

物理学咬文嚼字之四十五

此同时非彼同时

曹则贤

(中国科学院物理研究所 北京 100190)

海上生明月,天涯共此时

——[唐]张九龄《望月怀远》

刚才最后一响,是北京时间二十点整

——上世纪中央人民广播电台报时

……革命的教职员们,我们应该认清爱因斯坦相对论的反动本质……

——刘慈欣《三体》

摘要 At the same time, meantime (meanwhile), coeval, contemporaneous, contemporary, isochronal, synchronic, synchronous, synchronistic, simultaneous 等等都有同时(刻、段、代)的意思,但此同时非彼同时,不可以总按照中文的同时来理解.同时性简直是物理学最深刻的概念——放弃 simultaneity 的绝对性是狭义相对论的关键,量子力学在随意地谈论同时测量的问题,而统计物理中的系综(ensemble)概念也和 simultaneity 有关.这些词之间的差别是微妙的,容不得任何含糊.

谈论同时性是个非常麻烦的事情,因为按照常识这应该以我们知道什么是时间为前提.但不幸的是,虽然讨论时间本性的文献汗牛充栋,时间也几乎出现在每一本物理学书中,但时间是什么依然是一个难以回答的问题.笔者自然也不知道时间是什么,这一点笔者曾坦白过^[1,2].笔者愿借机重复一遍此前文章中的观点:物理学的大统一理论,至少应该表现为时间观念包括时间标度的统一^[2].而此一目标当前还没有实现,没从这个方向上着手可能是原因之一.

时间是物理学最基础的概念.空间和时间是表述自然规律所用之语言的“词汇(words)”,其唯一目的就是为了方便对自然规律的表述^[3].提及时间,一个也许容易忽略的地方是忘记强调在讨论的是时刻(moment)还是时段(interval),而这一点未必不具有重要性.若将时间看作是一个用实数表达的量,则有时刻的说法(the point in time, die Zeitpunkt),对应的是实数轴上的一个点,这是一个数学上零维的存在.其起始点引起了哲学家和宇宙学家的极大

兴趣.如若谈论的是 time interval,英文的 minute 和 second(来自动词 sever,斩,与 sequence 同源)都暗示了这一点,则其对应的是实数轴上的一段,是一个有量纲的物理量.注意,dimension(汉译量纲、维度、规格等)这个词和 time(注意 dimension 的前部)根本上就是一个字^[4].在阅读汉语科技文献时能记起维度和量纲与时间是同源字,或许有助于对因翻译造成的错误与疏漏的避免.

英文中谈论时间,用到的词有 time, tempus, chrony 等.英语的时间单位小时, hour, 应该是来自希腊语的 time, ώρα, 如 ώρες αιχμής, 就是 rush hour (高峰时间). Time 的希腊语对应还有 χροήση (chrisi). Era, 我们习惯上把它翻译成时代, 其对应的希腊语为 χρόνια (chronia), 这个词根出现在许多英文词中, 如 synchrotron radiation (同步辐射), chronic pain (慢性疼痛), chronicle (编年史)等.拉丁语的时间为 tempus, 可见于著名的拉丁谚语 tempus fugit, 即 time flies (时光飞逝).英语中源于 tempus 带时间意义的词如 temporary, temporal 为形容词, 暂时、

短时刻的意思. 在英语中出现的tempo是tempus的意大利语形式, 转义为节奏, 节拍, 如 the tempo of modern life (现代生活的节奏), in tempo(合拍), 等.

谈论同时是再自然不过的事情了. 英文最常见的说法有 at the same time. 不过这有点模糊, 因为我们未指明到底是时刻意义上的相等还是时段意义上的相等, 用数学表示, 前者为 $t \approx t'$, 后者为 $[t, t + \Delta t] \sim [t', t' + \Delta t']$. 我们注意到在日常生活中, 我们用“同时”这个词时更多地是指后者那种情景. 如果表述为 at around the same time, 对时间“相同”的意义显然放宽了一点. Meantime, 现在也写成 meanwhile, 在一些字典里被解释为 at the same time, 但更多地是 in or during the intervening time (其间) 的意思. 这是因为 mean 的这个意思来自法语的 median, moyen, 就是中间的意思¹⁾. 有趣的是, at the same time 的法语表述为 en même temps, 可是明显给时间加了复数形式的. 其根源可能还在拉丁语, 拉丁语用 tempus 的复数形式表示时代, 如名句 Tempora nostra nunc sunt mala (我们的时代如今病了). 而德语同时的说法是 gleichzeitig, gleich 是相等的意思, 这使得用德语讨论相对论同时性 (Simultaneität, Gleichzeitigkeit) 问题时与中文的同时性有些不同; 此外德语的 gleich 本身也可以表达时间, 如 ich komme gleich (我马上到). 对于一些同时出现 (to appear at the same time) 的如科学上的发现或文学艺术上的成就, 我们习惯上称之为时代的精神, 但用 the spirit of the time 显得罗嗦, 也没有文化, 英文文献中仍用德语词 die Zeitgeist^[5].

意义更大的表示同时的词有 coeval, contemporary 和 contemporaneous, 这里的前缀 co(con) 来自拉丁语 cum (相当于英文的 with), 与、和的意思. Coeval = cum + aevum (age), 同时代的、同时期的 (人与事) 的意思, 一定程度上和 contemporary 同. 如下一句中 “Yet land and sea are contemporaneous and complementary in some traditions... So too in Chinese myth are land and sea coeval aspects of a primal being...”, 这句要说的意思是: 在许多传说中, 一般地都认为大地是从大海里升起来的, 但是大地和海洋是同时期存在的 (contemporaneous)、互补的... 在中国神话中大地和海洋是原初同时存在的 (coeval) 不同侧面^[6]. 个人以为 contemporaneous (coeval) 是比 contemporary 更大时间尺度上的同时. 如下句 “It (a meteorite impact) is not associated with any noticeable contemporaneous major distinction (它

(陨星碰撞) 并没有与任何同时期明显的生物大灭绝相联系). 这里的同时期是地质学年代意义上的同时期. 而 contemporary 的同时期, 是和人的寿命可比拟的同时期, 二十年左右的多不过百年而已, 如 “The claim is made by many contemporary physicists that the time change is not a scale change—that it is a real, physical change (许多 (和我们) 同时代的物理学家宣称 (狭义相对论带来的) 时间变化不是尺度变化而是真实的、物理的变化^[3]”, “The original text (Protogaea) would have been readily comprehensible to his (Leibnitz’s) contemporaries (《原初大地》一书的文本对他 (莱布尼兹) 的同时代人来说是易懂的)” 以及 “Leibnitz was well ahead of most of his contemporaries (莱布尼兹远远走在他的大多数同时代人的前面)”. Contemporary 还可以理解为与时代同的, 如 His humor was literate, urbane, intelligent, and contemporary (他的幽默文雅、睿智、紧扣时代脉搏). 显然, contemporary 中的 temp(time) 指的是一个时间间隔, 它肯定不是严格的在同一时间点上. 当然, 有人偶尔也会把 contemporary 理解成某个时间点上的同时性, 如在其《相对论原理》一书中, Whitehead 指出关于 potentiality and actuality (潜在可能性与现实性) 的误解是因为忽视了如下的原理所造成的, 即: 单就物理关系来说, 同时事件 (contemporary events) 以相互间不存在因果关系的方式发生^[7].

我们注意到, 在一般的文化语境中, 关于同时性的概念并不严格, 因为之前的时代我们关于时间就不是严格的. 近代以前的同时性, 大概都可以按照唐诗 “天涯共此时” 的标准来理解 (图 1). 对同时性概念变得挑剔, 是在对时间把握精度提高了才有需求



图 1 海上升明月, 天涯共此时

1) Mean 在英语中的几个意思的来源不同. 在 meantime 和 mean value (平均值) 中的 mean, 意思是一致的. ——笔者注

和变得可能的.也就是说,关于时间和同时性是一个越来越精确,越来越挑剔的过程.对时间和同时性要求的提高,是为了应对更高特征速度下的物理现象,包括社会现象,因为在给定的空间距离上对应的时间间隔更短了.村后小河边半夏、夜来香加莱菔子式²⁾的约会,比开车打手机者的会议对同时性的要求要宽松得多.速度越快的世界,对同时性的考察就越苛刻,直到狭义相对论涉及到了时空连接问题,对同时性的理解就成了最根本的问题.这强化了笔者的一个认识,就是时间相对于速度来说是第二位的³⁾. 2011—2012 之间闹腾的中微子超光速测量,问题不在于哪个实验环节造成的错误,而是对于光速附近的速度,就不是 $\Delta x/\Delta t$. 相对论中的同时性为 simultaneity,涉及钟表的校准方案(coordination scheme)问题,因此在讨论 simultaneity 之前,应该深入讨论 synchrony, synchronization 等词的含义.

Synchrony 等词的一般性意义

Synchrony 即希腊语的 together+time 的直接拉丁化.如同汉语的同时一样,这些早就根植于日常生活的词汇其意思是多方面的.其一是长时期的同步(调),比如“... Levels of greenhouse gases in atmosphere... have risen and fallen in near-perfect synchrony with temperature changes (大气中温室气体含量的起伏同温度变化几乎完美地长时期同步(调))”^[8]. 这个涉及气象概念的 in synchrony 显然是长时期内的同调. Synchrony 当然也可以是短时期的同调,这时的同时性就显得严格点,如“Many biological system-from cells to tissues to whole organisms-exhibit rhythmic or oscillatory behavior. And those oscillations can synchronize. Fireflies can flash in unison, and neurons and heart cells operate in synchrony (萤火虫可以群飞,而神经元和心脏细胞可以同步运行)”,这里的 in synchrony 肯定是短时刻的.当我们说两个钟表 Two hands clicked in synchrony,这是时间在时刻意义上的严格同步,因为这个同步是计时方式显示的同步,是相对论意义同时性在钟表上的表现.当人们谈论“Design a philosophy that would be in synchrony with the art and physics of the age”^[9],哲学与同时代的艺术和物理学当然不能象钟表指针那样同时, in synchrony 在这里只能是大面上的相契合而已.有人更愿意把 in synchrony 翻译成同步.把同时说成是同步有物理上的必然,因为时间是以对事件的计数为基础的.同时性还有一个名词形式为 synchronicity,在

两人绑腿跑步的游戏中, synchronicity 是实实在在的同步.艺术家同观众间笼统的节奏上的合拍也称为 synchronicity.由动词 synchronize 而来的名词 synchronization 当然与 synchrony 意义有些不同(详见下文),在一般用语中 in synchronization 就是同步、同调、相协调的意思.不过 synchronization 太长了,可简写,故有 in sync (in synch, 协调) 和 out of sync (out of synch, 不协调) 的说法.

与 synchrony 同源且意思几乎相同的另一个名词是 synchronicity.虽然 synchronicity 也被翻译成同时性,但我们不可想当然地简单理解它. Synchronicity 是瑞士心理学家荣格(Carl Gustav Jung⁴⁾) 率先引入的概念,它指的是关于两个或多个事件的体验,这些事件看起来因果上没有关系或不可能碰巧同时发生的,但却又被观察到同时发生了(Synchronicity is the experience of two or more events, that are apparently causally unrelated or unlikely to occur together by chance, that are observed to occur together in a meaningful manner).但似乎 synchronicity 确实又除了时间上的相同以外还有其它内容上的相同,让我摘录 Dan Brown 的小说 The lost symbol 中的一段:“在每个文化、每个时代、世界的每一个角落⁵⁾,人们的梦想都痴迷于一个概念,就是将人类的思维转化为他们的真正行为能力.如何解释这样的信仰的 synchronicity?”^[9]这里的 synchronicity 有比同时性更多的内容,比如某种意义上的“同质性”.

荣格宣扬同时性(synchronicity),认为其是量子力学互补性原理之于人类经验的必然结果.荣格拒绝接受因果性.他认为所有的人类的事件都是在我们所不知情的平面上交织在一起的,因此除了平淡无味的因果性以外,人类的事件在更高的维度上由意义联系在一起.同时性和互补性原理,即是将物理和心理联系在一起的桥梁,也同样将艺术和物理联系起来^[5].

Synchrony 对应的形容词为 synchronous,也有用动词完成式 synchronized 的.所谓的花样游泳(synchronized swimming,图 2),双人跳水(synchronized diving),因为动作是靠音乐协调的(coordinated

2) 莱菔子就是萝卜子.半夏+夜来香+莱菔子,其藏头与“半夜来”谐音.参见电影《黑三角》.——笔者注

3) 纯属个人浅见,没有争论的必要.——笔者注

4) 正确的音译应该是庸.这是用英语对付一切的翻译方式的产物.——笔者注

5) 此乃谈论人类社会问题的恰当的三参数空间,不知社会学者们注意到了没有.——笔者注

by music),用动词完成式比较更合适.但也可以用 synchronous,比如 synchronous diving.虽然英文少用 synchronous swimming 而偏爱用 synchronized swimming,但俄语 Синхронное плавани 却是形容词形式的说法.花样游泳和双人跳水,虽然强调的是动作在时间上的同时性,但是对 synchronicity 的判断,比如在事后根据录像评分的时候,依据的却是空间上的一致性!关于同时性的这个特性,或许有助于我们理解时间的本性以及消解芝诺的“飞矢不动”⁶⁾的悖论. Synchronous 有些时候其同时性的色彩可能已经淡化了,只是强调某种协调而已,如“Somebody's words are synchronous with his images (语言与形象相一致)”.

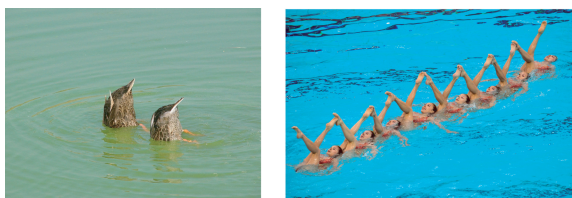


图2 花样游泳(synchronized swimming)

Synchrony 的形容词形式还有 synchronal, synchronic, synchronistic 等. Synchronal 与 synchronous 同; synchronic 除了与 synchronous 用法相同外,它还特指语言、风俗等研究方面只取一时之形态而不考察其历史联系的研究方法,其对立面对为 diachronic⁷⁾,即一种用历史(历时)的眼光看问题的方法.国内有人把 synchronic linguistics 和 diachronic linguistics 分别译成共时语言学和用时语言学,从中还真看不出专业语言研究者的专业、语言或者研究的水平.关于教学,自然也有 synchronic teaching 和 diachronic teaching 的区别.愚以为,如着眼于培养能做物理研究的物理学家,则物理学的教育应该是 diachronic 的,笔者曾开设的《经典力学——从思想起源到现代进展》或许可算是对这一思想的膜拜. Synchronistic 很少用,笔者以为这是比较文绉绉的、与 synchronicity 对应的形容词.物理学上有泡利效应的说法——据信泡利这位不做实验也不太瞧得起实验物理学家的家伙只要是参观某个实验室,该实验室的设备一定会坏掉.泡利现象可以理解为 synchronistic 现象(It is quite legitimate to understand the “Pauli effect” as a synchronistic phenomenon),这里强调的是泡利的到访或者对实验的态度同实验设备的坏掉没有因果关系.不过,以笔者的经验,我倒觉得这两者之间是有关联的:相当多的实验是经不住任何挑剔的(比如中微子超光速

测量、低温核聚变实验等),更别说泡利这号人的挑剔了,一个避免尴尬的解释大概就是实验设备不 work 了.

还有一个与同时有关的形容词是 isochronal (equal+time),等时,是指时间段的相等,如对半导体材料的 isochronal annealing,就是指在不同温度下保持同样时间间隔的退火方式.对两个可作为时钟的体系,如单摆,以其它时标为基准协调(synchronization)其振荡行为,可分为延迟校准、前期校准(anticipatory synchronization)和 isochronal synchronization,这里的 isochronal 就是零延迟(zero-lag)的意思^[10].

提及“同时发生”的事情,当这个“同时”用得比较含糊的时候,它可能就是关于因果性的描述,这一点在物理学文献中也常见,如“synthronously with the application of the voltage and with the starting of the avalanche, the gas mixture is expanded adiabatically by 15—20% so that the vapor becomes supersaturated (在施加电压、引发雪崩的同时,气体体积绝热地膨胀 15—20%,从而使得蒸汽变得过饱和^[11]”.



图3 两位滑雪者动态地协调各自的动作,以划出周期性的、镜面对称的轨迹

动词 synchronize 强调的是保持同步、同时的动作,因此用处颇多.图3中的两位滑雪者一直在动态地协调各自的动作动态(synchronize),追求在身后划出周期性的、镜面对称的轨迹.源于 synchrony, synchronize 的一个非常重要的物理概念和物理大设备是 synchrotron,汉译同步加速器⁸⁾.同步加速器是回旋加速器(cyclotron)的改进型,其导引磁场是随时间变化的,与粒子束不断增加的动能相 synchronized (being synchronized to a particle beam of increasing kinetic energy),故由此得名.根据电动力

6) 用连续曝光的形式获得同一物体的一组不同位置或不同构型的照片.此同一张照片上的图像当然是静止的,但它却在诉说着关于时间的定义.——笔者注

7) Diachronic, 贯时? 历时? 其译法待议.——笔者注

8) 我国已先后在北京,合肥和上海建设了同步辐射光源.——笔者注

学,一个遭遇加速度的带电粒子会产生电磁辐射,辐射光在与粒子运动轨迹相切的方向上的一个锥角内,此为 synchrotron radiation (同步辐射,图 4). 同步辐射只是同步加速器中加速带电粒子的伴随现象,它本身不涉及 synchronization 的内容,切勿望文生义.

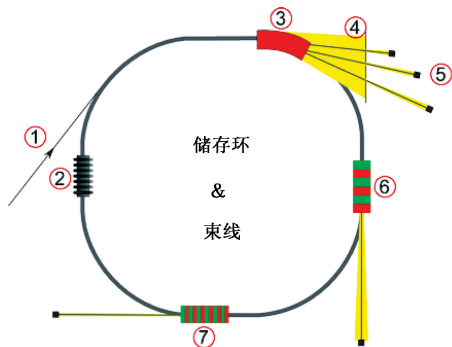


图 4 同步辐射原理示意图. 储存环中的电子在加速过程中不断在束线的切线方向上的一定空间角内辐射出不同能量的光

计时器是依据一个器件的某个行为来标定时间的,如日晷或者钟表指针指向一个我们标定的数值. 然而不同的钟表,在日晷的指针刚指向某个特定的标记(比如卯时)时,却可能各自指向不同的时刻,也许是 5:57,也许是 6:04. 因此钟表是需要校准的(The watches should be synchronized),校准也用 coordinate 的说法. 任何人只要注意到手表都有校准旋钮(adjusting mechanism)(图 5),就能明白这同时性是个问题,但把同时性引向物理深处是庞加莱和爱因斯坦这样的大科学家不同于一般意义上的物理学家的地方. 钟表如何校准(synchronize)的问题,涉及到相对论意义上的同时性(simultaneity),这带来了一场物理学的彻底变革.



图 5 手表都有一个用来对表的旋钮,提醒我们同时性不是一个简单的问题

Simultaneity 与狭义相对论

相对论中的同时性,英文为 synchrony 和 simultaneity,后者较常见. Simultaneity,形容词形式为 simultaneous,来自拉丁语 simultas,本意有 competition (竞争), rivalry (对手) 的意思,指 together 或者 at the same time 的存在或者出现,有

那种“既生瑜何生亮”的情意结. **Simultaneous 不能简单地翻译成同时**,如 simultaneous equations 就被译成“联立方程组”,表示变量既要满足这个方程,又要满足那个方程. 在量子力学中所谓不可对易变量不能被 simultaneously 精确测量,就是强调这种竞争的关系. 常见的“在同一个态上不可能既有精确的坐标又有精确的动量”就是这个意思,与测量的时间上安排无关. 对于一对对易的算符,哪怕今年测量算符 $\hat{A}$ 的分布,明年测量算符 $\hat{B}$ 的分布,它们依然具有 simultaneous eigenstate,是可以被 simultaneously 精确测定的.

Simultaneous 用作竞争性的案例随处可见,如“The trouble encountered with the appearance of two simultaneous theories, rather than one at a time, is that each requires an incorporation of the other for its completion (同时而不是分别遭遇两种竞争性理论(指相对论和量子论)带来的麻烦是,每一方都要求另一方的融入来达成自身的完备)^[3]”. 但是,这里所谓的竞争,不是“三士争二桃”式的竞争,而是指相对论和量子论都是完备物理学所需的侧面,但却不融洽,存在互不兼容的地方. 有时,simultaneously 就是“既是……也是……”的意思,如“This is simultaneously an indispensable book for the specialist, and a wonderful “read” for anyone (这既是一本专家们不可错过的书,也是任何人都可阅读的美妙作品).”在“if some groups are simultaneously a manifold”和“G is at the same time a differential manifold”两句中,这里的 simultaneously, at the same time 字面上都是同时,在一些中文文献中也是这样翻译的,但它们强调的不是同时刻,而是“一些群既是群,也是(微分)流形”的事实.

有时,simultaneously 也强调某种排斥性的意思. 在 why beauty is truth^[12] 一书中,作者举个例子讲述规范对称性,或曰局域对称性,说:有个国家,叫 duplicatia,货币为 Pfunig (仿德国的 Pfennig),两个 Pfunig 兑换一美元;另有个国家,叫 triplicatia,货币为 Boodle,三个 Boodle 兑换一美元;有个国家,叫 quintuplicatia⁹⁾,顾名思义,当然是五个当地货币兑换一美元. 所有这些对称操作(兑换)可以 simultaneously 被采用,但只在各自对应的国家内进行 (All these symmetry operations (commercial

9) Duplicatia, triplicatia, quintuplicatia 说不上是哪种语言,但它们是二倍、三倍和五倍的意思却是很明显的. ——笔者注

transaction) can be applied simultaneously, but each is valid only in the corresponding country). 显然, 这里的 applied simultaneously 指的各种货币“都”可以用, 且只能在自己的国家用, 不是强调使用的时刻. 这是我见过的关于规范变化的最简单又贴切的比喻.

在一般当作同时理解的用途中, simultaneous 代表的同时也似乎不那么严格的, 可以是时断时续的, 也可是同处于一大段时间内的意思. 如“My mind can run on two simultaneous tracks(我的思维可以同时在这两股(相竞争的)道上运行)^[13]”, “to play several chess games simultaneously (一对多的象棋赛)”, 都是在一个时间段内交叉进行的. 而在“Simultaneously with them, quaternions were discovered, and then other ‘hypercomplex systems’ (与此同时, 四元数被发现, 接着是别的超复杂数系)^[14]”一句中, 这个 simultaneously 所指代的同時也相当模糊.

但是, 物理意义上的 simultaneity, 即两个事件的发生在某个计时器件上对应相同的读数, $t_A = t_B$, 随着节奏的加快变得越来越严格了. 重复强调这一点有助于对相对论产生的历史必然性的理解. “月上柳梢头, 人约黄昏后”和“待月西厢下”之类的活动, 同时性是依照个人步行速度为特征的时间估算, 两人到达约会地点相差半小时应该不算过分. 中国古代协调同时性用的是晨钟暮鼓, 其特征速度为声速. 由于声音传播的范围不远, 在其工作范围内这实际上构成了很好的同时性协调. 但这依然是农业社会的时间协调, 是没有数字上的比较的. 等到西方出现了钟表和火车, 以及战争中的人员、物资派遣进一步提高了对同时性的要求, 同时性就变成了需要严肃对待的问题. 正好在这个时刻(十九世纪末), 电报被发明了, 于是电报就被用来协调各火车站的钟表^[10]以及帮助建立时区. 如今, 利用光速的导航设备要达到厘米的精度, 对时间同时性要求则达到 10^{-10} s 或者更高, 这些需要依靠激光和电子学技术提供更快速计数才变得可能. 扯远了.

相对论的发展与铁路和电报有关. 铁路职工在某个时间点(他自己的时钟测量到的 local time)收到了两个地点发来的火车已经发车的电报, 他就得出结论两列列车同时发车了. 他们是同时发车的吗? 你可能有这样的疑问, 因为你知道电报因为距离的不同有不同的延迟. 今天的你, 看到有几位朋友在你手机显示的同时时刻(local time, 本机时间)发来生

日祝福, 你可以说他们是同时发来了祝福. 但你也可能非常含糊到底这些祝福是否是同时的, 因为你和朋友们间的信号路径连直线都不是, 而且不知道在哪些中继站被缓存了多长时间. 但是, 你关于它们是否是同时发出来的怀疑是基于一个别的钟表, 基于你自己的 local time 的同线性判断则是确切无疑的. 同时性(simultaneity)就是以参考点的 local time 为依据的, 只能依赖自己的钟, 因为这是你唯一拥有的可靠依据^[11]. 这一点是我们学习狭义相对论时先要接受的观点.

Simultaneity 是狭义相对论的关键概念. 那么同时性是如何变成了相对论的理论与实践都要围绕之进行的关键(how simultaneity became the hinge around which the theory and practice of relativity came to turn)的? 这是通过钟表的 synchronization 得以实现和体会到的. 时间只能是局域的, 我们只能指望手中的表告诉我们此处的时间. 设在 A 点, 有钟表 A 按其特有的方式给出时间 t_A . 如果自 A 点向某方向上的 B 点发射信号, 发出时间 t_A 和接收到反射信号时间 t'_A 之差 $t'_A - t_A$ 恒定, 则 B 是相对于 A 静止的. 在很多关于相对论的书上, 所谓的时钟校准方案是这样的: 若有 $t'_A - t_B = t_B - t_A$, 其中 t_B 为信号被反射时钟表 B 给出的时间, 则两个钟表被 synchronize, 给出同样的时间. 笔者以为, 这样的钟表校准方案没能构成一个完整的操作方案. 实际的钟表校准, 应该是自一个标准钟去调整所有其它的钟, 校表的动作应该发生在各个钟表 B 的所在地, 且**钟表 B 的读数不应该参与此过程**(它是需要校准的). 笔者建议如下时钟校准方案^[12]: 钟表 A 向钟表 B 发

10) 早年的钟表, 其精度之差, 据说巴黎的火车站和市政厅的时间都是不同的. ——笔者注

11) 你只要看看钟表的结构, 你就不敢相信任何钟表以及建立在钟表上的时间概念. 真正时间是决不可能由钟表来揭示的(True time would be never revealed by mere clocks). ——笔者注

12) My clock coordination scheme can be stated as follows: Clock A sends at the moment T_0 (its own reading) a signal to clock B, telling the latter that the moment is T_0 , and at the moment of receiving the reflected signal from clock B it sends the second signal to tell the latter that the current moment is $T_0 + \Delta T$. At the moment of receiving the second signal, the clock B is adjusted to the reading of $T_0 + 1.5\Delta T$. Over. The advantages of this schemes include, besides “no privileged ‘master clock’, and an ambiguous definition of simultaneity” as Einstein may have put it, also the dispensability of knowing the distance between AB or the speed of the signal. 如有读者朋友在文献中见到这样的方案, 盼告知. ——笔者注

射一个信号,告知钟表 B 此时刻(钟表 A 的读数)为 T_0 ;待信号从钟表 B 反射回来的时刻,再向钟表 B 发射一个信号,告知钟表 B 此时刻(钟表 A 的读数)为 $T_0 + \Delta T$. 钟表 B 在接收到第二个信号的瞬间将自己的指针调到 $T_0 + 1.5\Delta T$. 校准过程完毕(图 6). 这个校准方案的好处除了“no privileged ‘master clock’, and an ambiguous definition of simultaneity”以外,重要的是无需知道 A, B 两者之间的距离和信号的传播速度,也不需要钟表 B 此前的任何读数.

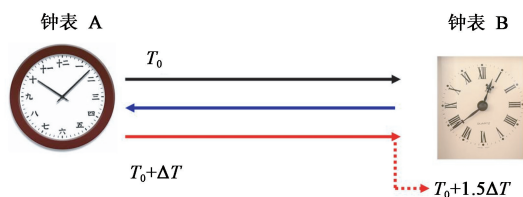


图 6 我的钟表校准方案. 钟表 A 向钟表 B 发射一个信号,告知钟表 B 此时刻(钟表 A 的读数)为 T_0 ;待信号从钟表 B 反射回来的时刻,再向钟表 B 发射一个信号,告知钟表 B 此时刻(钟表 A 的读数)为 $T_0 + \Delta T$. 钟表 B 在接收到第二个信号的瞬间将自己的指针调到 $T_0 + 1.5\Delta T$. 校准过程完毕

爱因斯坦与庞加莱

同时性的问题,其重要性超越相对论,它是理解时间这个概念的重要基础,正如爱因斯坦所说:“我们必须计及我们关于时间在其中扮演角色的判断总是关于同时性事件的判断 (we have to take into account that all our judgments in which time plays a role are always judgments of simultaneous events)^[15]. 虽然爱因斯坦也必须从头考虑同时性问题,但他绝不是第一个. 狭义相对论的核心描述,那个所谓的 Lorentz 变换,是法国人 Voigt 首先给出的. 但爱因斯坦最先放弃了同时性的绝对性,在放弃同时性的绝对性,又要求光速的不变性. 1905 年爱因斯坦在写作他的论文时,据他自己说并不知道 Michelson 的实验. 可见,爱因斯坦缺少光速不变的证据,光速不变可看作是他的一个信念.

关于爱因斯坦,文献给人们传递的形象是一个对自己所处世界浑然不知的 other-worldly thinker (天外来的思想者). 实际上,随着交通(铁路)和通讯(电报)技术使得联系到达了更旷远的空间,钟表校对(clock-synchronization)就成了各国竞相研究的问题,而在伯尔尼专利局工作的专利审查员爱因斯坦先生没少审查这类的专利. 从时代的政治经济学得到关于同时性暗示的并非爱因斯坦一人(it was not only Einstein who took his cues about simultaneity from the political economy of time)^[15]. 庞加

莱,法国著名的数学家、物理学家和哲学家,出身工程学校(Ecole Polytechnique),在长度局(Bureau des Longitudes)扮演着重要角色. 那时的法国和美国、英国正在竞争设立计时网格,使用电报协调不同地点的时间,这当然也需要依赖电报来建立同时性. 在从事这些事业时,地图成了他分析方式中的中心. 这也再次向我们表明,时空是关联的. 把对时代技术的参与同其哲学事业和物理学相结合(merged his deep involvement with the technology of time with his philosophical commitments and his physics),爱因斯坦和庞加莱都是其中的翘楚,这也是他们都参与了相对论创生的原因^[13]. 关于这一点,文献[15]把同时性(synchrony),庞加莱的地图,爱因斯坦的钟,世界的报时点建设以及世界的电报连接图——串联起来,一部相对论的诞生图像就呈现现在我们面前了.

相对论是同时性问题来到了物理学、哲学和技术的岔路口的时刻(simultaneity at the crossroad of physics, philosophy and technology)^[15]被发展起来的,是高度抽象同工业现实(lofty abstraction and industrial concreteness)的完美结合的产物. 爱因斯坦构造狭义相对论时,是个操作主义者(operationalist),对同时性抱持操作主义的观点(operational view of simultaneity),这可从他本人关于相对论的表述中看出来^[16]. Popper 认为爱因斯坦 1905 年的论文,人们既可以用现实主义的眼光阅读,对那个观测者毫不在意;也可以用实证主义或者操作主义的观点,把注意力放到观察者及其行为上^[17]. 但是,爱因斯坦后来抛弃了操作主义的观点^[14]: “He told me (Karl Popper) in 1950 that he regretted no mistake he ever made as much as this mistake^[17].”

有人可能认为爱因斯坦狭义相对论中的同时性与牛顿的绝对时间框架下的同时性不同. 这是误解. 同时性总是关于事件的判断. 实际上,正如波普尔曾写到“(相对论中)任何惯性系中的事件同时或者不同时,跟牛顿理论中一样 (that for any inertia system events are simultaneous or not, just as they are in Newton’s theory). 牛顿的时间是绝对时间,其同时性也是绝对的同时性 (absolute simultaneity),

13) 由是观之,不顾社会现实,不顾当前我们的社会的科学背景与知识积累,以求官的心理忽悠“创新”和“跨越式发展”,诚欺世之谈. ——笔者注

14) 我认为,这是必然的. 物理最终必然要走向公理化,物理学家也必然随之提升自己的认识,哪怕是关于其本人参与完成的部分. ——笔者注

具有某种神的感觉(sensorium Deas)的抽象产物. 爱因斯坦放弃了同时性的绝对性,建立了相对论,这期间对牛顿的绝对时间概念是有批判的.但是,真正的时间决不可能由具体的钟表来揭示.抽象才会有真正的学问,比如关于惯性原理的获得.爱因斯坦晚年认识到了牛顿的高明,曾动情地写下:“Newton, verzeih’ mir (牛顿,原谅我)”.

同时性与量子力学

在狭义相对论语境中的同时性名词形式 simultaneity 是同空间的均匀性(homogeneity)和各项同性(isotropy)并列的,副词形式 simultaneously 准确地就是“at the same time”的意思.在量子力学中也时常出现“同时”的说法,基本上是用形容词或副词形式,其英文表述常不能得到正确理解,中文翻译更是脱离或忽视了原词的本意,容易望文生义.量子力学中有种说法“两个不对易的算符没有共同的本征态”.共同本征态,除了 common eigenstates 和 mutual eigenstates 以外,还有“simultaneous eigenstates”的说法.注意,这个量子力学教科书中常见的说法是错误的.两个算符不对易,并不一定不能具有共同本征态,象角动量算符 $\hat{L}_x$ 和 $\hat{L}_y$,就可以有一些共同的本征态.所谓的“两个不对易的算符没有共同的本征态”,应该是说它们一个的本征态不可能总是另一个的本征态,它们的共同本征态不足以构成一套完备正交基,或曰张开一个 Hilbert 空间.

算符不对易带来的另一个问题就是不确定性原理.常见不确定性原理言道:“不能同时精确测量粒子的位置和动量”.其实,这里的“同时”精确测量,用词为 simultaneously,是强调两者之间具有竞争性,而非简单的 at the same time (见前文).对任何算符对应的力学量的测量,差不多都是关于分布的测量,其本身就不可能是 at the same time !

同时性与统计物理

统计力学中 ensemble 是个至关重要的概念,这个概念被简单地翻译成系综(系统的综合),其应有之义却被丢失了. Ensamble 是个法文词,本意是 insimul in + simul), at the same time, 和 simultaneous 是亲戚. Ensemble 强调同时出现,把所有的部分当成一个整体考虑(all the parts considered as a whole). Ensemble 由 J. W. Gibbs 于 1878 年引入热力学和统计物理,指的是在想象中构造的对一个系统的大量(也许是无穷多的)拷贝,每一个拷贝处于真实系统可能表现的一个状态中.这样,关于一个

真实系统随时间演化行为的统计可以表现为对 ensemble 在同一时刻的统计.这可能是 ensemble 的应有之意,但在中文的系综中是无法表达出来的.

同时性既是相对论的关键,也出没于量子力学和统计力学的语境中,它还是理解时间的本性从而确立一个统一的物理学框架的着力点.对同时性概念的理解,至少有助于我们深入体会当前已有物理学的精神.我国在文革时期曾有“要认清爱因斯坦相对论的反动本质”的口号,不知今天“革命”的教职员工们是否达成了这个目标.慢慢来吧.

参考文献

- [1] 曹则贤. 物理, 2005, 34: 545
- [2] 汪克林, 曹则贤. 物理, 2009, 38: 769
- [3] Sachs M. Concepts of Modern Physics. Imperial College Press, 2007. p. 71, 76, 106. p. 71 的原文为“*In the expression of the laws of nature, the space and time parameters are the “words” of a language whose sole purpose is to facilitate the expression of the laws of nature.*”
- [4] 曹则贤. 物理, 2009, 38: 191
- [5] Shlain L. Art & Physics. Harper Perennial, 2007. p. 24, 90. p. 24 的原文如下“*The German language encapsulate this idea in ‘Zeitgeist’ (the spirit of the time). When discoveries in unrelated fields begin to appear at the same time, as if they are connected, but the thread that connects them is clearly not causal, then commentators resort to proclaiming the presence of a Zeitgeist!*”
- [6] Ball P. Life’s Matrix. University of California Press, 2001
- [7] Whitehead A N. The principle of relativity. Cambridge University Press, 1922
- [8] Ball P. The Ingredients. Oxford University Press, 2002. p. 167
- [9] Brown D. The lost symbol. Double Day, 2009. p. 409. 原文如下: “*In every culture, in every era, in every corner of the world, the human dream has focused on the same exact concept—the coming apotheosis of man… the impending transformation of our human minds into their true potentiality.*” He smiled. “*What could possibly explain such a synchronicity of beliefs? “Truth”, said a quiet voice in the crowd.*”
- [10] Illing L, Panda C D, Shareshian L. Phys. Rev. E, 2011, 84: 016213
- [11] Raizer Yu P. Gas Discharge Physics. Springer, 2nd edition, 1997. p. 331
- [12] Stewart I. why beauty is truth. Basic Books, 2007. p. 231
- [13] Djerassi C. The Bourbaki gambit. University of Georgia Press, 1994
- [14] Shafarevich I R. Basic Notions of Algebra. Springer, 2005. p. 7
- [15] Galison P L. Einstein’s clocks, Poincaré’s maps: empires of time. W. W. Norton & Company (New York), 2003
- [16] Einstein A. Relativity; the special and general theory. Empire Books, 2011
- [17] Popper K. Unended Quest. Routledge, 1992. p. 96