالی از اشکال نیست و مشکلات خاص خودش مانند عدم جامعیت و سراسری نبودن را دارد. علاوه‌بر این، حتی اگر ما معتقد باشیم که جریان ظاهری زمان هم‌راستا با پیکان ترمودینامیکی است هم در آن صورت باید به وجود پایان برای زمان باور داشته باشیم. دورانی که دیگر هیچ تغییری رخ نمی‌دهد و اصطلاحا کل کیهان به بیش‌ترین میزان آنتروپی خودش رسیده است. با این‌حال، حتی اگر این فرضیه ناآزموده و اثبات نشده هم روزی به حقیقت بپیوندد و کل کیهان به حالتی بدون تغییر و اصطلاحا پایان کار خودش برسد، بودن و وجود داشتن همچنان به کار خودش ادامه می‌دهد. از طرفی، اگر به جای آینده به سمت گذشته حرکت کنیم هم مجددا به جایی می‌رسیم که زمان اصطلاحا آغاز شده اما قبل از آن اوضاع از چه قرار بوده است؟ همان‌طور که در فصل دوم و در بخش زمانی مملو از بی‌زمانی به آن اشاره کردم، اگر وجود داشتن و بودن را بزرگ‌ترین تصویر ممکن در نظر بگیریم دیگر فرقی نمی‌کند تغییری رخ بدهد یا ندهد. فرقی نمی‌کند که در زمان به جلو برویم یا به عقب برگردیم. تفاوتی ندارد که برای یک نقطه مشخص مانند کیهانی که می‌شناسیم شروع یا پایانی در کار باشد یا نباشد. در چنین نگاهی، مفهوم هستی و وجود داشتن بسیار فراتر از کیهان ناچیز ماست. مفهومی احتمالا ازلی و ابدی که زمان برایش بی‌معنی است.

در پایان باید بگویم که پس از هزاران سال تفکر و جستجو، هنوز نتوانسته‌ایم که واقعا چیزی به اسم زمان را به‌عنوان ماهیتی مستقل و مجزا پیدا کنیم، نه در درون ذهنمان و نه در محیط پیرامون. شاید بتوان این ناتوانی را با این تشبیه معروف بهتر توجیه کرد که می‌گوید سخت‌تر از هر چیزی، یافتن گربه‌ای سیاه‌رنگ در اتاقی کاملا تاریک است، مخصوصا اگر اصلا گربه‌ای در کار نباشد.

avayebuf.com

۷

ضمایم

الف) مقیاس‌های زمانی

زمان (ثانیه)	مقیاس	مثال‌ها
$۱۰^{-۴۳}$	پلانک	کوتاه‌ترین بازه زمانی قابل اندازه‌گیری به‌صورت نظری
$۱۰^{-۲۴}$	یوکتو	متوسط عمر بوزون‌های زِد و دبلیو: ۰٫۳ یوکتوثانیه متوسط عمر بوزون هیگز: ۱۵۶ یوکتوثانیه
$۱۰^{-۲۱}$	زِپتو	هر دوره *نوسان*[1] الکترون: ۴ زپتوثانیه کوتاه‌ترین زمان اندازه گرفته شده (پیمایش طول یک مولکول هیدروژن توسط نور): ۲۴۷ زپتوثانیه
$۱۰^{-۱۸}$	آتو	واحد زمان اتمی: ۲۴ آتوثانیه کوتاه‌ترین پالس لیزری تولید شده: ۴۳ آتوثانیه سریع‌ترین جنبش مولکولی مشاهده شده: ۱۰۰ آتوثانیه پرش الکترون بین دو اتم: ۳۲۰ آتوثانیه
$۱۰^{-۱۵}$	فِمتو	سریع‌ترین واکنش شیمیایی مشاهده شده: ۱۰ فمتوثانیه مدت زمان واکنش رنگ‌دانه‌های شبکیه چشم به نور: ۲۰۰ فمتوثانیه طول عمر ذره تاو: ۲۹۰ فمتوثانیه
$۱۰^{-۱۲}$	پیکو	نیمه‌عمر کوارک پایین: یک پیکوثانیه مدت زمان حرکت نور به میزان یک میلی‌متر: ۳٫۳ پیکوثانیه تکمیل چرخه پردازش توسط یک سی‌پی‌یوی معمولی سه هرتزی: ۳۳۰ پیکوثانیه

[1] Zitterbewegung

t.me/AVAYeBUF

$۱۰^{-۹}$	نانو	مدت زمان حرکت نور به میزان ۳۰ سانتی‌متر: یک نانوثانیه انجام واکنش هم‌جوشی در بمب هیدروژنی: ۴۰-۲۰ نانوثانیه فاصله میان داده‌های ارسالی با سرعت یک گیگابیت/ثانیه: ۹۶ نانوثانیه
$۱۰^{-۶}$	میکرو	عمر ذره میون: ۲٫۲ میکروثانیه مدت زمان حرکت نور به میزان یک کیلومتر: ۳٫۳ میکروثانیه مقدار خالص افزایش مدت یک روز به خاطر شتاب جزر و مدی: ۱۸ میکروثانیه
$۱۰^{-۳}$	میلی	ارسال یک پالس و سپس برگشت به حالت استراحت توسط یک نورون مغز انسان: یک میلی‌ثانیه مدت زمان یافتن اطلاعات توسط هارد کامپیوتر: ۸-۴ میلی‌ثانیه سرعت میانگین بشکن زدن: ۱۵۰ میلی‌ثانیه سرعت میانگین پلک زدن: ۳۵۰ میلی‌ثانیه
۱	-	-
$۱۰^{۳}$	کیلو	یک روز: ۸۶٫۴ کیلوثانیه یک هفته: ۶۰۴٫۸ کیلوثانیه
$۱۰^{۶}$	مگا	یک ماه: ۲٫۶۲ مگاثانیه یک سال: ۳۱٫۵۴ مگاثانیه یک دهه: ۳۱۵٫۴ مگاثانیه
$۱۰^{۹}$	گیگا	عمر مورد انتظار در کشورهای پیشرفته: ۲٫۵ گیگاثانیه یک قرن: ۳٫۱۵۴ گیگاثانیه یک هزاره: ۳۱٫۵۴ گیگاثانیه دوره حرکت تقدیمی زمین: ۸۱۴ گیگاثانیه
$۱۰^{۱۲}$	تِرا	یک میلیون سال: ۳۱٫۵۴ تراثانیه یک دوره یوگا (هندو): ۱۳۶٫۲ تراثانیه
$۱۰^{۱۵}$	پِتا	زمان سپری شده از انفجار کامبرین تا کنون: ۱۷ پتاثانیه نیمه‌عمر اورانیوم ۲۳۵: ۲۲ پتاثانیه یک روز برهما (هندو): ۱۳۶ پتاثانیه عمر کره زمین: ۱۴۳ پتاثانیه عمر جهان قابل مشاهده: ۴۳۵ پتاثانیه
$۱۰^{۱۸}$	اِگزا	پایان کار ستاره‌های کم‌جرم (کوتوله قرمز): ۶۰۰-۳۰۰ اگزاثانیه
$۱۰^{۲۱}$	زِتا	سرد شدن و تبدیل کوتوله‌های سفید به کوتوله‌های سیاه: ۳ زتاثانیه طول عمر برهما (هندو): ۹٫۸۵ زتاثانیه

avayebuf.com

$۱۰^{۲۴}$	یوتا[۱]	نیمه‌عمر واپاشی هسته‌ای بیسموت ۲۰۹: ۶۰۰ یوتاثانیه بزرگ‌ترین رقم موجود در تقویم مایا: $۱/۳×۱۰^{۱۲}$ یوتاثانیه کم‌ترین طول عمر اندازه‌گیری شده برای نیمه‌عمر پروتون: $۲/۶×۱۰^{۱۷}$ یوتاثانیه طول عمر سیاه‌چاله‌ای به جرم خورشید: $۶×۱۰^{۵۳}$ یوتاثانیه طول عمر سیاه‌چاله‌ای با جرمی ۲۰ تریلیون برابر جرم خورشید: $۵/۴×۱۰^{۹۳}$ یوتاثانیه

[۱] بزرگ‌ترین پیشوند سیستم متریک

t.me/AVAYeBUF

ب) تحولات کیهان تا امروز

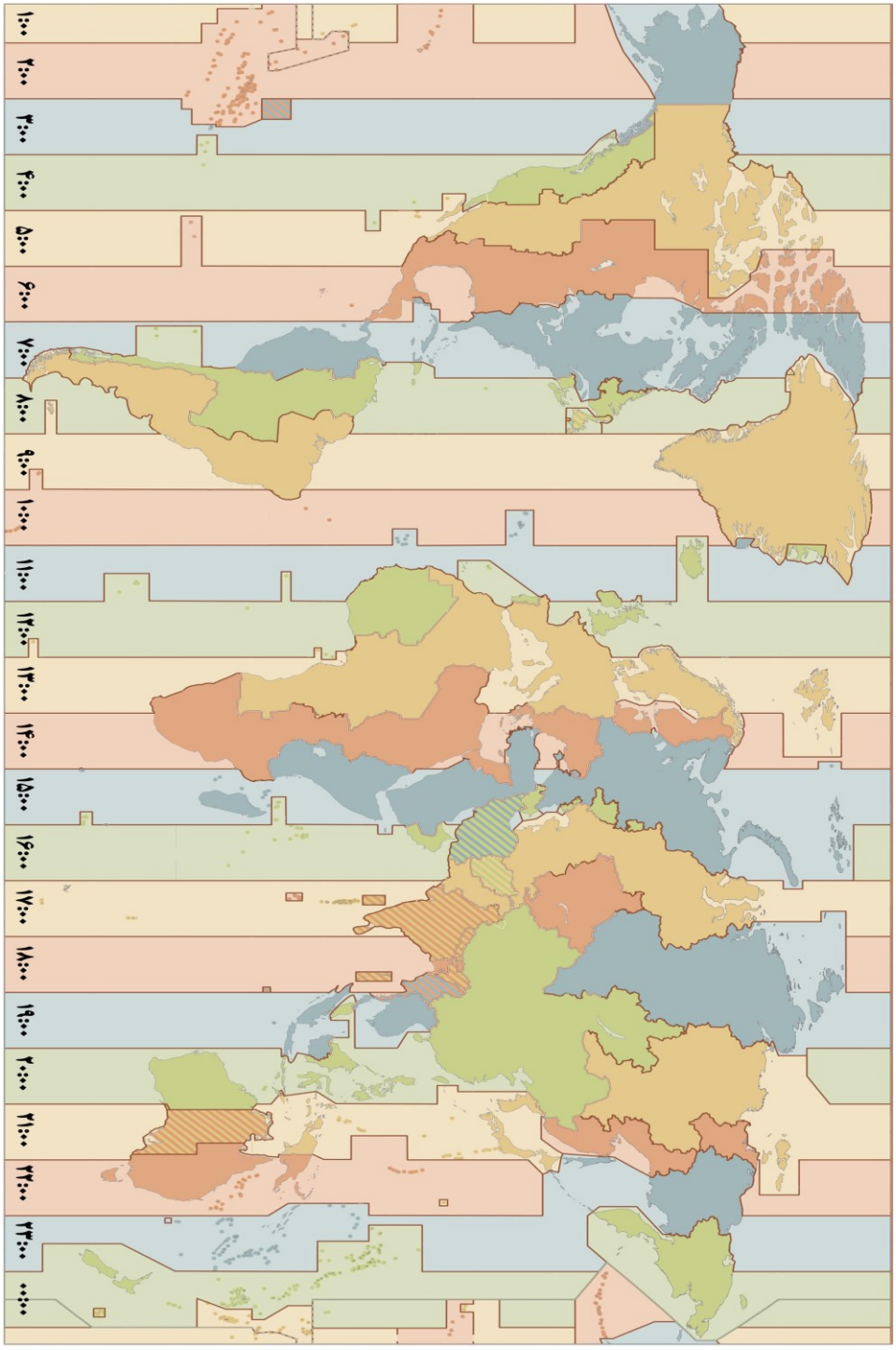
دوره	زمان	دما (کلوین)	شرایط [۴۹]
پلانک	10^{-43} ثانیه >	10^{32} <	فیزیک فعلی کارایی ندارد.
وحدت بزرگ	10^{-36} ثانیه <	10^{29} >	نیروهای الکترومغناطیس، هسته‌ای ضعیف و قوی یک‌پارچه هستند.
تورم کیهانی	10^{-32} ثانیه <	-	دوران انبساط شتاب‌دار
الکتروضعیف	10^{-32} ثانیه >	10^{22}–10^{28}	تمایز نیروهای هسته‌ای قوی و ضعیف
کوارک	10^{-12} ثانیه >	10^{10}–10^{12}	نیروهای مدل استاندارد در حال جدا شدن از یک‌دیگر و کیهان مملو از پلاسمای کوارک-گلوئون
حبس کوارک	10^{-5} ثانیه	10^{12}	شکل‌گیری پروتون‌ها و نوترون‌ها
هادرون	10^{-5}–۱ ثانیه	10^{10}–10^{12}	اتصال کوارک‌ها و تشکیل هادرون‌ها
واجفتیدگی نوترینو	۱ ثانیه	10^{10}	توقف برهم‌کنش نوترینوها با باریون‌ها
لپتون	۱–۱۰ ثانیه	10^{9}–10^{10}	تعادل گرما لپتون‌ها و ضدلپتون‌ها. فرایند نابودی الکترون-پوزیترون معادل پایان این دوره است.
هسته‌زایی	10^{3}–۱۰ ثانیه	5×10^{8}–3×10^{9}	تشکیل هسته‌های اتمی اولیه
فوتون	۱۰–10^{13} ثانیه	10^{4}–10^{9}	پلاسمایی مملو از نوترون، الکترون و هسته‌های اتمی
غلبه ماده	۰٫۰۰۰۴۷–۹ میلیارد سال	۳٫۶–10^{4}	چگالی انرژی ماده معمولی بر چگالی تابش و ماده تاریک غالب می‌شود.
بازترکیب	۳۸۰ هزار سال	۳۰۰۰	اتم‌های طبیعی بر اثر ترکیب الکترون‌ها و هسته‌ها تشکیل می‌شوند.
عصر تاریک	۰٫۳۸–۱۵۰ میلیون سال	۶۰–۳۰۰۰	فاصله بین تشکیل اتم‌ها تا شکل‌گیری اولین ستاره‌ها. تنها تابش موجود به اتم هیدروژن تعلق دارد.

avayebuf.com

ستاره‌سازی	۱۰۰-۰٫۱۵ میلیارد سال	۶۰-۰٫۰۳	تشکیل ستاره‌ها
بازیونیده‌شدن	۱-۰٫۱۵ میلیارد سال	۶۰-۱۹	دورترین جسم قابل مشاهده
تشکیل و توسعه کهکشان	۱۰-۱ میلیارد سال	۱۹-۴	شکل‌گیری کهکشان و خوشه‌های کهکشانی اولیه
غلبه انرژی تاریک	۱۰ میلیارد سال<	۴ >	غلبه چگالی انرژی تاریک بر چگالی ماده معمولی
عصر حاضر	۱۳٫۸ میلیارد سال	۲٫۷	جهان قابل مشاهده

t.me/AVAYeBUF

ج) مناطق زمانی بر اساس ساعت هماهنگ جهانی



avayebuf.com

۸

منابع

1. J. J. Hublin, et al., New fossils from Jebel Irhoud, Morocco and the pan-African origin of Homo sapiens, *Nature*, **2017**, *546*, 289-292.

2. D. E. Bar-Yosef Mayer, B. Vandermeersch, and O. Bar-Yosef, Shells and ochre in Middle Paleolithic Qafzeh Cave, Israel: indications for modern behavior, *Journal of Human Evolution*, **2009**, *56*, 307-14.

3. C. S. Henshilwood, F. d'Errico, and I. Watts, Engraved ochres from the Middle Stone Age levels at Blombos Cave, South Africa, *Journal of Human Evolution*, **2009**, *57*, 27–47.

4. F. d'Errico, et al., Early evidence of San material culture represented by organic artifacts from Border Cave, South Africa, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, **2012**, *109*, 13214-9.

5. B. Adam, and S. Kemp, *Time Matters: Faces, externalized knowledge and transcendence*: in *Time and History in Prehistory*, S. Souvatzi;, A. Baysal;, and E.L. Baysal, Editors, **2019**, Routledge.

6. L. Weissbrod, et al., Origins of house mice in ecological niches created by settled hunter-gatherers in the Levant 15,000 y ago, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, **2017**, *114*, 4099-4104.

7. D. Brown, The Cuneiform Conception of Celestial Space and Time, *Cambridge Archaeological Journal*, **2000**, *10*, 103–22.

8. J.-J. Glassner, and B. R. Foster, *Mesopotamian chronicles*. Writings from

t.me/AVAYeBUF

the ancient world. **2004**, Atlanta, Society of Biblical Literature, 7-8.

9. J. Whitrow, *Time in History: Views of Time from Prehistory to the Present Day*. **2004**, Barnes & Noble.

10. H. Brückner;, and M. Engel, *Noah's Flood-Probing an Ancient Narrative Using Geoscience*: in *Palaeohydrology. Geography of the Physical Environment*, J. Herget and A. Fontana, Editors, **2020**, Springer.

11. G. Rubio, *Time before Time: Primeval Narratives in Early Mesopotamian Literature*: in *Time and history in the ancient Near East: proceedings of the 56th Rencontre assyriologique internationale at Barcelona 26-30 July 2010*, L. FeLiu;, et al., Editors, **2013**, Eisenbrauns: Winona Lake, Indiana. p. 838.

12. D. G. J., *First Lessons In Urdu*. **1911**, Baptist Mission Press, 85-86.

13. J. A. Black;, A. Green;, and R. Tessa, *Gods, Demons and Symbols of Ancient Mesopotamia: an Illustrated Dictionary*. **1992**, University of Texas Press.

14. P. F. Dassonville, *The Invention of Time and Space: Origins, Definitions, Nature, Properties*. **2017**, Springer, p. 74.

15. H. V. Hilprecht, *Mathematical, metrological and chronological Tablets from the Temple Library of Nippur*: in *The Babylonian Expedition of the University of Pennsylvania. Series A: Cuneiform texts*, H.V. Hilprecht, Editor, **1906**, University of Pennsylvania.

16. L. s. Feliu, *Time and history in the ancient Near East: proceedings of the 56th Rencontre assyriologique internationale at Barcelona 26-30 July 2010*. **2013**, Winona Lake, Indiana, Eisenbrauns.

17. J. P. Allen, *Egyptian Cosmology and Cosmogony*: in *Handbook of Archaeoastronomy and Ethnoastronomy*, C.L.N. Ruggles, Editor, **2015**, Springer New York, NewYork.

18. J. Assmann, *The mind of Egypt: history and meaning in the time of the Pharaohs*. 1st ed. **2002**, New York, Metropolitan Books.

19. G. Pinch, *Egyptian Mythology: A Guide to the Gods, Goddesses, and Traditions of Ancient Egypt*. **2004**, Oxford University Press, p. 57.

avayebuf.com

20. P. S. Macdonald, Palaeo-Philosophy: Archaic Ideas About Space And Time, *Comparative Philosophy*, **2013**, *4*, 82-117.

21. A. R. David, *Religion and magic in ancient Egypt*. **2002**, London; New York, Penguin Books, 158-159.

22. F. Dunand;, C. Zivie-Coche;, and D. Lorton, *Gods and Men in Egypt: 3000 BCE to 395 CE*. **2005**, Cornell University Press, p. 67.

23. R. Ludo, *Concepts of Time in Classical India*: in *Time and Temporality in the Ancient World*, R.M. Rosen, Editor, **2004**, University of Pennsylvania Museum of Archaeology and Anthropology.

24. Edward M. Reingold, and N. Dershowitz, *Calendrical Calculations Millennium Edition*. **2001**, Cambridge University Press, p. 142.

25. D. Freidel, L. Schele, and J. Parker, *Maya Cosmos: Three Thousand Years on the Shaman's Path*. **1993**, William Morrow.

26. M. Boyce, *Zoroastrians, their religious beliefs and practices*. **1979**, London; Boston, Routledge & Kegan Paul.

27. D. Agostini, On Iranian and Jewish Apocalyptics, Again, *Journal of the American Oriental Society* **2016**, *136*, 495-505.

28. R. C. Zaehner, *Zurvan; a Zoroastrian dilemma*. **1972**, New York,, Biblo and Tannen.

29. S.-h. Liu, Time and temporality: The Chineseperspective, *Philosophy East and West*, **1974**, *24*, 145-153.

30. J. E. Smith, Time, Times, and the Right Time; Chronos and Kairos, *The Monist*, **1969**, *53*, 1-13.

31. R. Faure;, E. Golfin;, and E. Grasso, Time and its categories in Classical Greek: Language and thought, *Journal of Interdisciplinary Methodologies and Issues in Sciences*, **2019**, *7*.

32. R. C. Hoy, Parmenides' Complete Rejection of Time, *The Journal of Philosophy*, **1994**, *91*, 573-598.

33. H. J. Birx, *Encyclopedia of Time: Science, Philosophy, Theology, &*

t.me/AVAYeBUF

Culture. **2009**, SAGE.

34. P. Tzamalikos, Origen and the Stoic View of Time, *Journal of the History of Ideas*, **1991**, *52*, 535-561.

35. Y. Y. Kanayama, Approach to Time in Ancient Greek Philosophy, *JSL*, **2017**, *13*, 11–26.

36. J. Locke, and A. C. Fraser, *An essay concerning human understanding*. **1894**, Oxford,, Clarendon Press.

37. I. Kant, *Critique of Pure Reason*. **1996**, Hackett Publishing, 85.

38. S. E. Power, *Philosophy of Time: A Contemporary Introduction*. **2021**, Taylor & Francis.

39. J. Stambaugh, *Existential Time in Kierkegaard and Heidegger*: in *Religion and Time*, A. N. Balslev, J. Mohanty, and J. N. Mohanty, Editors, **1993**, Brill. p. 59.

40. J. E. McTaggart, The Unreality of Time, *Mind*, **1908**, *17*, 457-474.

41. C. Williams, A Bergsonian Approach to A- and B- Time, *Philosophy*, **1998**, *73*, 379-393.

42. D. T. Mihailović;, I. Balaž;, and D. Kapor, *Time in philosophy and physics*: in *Time and methods in environmental interfaces modelling*, D.T. Mihailović, I. Balaž, and D. Kapor, Editors, **2017**, Elsevier. p. 43-50.

43. S. Walter, Poincaré on clocks in motion, *Studies in History and Philosophy of Science Part B: Studies in History and Philosophy of Modern Physics*, **2014**, *47*, 131-141.

44. T. Bothwell, et al., Resolving the gravitational redshift across a millimetre-scale atomic sample, *Nature*, **2022**, *602*, 420-424.

45. U. I. Uggerhøj, R. E. Mikkelsen, and J. Faye, The young centre of the Earth, *European Journal of Physics*, **2016**, *37*, 035602.

46. N. Hanacek, *Einstein's General Relativity and Your Age*, **2022**, National Institute of Standards and Technology.

avayebuf.com

47. A. Müller, *Zeitreisen und Zeitmaschinen: Heute Morgen war ich noch gestern*. **2016**, Springer Spektrum, p. 50.

48. *Time*, in *Encyclopædia Britannica*, **2022**, The Britannica Dictionary.

49. D. McCarthy;, and P. K. Seidelmann, *Time: From Earth Rotation to Atomic Physics*. **2009**, Cambridge University Press, p. 127.

50. X. Sun, *Water-Powered Astronomical Clock Tower*: in *Handbook of Archaeoastronomy and Ethnoastronomy*, C. L. N. Ruggles, Editor, **2015**, Springer Science.

51. D. S. Landes, *Revolution in Time: Clocks and the Making of the Modern World*. Rev. and enl. ed. **2000**, Cambridge, MA, Harvard University Press, p. 105.

52. L. Day, and I. McNeil, *Biographical dictionary of the history of technology*. Routledge reference. **1996**, London; New York, Routledge, 205.

53. X. Zheng, et al., Differential clock comparisons with a multiplexed optical lattice clock, *Nature*, **2022**, *602*, 425-430.

54. C. Bizouard, *Earth Orientation Parameter (Eop) Product Center Center (Paris Observatory)*, **2022**, International Earth Rotation and Reference Systems Service.

55. CGPM, *Resolution 9 of the 11th CGPM (1960)*, **1960**, International Bureau of Weights and Measures.

56. CGPM, *Resolution 9 of the 11th CGPM (1960)*, **1967**, International Bureau of Weights and Measures.

57. IETF, *Leap Second*, **2016**, The Internet Engineering Task Force.

58. R. Essen, Two clocks that changed the world: The birth of atomic timekeeping, *Antiquarian Horology*, **2013**, *34*, 219-234.

59. A. Eddington, *The Nature of the Physical World: Gifford Lectures (1927)*. **2012**, Cambridge University Press, p. 69.

60. C. Berger;, and L. M. Sehgal, CP Violation and Arrows of Time:

t.me/AVAYeBUF

Evolution of a Neutral K or B Meson from an Incoherent to a Coherent State, *Physical Review D*, **2007**, *76*, 036003.

61. A. Ben-Naim, *A Farewell To Entropy, Statistical Thermodynamics Based On Information*. **2008**, World Scientific Publishing.

62. S. Carroll, *From Eternity to Here: The Quest for the Ultimate Theory of Time*. **2011**, Oneworld Publications.

63. G. Rubino, G. Manzano, and Č. Brukner, Quantum superposition of thermodynamic evolutions with opposing time's arrows, *Communications Physics*, **2021**, *4*, 251.

64. K. Micadei, et al., Reversing the direction of heat flow using quantum correlations, *Nature Communications*, **2019**, *10*, 2456.

65. F. Close, *Particle Physics: A Very Short Introduction*. **2004**, OUP Oxford.

66. B. Rossi, and D. B. Hall, Variation of the Rate of Decay of Mesotrons with Momentum, *The Physical Review*, **1941**, *59*, 223.

67. D. Lynden-Bell, and R. M. Lynden-Bell, On the negative specific heat paradox, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, **1977**, *181*, 405-419.

68. J. G. Bednorz;, and K. A. Müller, Possible high Tc superconductivity in the Ba-La-Cu-O system, *Zeitschrift für Physik B Condensed Matter*, **1986**, *64*, 189-193.

69. A. Abad-Santos, *Back Off, World: Iran's 'Time Machine' Creator Isn't a Scientist*, **2013**, The Atlantic.

70. P. Turchin, Political instability may be a contributor in the coming decade, *Nature*, **2010**, *463*, 608-608.

71. B. Skiff, *Messier 81*, **2007**, Paris Observatory.

72. R. Naeye, *A Stellar Explosion You Could See on Earth!*, **2008**, NASA.

73. Y. Harikane, et al., A Search for H-Dropout Lyman Break Galaxies at z ~ 12–16, *The Astrophysical Journal*, **2022**, *929*, 1.

avayebuf.com

74. *Most Distant Galaxy Candidate Yet*, **2022**, NAOJ.

75. J. G. White, et al., The structure of the nervous system of the nematode Caenorhabditis elegans, *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences*, **1986**, *314*, 1-340.

76. C. Gally, and J. L. Bessereau, [C. elegans: of neurons and genes], *Medecine sciences: M/S*, **2003**, *19*, 725-34.

77. S. J. Cook, et al., Whole-animal connectomes of both Caenorhabditis elegans sexes, *Nature*, **2019**, *571*, 63-71.

78. M. Fischetti, *IBM Simulates 4.5 percent of the Human Brain, and All of the Cat Brain*, in *Scientific American*, **2011**.

79. J. Wilkinson, *Largest neuronal network simulation achieved using K computer*, **2013**, RIKEN.

80. H. Yamaura, J. Igarashi, and T. Yamazaki, Simulation of a Human-Scale Cerebellar Network Model on the K Computer, *Frontiers in Neuroinformatics*, **2020**, *14*, 16.

81. B. Kinsey, *Gods and goddesses of Greece and Rome*. **2012**, Cavendish Square Publishing.

82. Z. Ron, The Death of Honi the Circle Maker, *The Review of Rabbinic Judaism*, **2017**, *20*, 235–250.

83. R. H. Vreeland, W. D. Rosenzweig, and D. W. Powers, Isolation of a 250 million-year-old halotolerant bacterium from a primary salt crystal, *Nature*, **2000**, *407*, 897-900.

84. A. V. Shatilovich, et al., Viable Nematodes from Late Pleistocene Permafrost of the Kolyma River Lowland, *Doklady Biological Sciences*, **2018**, *480*, 100-102.

85. Y. Hachmo, et al., Hyperbaric oxygen therapy increases telomere length and decreases immunosenescence in isolated blood cells: a prospective trial, **2020**, *12*, 22445-22456.

86. Y. Matsumoto, S. Piraino, and M. P. Miglietta, Transcriptome Characterization of Reverse Development in Turritopsis dohrnii

t.me/AVAYeBUF

(Hydrozoa, Cnidaria), *G3 Genes|Genomes|Genetics*, **2019**, *9*, 4127-4138.

87. T. C. J. Tan, et al., Telomere maintenance and telomerase activity are differentially regulated in asexual and sexual worms, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, **2012**, *109*, 4209-4214.

88. S. Piraino, et al., Reversing the Life Cycle: Medusae Transforming into Polyps and Cell Transdifferentiation in Turritopsis nutricula (Cnidaria, Hydrozoa), *The Biological Bulletin*, **1996**, *190*, 302-312.

89. J. R. Gott, *Time travel in Einstein's universe: the physical possibilities of travel through time*. **2001**, Boston, Houghton Mifflin.

90. H. H. Wilson, *The Vishnu Purána: a system of Hindu mythology and tradition*. **1840**, John Muray.

91. A. G. Riess, et al., A Comprehensive Measurement of the Local Value of the Hubble Constant with 1 km/s/Mpc Uncertainty from the Hubble Space Telescope and the SH0ES Team, *The Astrophysical Journal Letters*, **2022**, *934*, L7.

92. P. Mohazzabi;, and Q. Luo, Has the Twin Paradox Really Been Resolved?, *Journal of Applied Mathematics and Physics*, **2021**, *9*, 2187-2192.

93. S. W. Hawking, Chronology protection conjecture, *Physical Review D*, **1992**, *46*, 603-611.

94. R. Schacht, *Nietzsche's Postmoralism: Essays on Nietzsche's Prelude to Philosophy's Future*. **2001**, Cambridge University Press, p. 237.

95. D. N. Page, Information Loss in Black Holes and/or Conscious Beings?, *Arxiv*, **1994**, *Alberta-Thy-36-94*.

96. D. N. Page, Susskind’s challenge to the Hartle–Hawking no-boundary proposal and possible resolutions, *Journal of Cosmology and Astroparticle Physics*, **2007**, *2007*, 004-004.

97. J. R. Gott, Closed timelike curves produced by pairs of moving cosmic strings: Exact solutions, *Physical Review Letters*, **1991**, *66*, 1126-1129.

98. F. J. Tipler, Rotating cylinders and the possibility of global causality

avayebuf.com

violation, *Physical Review D*, **1974**, *9*, 2203-2206.

99. B. Parker, *Cosmic Time Travel: A Scientific Odyssey*. **2001**, Perseus Publishing, p. 230.

100. K. S. Thorne, *Black holes and time warps: Einstein's outrageous legacy*. The Commonwealth Fund Book Program. **1994**, New York, W.W. Norton, p. 502-504.

101. M. Alcubierre, The warp drive: hyper-fast travel within general relativity, *Classical and Quantum Gravity*, **1994**, *11*, L73-L77.

102. A. Bobrick, and G. Martire, Introducing physical warp drives, *Classical and Quantum Gravity*, **2021**, *38*, 105009.

103. H. White, et al., Worldline numerics applied to custom Casimir geometry generates unanticipated intersection with Alcubierre warp metric, *European Physical Journal C*, **2021**, *81*.

104. C. Barceló, et al., Chronology protection implementation in analogue gravity, *The European Physical Journal C*, **2022**, *82*, 299.

105. A. Einstein, B. Podolsky, and N. Rosen, Can Quantum-Mechanical Description of Physical Reality Be Considered Complete?, *Physical Review*, **1935**, *47*, 777-780.

106. E. Megidish, et al., Entanglement Swapping between Photons that have Never Coexisted, *Physical Review Letters*, **2013**, *110*, 210403.

107. J. Friedman, et al., Cauchy problem in spacetimes with closed timelike curves, *Physical Review D*, **1990**, *42*, 1915-1930.

108. G. Tobar, and F. Costa, Reversible dynamics with closed time-like curves and freedom of choice, *Classical and Quantum Gravity*, **2020**, *37*, 205011.

109. M. S. Dodd, et al., Evidence for early life in Earth's oldest hydrothermal vent precipitates, *Nature*, **2017**, *543*, 60-64.

110. J. W. Schopf, and M. Packer Bonnie, Early Archean (3.3-Billion to 3.5-Billion-Year-Old) Microfossils from Warrawoona Group, Australia, *Science*, **1987**, *237*, 70-73.

t.me/AVAYeBUF

111. M. Ishiura, et al., Expression of a Gene Cluster kaiABC as a Circadian Feedback Process in Cyanobacteria, *Science*, **1998**, *281*, 1519-1523.

112. R. Refinetti, and M. Menaker, The circadian rhythm of body temperature, *Physiology & Behavior*, **1992**, *51*, 613-637.

113. V. K. Sharma, and M. K. Chandrashekaran, Zeitgebers (time cues) for biological clocks, *Current Science*, **2005**, *89*, 1136-1146.

114. A. Toufexis, *The Times of Your Life*, **2001**, Time.

115. A. D. Beale, D. Whitmore, and D. Moran, Life in a dark biosphere: a review of circadian physiology in "arrhythmic" environments, *Journal of Comparative Physiology B*, **2016**, *186*, 947-968.

116. L. Zhang, et al., Dissociation of Circadian and Circatidal Timekeeping in the Marine Crustacean Eurydice pulchra, *Current Biology*, **2013**, *23*, 1863-1873.

117. C. Cajochen, et al., Evidence that the Lunar Cycle Influences Human Sleep, *Current Biology*, **2013**, *23*, 1485-1488.

118. J. Zantke, et al., Circadian and Circalunar Clock Interactions in a Marine Annelid, *Cell Reports*, **2013**, *5*, 99-113.

119. B. Helm, et al., Annual rhythms that underlie phenology: biological time-keeping meets environmental change, *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, **2013**, *280*, 20130016.

120. L. Modica, J. E. Cartes, and M. Carrassón, Food consumption of five deep-sea fishes in the Balearic Basin (western Mediterranean Sea): are there daily feeding rhythms in fishes living below 1000 m?, *Journal of Fish Biology*, **2014**, *85*, 800-820.

121. N. Cavallari, et al., A Blind Circadian Clock in Cavefish Reveals that Opsins Mediate Peripheral Clock Photoreception, *Plos Biology*, **2011**, *9*, e1001142.

122. D. Moran, R. Softley, and E. J. Warrant, Eyeless Mexican Cavefish Save Energy by Eliminating the Circadian Rhythm in Metabolism, *PLOS ONE*, **2014**, *9*, e107877.

avayebuf.com

123.J. Konopka Ronald, and S. Benzer, Clock Mutants of Drosophila melanogaster, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, **1971**, *68*, 2112-2116.

124.S. Olkowicz, et al., Birds have primate-like numbers of neurons in the forebrain, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, **2016**, *113*, 7255-7260.

125.A. E. Pereda, Electrical synapses and their functional interactions with chemical synapses, *Nature Reviews Neuroscience*, **2014**, *15*, 250-263.

126.S. E. Kotermanski, and M. Cascio, *Neuronal Action Potentials and Ion Channel Allostery*: in *Encyclopedia of Cell Biology*, R.A. Bradshaw and P.D. Stahl, Editors, **2016**, Academic Press: Waltham. p. 244-251.

127.M. A. Hofman, *On the Matter of Mind: Neural Complexity and Functional Dynamics of the Human Brain*: in *Evolution of the Brain, Cognition, and Emotion in Vertebrates*, M.A. Hofman, T. Shimizu, and S. Watanabe, Editors, **2017**, Springer: Tokyo. p. 142.

128.A. J. King, Multisensory Integration: Strategies for Synchronization, *Current Biology*, **2005**, *15*, R339-R341.

129.M. a. A. Pastor, and J. Artieda, *Neurophysiological Perception Mechanisms of Temporal*: in *Time, internal clocks, and movement*, M.a.A. Pastor and J. Artieda, Editors, **1996**, Elsevier: Amsterdam; New York. p. 310.

130.C. E. Carr, Processing of Temporal Information in the Brain, *Annual Review of Neuroscience*, **1993**, *16*, 223-243.

131.J. Červený, et al., Directional preference may enhance hunting accuracy in foraging foxes, *Biology Letters*, **2011**, *7*, 355-357.

132.A. Moiseff, and M. Konishi, Neuronal and behavioral sensitivity to binaural time differences in the owl, *The Journal of Neuroscience*, **1981**, *1*, 40.

133.K. L. Woo, et al., Discrimination of flicker frequency rates in the reptile tuatara (Sphenodon), *Die Naturwissenschaften*, **2009**, *96*, 415-9.

134.J. E. Boström, et al., Ultra-Rapid Vision in Birds, *PLOS ONE*, **2016**, *11*,

t.me/AVAYeBUF

e0151099.

135. A. C. N. Kingston, D. R. Chappell, and D. I. Speiser, A snapping shrimp has the fastest vision of any aquatic animal, *Biology Letters*, **2020**, *16*, 20200298.

136. R. Inger, et al., Potential Biological and Ecological Effects of Flickering Artificial Light, *PLOS ONE*, **2014**, *9*, e98631.

137. T. M. Frank, S. Johnsen, and T. W. Cronin, Light and vision in the deep-sea benthos: II. Vision in deep-sea crustaceans, *Journal of Experimental Biology*, **2012**, *215*, 3344-3353.

138. R. Petie, et al., Visual orientation by the crown-of-thorns starfish (Acanthaster planci), *Coral Reefs*, **2016**, *35*, 1139-1150.

139. K. A. Fritsches, R. W. Brill, and E. J. Warrant, Warm Eyes Provide Superior Vision in Swordfishes, *Current Biology*, **2005**, *15*, 55-58.

140. C. Gilbert, Visual control of cursorial prey pursuit by tiger beetles (Cicindelidae), *Journal of Comparative Physiology A*, **1997**, *181*, 217-230.

141. N. Hagura, et al., Ready steady slow: action preparation slows the subjective passage of time, *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, **2012**, *279*, 4399-4406.

142. H. L. More, and J. M. Donelan, Scaling of sensorimotor delays in terrestrial mammals, *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, *285*, 20180613.

143. S. Andrei, Faster than a Flash: The Fastest Visual Startle Reflex Response is Found in a Long-Legged Fly, *Condylostylus sp.* (Dolichopodidae), *Florida Entomologist*, **2011**, *94*, 367-369.

144. M. Wittmann, and S. Lehnhoff, Age effects in perception of time, *Psychological reports*, **2005**, *97*, 921-35.

145. R. Xu, and R. M. Church, Age-Related Changes in Human and Nonhuman Timing, *Timing & Time Perception*, **2017**, *5*, 261-279.

146. A. Bejan, Why the Days Seem Shorter as We Get Older, *European*

avayebuf.com

Review, **2019**, *27*, 187-194.

147. L. van Maanen, et al., Core body temperature speeds up temporal processing and choice behavior under deadlines, *Scientific Reports*, **2019**, *9*, 10053.

148. M. Wittmann, and M. P. Paulus, Decision making, impulsivity and time perception, *Trends in Cognitive Science*, **2008**, *12*, 7-12.

149. J. D. Watt, Effect of boredom proneness on time perception, *Psychological reports*, **1991**, *69*, 323-7.

150. W. J. Matthews, and A. I. Gheorghiu, Repetition, expectation, and the perception of time, *Current Opinion in Behavioral Sciences*, **2016**, *8*, 110-116.

151. K. Yamamoto, and K. Miura, Effect of motion coherence on time perception relates to perceived speed, *Vision Research*, **2016**, *123*, 56-62.

152. S. Soares, V. Atallah Bassam, and J. Paton Joseph, Midbrain dopamine neurons control judgment of time, *Science*, **2016**, *354*, 1273-1277.

153. L. A. Campbell, and R. A. Bryant, How time flies: A study of novice skydivers, *Behaviour Research and Therapy*, **2007**, *45*, 1389-1392.

154. C. Stetson, M. P. Fiesta, and D. M. Eagleman, Does Time Really Slow Down during a Frightening Event?, *PLOS ONE*, **2007**, *2*, e1295.

155. T. Bschor, et al., Time experience and time judgment in major depression, mania and healthy subjects. A controlled study of 93 subjects, *Acta Psychiatrica Scandinavica*, **2004**, *109*, 222-229.

156. M. Wittmann, et al., The relation between the experience of time and psychological distress in patients with hematological malignancies, *Palliative and Supportive Care*, **2006**, *4*, 357-363.

157. J. A. Danckert, and A.-A. A. Allman, Time flies when you're having fun: Temporal estimation and the experience of boredom, *Brain and Cognition*, **2005**, *59*, 236-245.

158. K. Healy, et al., Metabolic rate and body size are linked with perception of temporal information, *Animal Behaviour*, **2013**, *86*, 685-696.

t.me/AVAYeBUF

159. D. S. Glazier, Is metabolic rate a universal ‘pacemaker’ for biological processes?, *Biological Reviews*, **2015**, *90*, 377-407.

160. M. Shibasaki, and N. Masataka, The color red distorts time perception for men, but not for women, *Scientific Reports*, **2014**, *4*, 5899.

161. D. R. Price-Williams, The Kappa Effect, *Nature*, **1954**, *173*, 363-364.

162. H. Helson, and S. M. King, The tau effect: an example of psychological relativity, *Journal of Experimental Psychology*, **1931**, *14*, 202-217.

163. A. D. Ekstrom, and C. Ranganath, Space, time, and episodic memory: The hippocampus is all over the cognitive map, *Hippocampus*, **2018**, *28*, 680-687.

164. N. Brealey, *The Brain, A User’s Guide*. **2018**, John Murray.

165. M. Manassi, and D. Whitney, Illusion of visual stability through active perceptual serial dependence, *Science Advances*, *8*, eabk2480.

166. T. McCormack, and C. Hoerl, The Development of Temporal Concepts: Learning to Locate Events in Time, *Timing & Time Perception*, **2017**, *5*, 297-327.

167. E. M. Brannon, S. Suanda, and K. Libertus, Temporal discrimination increases in precision over development and parallels the development of numerosity discrimination, *Developmental science*, **2007**, *10*, 770-7.

168. D. M. Eagleman, Human time perception and its illusions, *Current Opinion in Neurobiology*, **2008**, *18*, 131-136.

169. J. O'Keefe, and J. Dostrovsky, The hippocampus as a spatial map. Preliminary evidence from unit activity in the freely-moving rat, *Brain Research*, **1971**, *34*, 171-175.

170. G. Umbach, et al., Time cells in the human hippocampus and entorhinal cortex support episodic memory, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, **2020**, *117*, 28463-28474.

171. M. Moscovitch, et al., Episodic Memory and Beyond: The Hippocampus and Neocortex in Transformation, *Annual review of psychology*, **2016**, *67*, 105-34.

avayebuf.com

172. R. Sender, S. Fuchs, and R. Milo, Revised Estimates for the Number of Human and Bacteria Cells in the Body, *PLOS Biology*, **2016**, *14*, e1002533.

173. C. Blume, C. Garbazza, and M. Spitschan, Effects of light on human circadian rhythms, sleep and mood, *Somnologie: Schlafforschung und Schlafmedizin = Somnology: sleep research and sleep medicine*, **2019**, *23*, 147-156.

174. M. H. Hastings, E. S. Maywood, and M. Brancaccio, Generation of circadian rhythms in the suprachiasmatic nucleus, *Nature Reviews Neuroscience*, **2018**, *19*, 453-469.

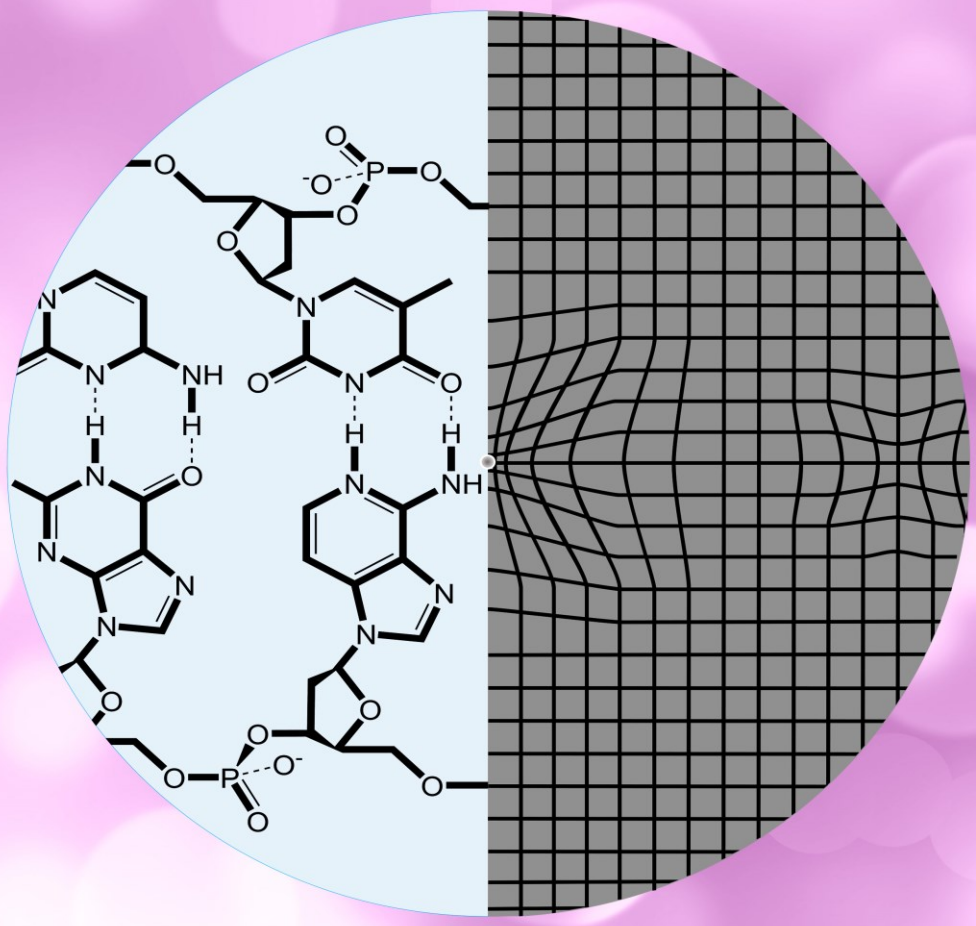
175. T. Bollinger, and U. Schibler, Circadian rhythms - from genes to physiology and disease, *Swiss medical weekly*, **2014**, *144*, w13984.

176. C. A. Czeisler, et al., Suppression of Melatonin Secretion in Some Blind Patients by Exposure to Bright Light, *New England Journal of Medicine*, **1995**, *332*, 6-11.

177. M. Grubisic, et al., Light Pollution, Circadian Photoreception, and Melatonin in Vertebrates, *Sustainability*, **2019**, *11*, 6400.

t.me/AVAYeBUF

The Imaginary Hands



Blue Jack

avayebuf.com