

数量中的科学丛书

奇妙的时间



张九庆/主编

 北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

数量中的科学丛书

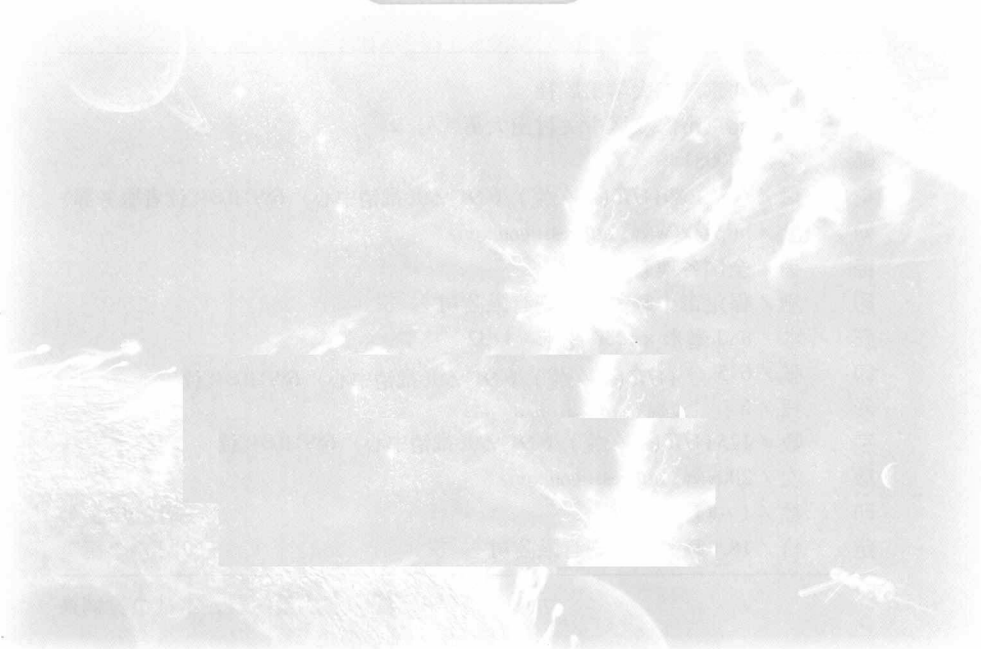
P19/2

2009

奇妙的时间



张九庆/主编



 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

奇妙的时间/张九庆主编. —北京:北京理工大学出版社,2009. 1

(数量中的科学)

ISBN 978 - 7 - 5640 - 1678 - 4

I. 奇… II. 张… III. 时间 - 普及读物 IV. P19 - 49

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 108494 号

出版发行 / 北京理工大学出版社

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010)68914775(办公室) 68944990(批销中心) 68911084(读者服务部)

网 址 / [http:// www. bitpress. com. cn](http://www.bitpress.com.cn)

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 保定市中华美凯印刷有限公司

开 本 / 880 毫米 × 1230 毫米 1/32

印 张 / 6.5

彩 插 / 2

字 数 / 125 千字

版 次 / 2009 年 1 月第 1 版 2009 年 1 月第 1 次印刷

印 数 / 1 ~ 6000 册

责任校对 / 申玉琴

定 价 / 18.00 元

责任印制 / 李绍英

图书出现印装质量问题,本社负责调换



奇妙的数量

(代总序)

从很小的时候，我们就习惯于通过数量来认识和比较身边的事物，如几辆玩具车的大小和它们运动的快慢；我们几岁了？热不热、冷不冷？等等。我们甚至不曾设想过离开数量的世界会是个什么样子。其实，世界就是世界，它客观地存在着，数量是自我们的祖先起始的人类为了认识、比较和描述世界、为了交流，而采用的方法。然而，数量却真的很神奇，没有数量的世界连在一起，难解难拆；一用上数量，世界便清晰起来了。好像我们学会使用的数量越多，世界便越清晰了。科学家们也通过数量来描述自然界中的各种物质的性质和状态，如宇宙的尺度、元素的半衰期、电子的质量、大气的温度……

在这里，我们先以人体为例，来粗略地游览一下科学中的各种奇妙数量。

我们的生命来自于父亲的精子与母亲的卵子结合而成的受精卵。受精卵到8周之后，胎儿性别确定；24周后，

奇
妙
的
时
间





胎儿长成人形；280 天后，胎儿成熟，我们来到这个世界。孔子曾用时间叙述自己一生的经历与感悟：“吾十有五而志于学，三十而立，四十而不惑，五十而知天命，六十而耳顺，七十而从心所欲不逾矩。”

刚出生时，我们的平均身高是 50 cm，平均体重是 3.5 kg。随着生命的成长，我们的身高和体重都会逐渐发生变化，直到长大成人。男性的平均身高大约为 175 cm，平均体重约为 75 kg；女性的相应数值要比男性的数值小一些。有些个头很高的人身高可能超过 2.3 m，个头矮的人身高可能不到 1.3 m；肥胖的人体重可能超过 300 kg，瘦削的人体重可能只有 30 kg。在科学上，人的身体过高过矮或过重过轻都可能是某种病变或基因功能紊乱所致。

一生中，我们每个人的体温都基本保持 $36 - 37\text{ }^{\circ}\text{C}$ 不变，因为我们是恒温动物，这既区别于两栖、爬行类动物越冬时的低体温，也区别于禽类的高体温，除非我们得了病，例如高烧时体温会达到 $42\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

日常生活中，我们平均每人每天身体所需要的水量为 2 500 ml 即 139 摩尔的水，平均每天大约消耗 8 000 J 的热量。如果每天摄入的热量过多，会导致肥胖。除了水分和热量，我们的身体还需要补充足够数量的维生素和微量元素。

在晚上，如果我们使用 40 W 的白炽灯照明，流过这只灯泡的电流不到 0.2 A，所产生的光通量为每平方米 2 600 cd。到了深夜，我们安然入睡，周围的声音不超过 30 分贝。令人担忧的是，过分炫目的光和嘈杂的声音已成为新的污染，干扰着我们的正常生活。

在自然科学中，量度物质的属性或描述物质的运动状态的各种数量值，叫做物理量，如长度、质量、时间、温度、速度、密度等等。在很长一段时间里，计量这些物理量的标准是区域性的，而且以我们直接接触到的事物为依据。例如，长度用人的手臂或者脚步来丈量，时间根据日月星辰的变化来计算，重量用人或动物的载重来测量。随着生产和科学技术的发展及人与人之间交流的增加，物理量及其计量标准的统一得以实现。

然而，数量的使用真的是越多越好吗？过多使用的数量真的使我们的科学更清晰了吗？不是。数量太多了也不行，会使各种计量发生混乱，而且也不利于对规律的发现。目前，国际上确定了7个基本物理量和它们的基本单位，这就是：长度（米，m）；质量（千克，Kg）；时间（秒，s）；电流（安培，A）；热力学温度（开尔文，K）；物质的量（摩尔，mol）；发光强度（坎德拉，cd）。每一个物理量都有科学上的标准定义。其他的物理量都是按照它们的定义由基本物理量组合而成的，称为导出量，例如：速度（米/秒，m/s）；体积（立方米， m^3 ）；密度（千克/立方米， kg/m^3 ）；力（牛顿， $N = kg \cdot m/s^2$ ）；压强（帕， N/m^2 ）；能量（焦耳， $J = N \cdot m$ ）；功率（ $W = J/s$ ）；电势（伏特， W/A ）……

“数量中的科学”这套丛书，以与我们普通人关系密切、在日常生活中常用到和体会到，或靠日常经验能够比较好地理解为标准，选择四个基本量——长度、质量、时间、温度为主题，通过对自然科学中大到宇宙星系、小到





亚原子粒子的各种事物所涉及到的数量及其相关知识进行描述，形成了《奇妙的长度》、《奇妙的质量》、《奇妙的温度》、《奇妙的湿度》这样4本书。

大千世界，如果不加选择，我们就会淹没在数量的海洋中。本套丛书对所纳入的数量的选择，首先考虑的是这个数量的典型性或特殊性，关注这个数量所能涵盖的科学知识及所涉及的科学事件、人物和最新的科学进展。这样，对一个数量的描述便拓宽到整个科技领域；不仅关注孤立的量值，而且涉及与这个数量相关的一系列知识，一个数值有时是一个数值群。这样，我们对科学的介绍就不再只是枯燥的数据和单调的知识，而是使科学有了历史的烙印和动态的色彩，使数量具有了故事性和趣味性。不仅如此，我们在关注科学层面的量值的同时，也适当地介绍一些社会、经济等层面的相关知识，而且辅以相应的插图（照片、图画和表格），使这些科学数量变得丰富、生动和简洁。在我们这个读图的时代，恰当和精美的插图能够提供媲美文字的信息量。

英国诗人布莱克有诗云：“一沙一世界，一花一天堂；掌中握无限，瞬间成永恒。”说的是从一个具体的事物出发，我们就可以把握变化无穷的时空。但是，对事物的全面认识还是需要系统的科学知识。

这套丛书力图为读者认识自然界、认识科学提供一条路径、一种方法，或者一个视角。如果在阅读完相关数量的知识和故事之后，能激发读者进一步探索世界，甚至投身科学的兴趣，编者的目的也就达到了。



什么是时间？

时间与我们形影不离，但又令我们捉摸不定。时间究竟是什么，时间如何开始又将在何时结束？

孔子站在河边望着流动的河水感叹：“逝者如斯夫，不舍昼夜。”在很长一段时间，我们知道的时间就像孔子心里的时间是连续不断的，是单向有序前行的。

爱因斯坦曾通俗地解释相对论：“如果你在一个漂亮的姑娘身旁坐一个小时，你只觉得坐了片刻；反之，你如果坐在一个热火炉上，片刻就像一个小时。这就是相对论的意义。”如果牛顿有知，他绝不会同意爱因斯坦的说法，牛顿心中的时间是绝对的，与参考系无关，与空间无关。

今天，科学家发现，量子物理中的时间不再是连续的，而是间断的，时间的流逝正如量子的跃迁一样。时间间隔的最小单位为时量子，时量子的数量值是迄今为止科学家观察到的最大辐射频率的倒数。

我国著名散文家朱自清曾对时间的匆匆流逝发出无奈





的叹息：“洗手的时候，日子从水盆里过去；吃饭的时候，日子从饭碗里过去；默默时，便从凝然的双眼前过去。……我掩着面叹息，但是新来的日子的影儿又开始在叹息里闪过了。”如果霍金出现在朱自清面前，可能会加重朱自清的叹息。霍金认为，黑洞里引力特别大，时间走得异常的慢，可惜我们现在对黑洞还知之不多，不然的话就会制造出真正的时间隧道了。

时间可分为时和间——时刻和时段——时间节点和时间间隔，时刻表示事件何时发生或者结束；时段表示事件发生所持续时间的长短。但通常人们都模糊地将其表述为时间。在本书中，我们所说的时间其实是时段，即时间间隔，有时候会长到 10^{18} 秒，有时候会短到 10^{-25} 秒。

从 10^{-25} 秒到 10^{18} 秒，幂次依次增加，构成我们现在已知时间长短的 42 级台阶。本书将从这 42 级台阶中，选择有典型意义的某些特殊事件的时间，进行简明的描述。一步步接近关于时间的科学世界。

国际单位制中时间的基本单位是秒，秒的最新定义是：“在零磁场下，铯 133 原子基态两个超精细能级之间的跃迁所对应辐射的 9 192 631 770 个周期的持续时间。”

在日常生活中，我们常使用比秒大的单位，如分、刻、小时、日、月、年、世纪等来描述时间，其中秒 (s)、天 (d)、时 (h)、分 (min)、年 (a) 为法定计量单位。其简单的换算为： $1 \text{ min} = 60 \text{ s}$ ； $1 \text{ h} = 60 \text{ min} = 3\,600 \text{ s}$ ； $1 \text{ d} = 24 \text{ h} = 1\,440 \text{ min} = 8.64 \times 10^4 \text{ s}$ ； $1 \text{ a} = 365.24 \text{ d} = 8\,766 \text{ h} = 5.259 \times 10^5 \text{ min} = 3.156 \times 10^7 \text{ s}$ ；在中国，花甲和古稀都是时间单位，

1 花甲为 60 年，1 古稀为 70 年。相传清朝乾隆皇帝曾为一位 148 岁老臣题赠寿联：“花甲重逢，增加四七岁月；古稀双至，更多八个春秋。”

在描述微观世界时，我们常使用比秒小的单位，如赫兹 (10^{-1} 秒)、毫 (10^{-3}) 秒、微 (10^{-6}) 秒、纳 (10^{-9}) 秒、皮 (10^{-12}) 秒、飞 (10^{-15}) 秒等。

时间记录着时间本身的变化。在本书中，我们会介绍时间单位和测量技术的演变历程，即人类如何从日晷计时、“脉搏”计时、恒星时间、平太阳日到以原子钟对时间进行准确的测量。

时间是一段过去历史的记载。在本书中，我们将回顾科学上伟大事件所延续的时间，例如赖特兄弟首次驾机飞行的时间、航天员首次在月球漫步的时间，等等。

时间是一个生命存活或者一个事物持续存在的全过程，有时我们称之为年龄，有时称之为寿命。在本书中，我们会解说宇宙和地球的年龄，基本粒子如介子的寿命，一些动植物的寿命。

时间是一种物体有规律运动的快慢，也就是物体稳定运动的周期或者频率中存在的延续性。在本书中，我们会描述钟摆的周期、地球自转与公转的周期、哈雷彗星的运行周期和交流电的频率等。

时间是生物生活的节律。在本书中，我们会描述哺乳动物、鸟类和昆虫等睡眠、妊娠的时间，花朵的开放时间，等等。





目 录

- 141 亿年 钍 232 的半衰期 / 1
- 137 亿年 宇宙的年龄 / 4
- 50 亿年 太阳系的年龄 / 7
- 46 亿年 地球的年龄 / 10
- 38.7 亿年 地球有水的历史 / 13
- 30 亿年 地球生命诞生至今的时间 / 16
- 15 亿年 有核细胞出现至今的时间 / 19
- 6 亿年 地球大气中氧含量从 1/10 增到 1/5 的时间 / 22
- 5.64 亿年 寒武纪距今时间 / 25
- 3.7 亿年 陆地生命出现至今的时间 / 28
- 2.5 亿年 太阳围绕银河系运转一周的时间 / 31
- 2.5 亿年 恐龙出现距今时间 / 34
- 1.8 亿年 哺乳动物出现距今时间 / 37
- 170 万年 元谋猿人出现 / 40
- 5.9 万年 人类祖先“科学亚当”诞辰距今时间 / 42





- 奇妙的时间
- 7 000 年 地球磁场两极翻转过程所需的时间 / 45
 - 5 730 年 碳 14 的半衰期 / 48
 - 2 850 年 1 g 质量所具有的能量可供一盏千瓦电灯点燃的时长 / 51
 - 76 年 哈雷彗星轨道周期 / 54
 - 40 年 全球石油尚可供开采的时间 / 57
 - 7 年 “卡西尼号”飞船飞往土星所花的时间 / 60
 - 5 年 理论上太阳帆飞船到达冥王星所花时间 / 63
 - 13 个月 欧洲月球探测器“智慧 1 号”飞往月球所花时间 / 66
 - 366 天 航天员在空间站最长的飞行时间 / 69
 - 280 天 母亲怀孕时间 / 72
 - 120 天 红血球平均寿命 / 75
 - 60 天 美国新型核动力飞船从地球抵达火星 / 77
 - 56 天 男性婴儿睾丸形成 / 80
 - 10 天 美军在任务下达后将兵力投送部署到全球任一地点做好战斗准备所需的时间 / 83
 - 4.5 天 英国许多植物物种开花时间比过去 40 年间平均提前时间 / 86
 - 102 小时 45 分 43 秒 美国“阿波罗号”飞船航天员从地球到达月球所花时间 / 89
 - 72 小时 秀丽线虫的寿命 / 92
 - 40 小时 第一只碳丝白炽灯寿命 / 95
 - 1 天 地球自转 1 周的时间 / 98
 - 21 小时 “神舟 5 号”载人飞船飞行时间 / 101

- 8 小时 人的工作与睡眠时间 / 104
- 4 小时 首批战场机器人士兵最长运转时间 / 107
- 3 小时 “惠更斯号”着陆器降落在
土卫六上所花的时间 / 110
- 127 分钟 “嫦娥 1 号”卫星绕月周期 / 113
- 96.2 分钟 世界第一颗人造地球卫星的运行周期 / 116
- 90 分钟 “鹦鹉螺号”度假太空舱环绕
地球一圈的时间 / 119
- 1 小时 一天中太阳经过地球一个时区的时间 / 122
- 60 分钟 “未来作战系统”排级无人机的续航时间 / 125
- 45 分钟 美军在伊拉克战争中协同定位目标
所需时间 / 128
- 23 分钟 A-Train 卫星编队首尾卫星相隔时间 / 131
- 17 分钟 中子的平均寿命 / 134
- 2.5 分钟 放射性同位素磷 30 的半衰期 / 137
- 2.5 分钟 铀原子核的裂变碎片钡 137 的半衰期 / 140
- 12 秒 赖特兄弟飞机首次飞行时长 / 143
- 10 秒 美国导弹防御系统热成像卫星
扫描地球表面的时间间隔 / 146
- 2.5 秒 第一枚液体火箭飞行时长 / 149
- 2 秒 第一部电影放映时长 / 152
- 1 秒 铯 133 原子基态两个能级间跃迁所对应辐射的
9 192 631 770 个周期的持续时间 / 155
- 0.5 秒 疼痛传到大脑的时间 / 158
- 0.2 秒 最早电视机荧光屏显示一幅画面的时间 / 161





- 奇妙的时间
- 20 毫秒 蚊子振动翅膀 1 次 / 164
 - 90 毫秒 人工合成的 118 号超重元素的寿命 / 167
 - 10 微秒 (1×10^{-6} 秒) 高速摄影时的曝光时间 / 170
 - 100 纳秒 (1×10^{-7} 秒) 正电子的存在时间 / 173
 - 40 纳秒 (4×10^{-8} 秒) 反质子存在的时间 / 176
 - 10 皮秒 (1×10^{-13} 秒) τ 子寿命 / 179
 - 10 飞秒 (1×10^{-14} 秒) π 介子平均寿命 / 182
 - 100 阿秒 (1×10^{-16} 秒) 电子在能级之间跃迁的时间 / 185
 - 10^{-25} 秒 Z 子的寿命 / 188
 - 10^{-43} 秒 普朗克时间(物理学中无法再分割的最小时间极限) / 191

141 亿年 钍 232 的半衰期

能够和宇宙年龄相媲美的时间长度恐怕只有钍 232 的半衰期了。不同科学家依据不同的观测事实或理论推演给出的宇宙的年龄有时候会相差数十亿年，而钍 232 的半衰期却相对精确一些。

早在 19 世纪科学家们提出原子论的时候，认为同一元素的所有原子形状、质量和性质都是完全相同的。进入 20 世纪后，人类开始探索原子的秘密。英国科学家汤姆逊根据带电粒子在电场和磁场作用下的偏转，首次精确测定了氢原子的质量以及氦、氮、氧、氟等气体离子的质量，发现这些气体离子的质量都是氢原子质量的整数倍，这与科学家用其他方法测定的原子量不同。

最令人奇怪的是，他还发现了一种质量是

奇妙的时间





氢原子 22 倍的带正电荷的气体离子，从光谱上看应该是氦离子，化学性质也与氦离子相似，就是质量比一般氦离子略大了一点儿。这是什么气体呢？为了区别起见，汤姆逊把它们分别称作氦 20 和氦 22。

直到后来，汤姆逊的学生卢瑟福和他的助手索迪发现，放射性元素在衰变过程中会自发地不断放射出粒子，其后自身便转变成另外一种放射性元素，直至最终变成稳定的元素。后来人们将放射性元素的质量变小到只剩下原来的一半所需要的时间称为元素的半衰期。

索迪发现，有些放射性元素具有相同的质子数，但中子数不同，其表现为化学性质基本相同，但质量和放射性不同，这些元素应该放在周期表上的同一位置，被称为“同位素”。

不久，汤姆逊的另一位学生阿斯顿发明了质谱仪，用它研究了各种元素，结果发现不仅是放射性元素，自然界中绝大多数化学元素都有数目不等的同位素，而且各种同位素的质量都是氢原子核质量的整数倍。所谓原子量，是指所有这些同位素混合后的相对原子质量。

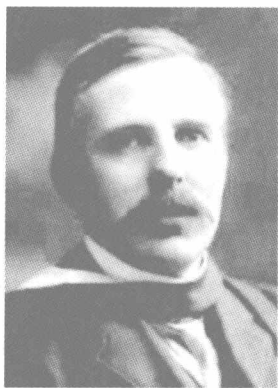
例如，自然界中有氦 20、氦 21 和氦 22 三种不同质量的同位素，其中氦 20 最常见，氦 22 约占 $1/10$ ，氦 21 只占 $1/400$ ，它们混合后的相对原子质量即原子量是 20.18。

自然界中钍有 24 种同位素，质量数分别为 212 ~ 236，它们混合后的原子量为 232.04。钍 232 衰变缓慢，其半衰期长达 141 亿年，而钍 228 的半衰期只有 5.76 年。

科学家通过分析一些最古老恒星的光谱，根据其中放

放射性元素衰变产生的元素数量，例如钍 232 和衰变产物铀的比例，可以算出这种衰变持续进行的时间已有 100 多亿年，以此可以推算出这颗恒星的年龄，并近似估计宇宙的年龄。

由于卢瑟福、索迪和阿斯顿在放射性元素和同位素方面的研究成就，他们三人分别在 1908、1921 和 1922 年获诺贝尔化学奖。



► 英国物理学家卢瑟福照片

