

物理学咬文嚼字之九十九

西文科学文献中的数字(下)

曹则贤[†]

(中国科学院物理研究所 北京 100190)

2018-04-27 收到

[†] email: zxcao@iphy.ac.cn

DOI: 10.7693/wl20180707

8 关于多重性的表示

数学上的 n -tuple 是 n 个元素的序列 (sequence)。这个 n -tuple 的表示, 源自拉丁语的 plus, 或者希腊语的 $\pi\lambda\omicron\upsilon\varsigma$, 意思是多(重)的。二元数 (binarion), 可以表示为 2-tuple, 四元数 (quaternion) 可以表示为 4-tuple, 八元数 (octonion) 可以表示为 8-tuple, 而十六元数 (sedenion) 可以表示为 16-tuple。有代数结构的多元数就这么些选择。如果关注每一个数量表示的重数, 则可罗列如下: single (1), also singleton, sole, only; double (2), also pair, twice; triple (3), also triplet, treble, thrice, threesome, troika, trio; quadruple (4); quintuple or pentuple (5); sextuple or hextuple (6); septuple (7); octuple (8); nonuple (9); decuple (10); hendecuple or undecuple (11); duodecuple (12) ... centuple (100), 等等。

物理上, 一个分布, 比如极性电荷的分布, 其所产生的电磁场可以通过计入其 0-阶矩, 即总电荷, 1-阶矩, 即偶极矩 (dipole moment), 2-阶矩, 即四极矩 (quadruple moment), 3-阶矩, 即八极矩 (octuple moment) ... 逐次逼近。总电荷为零的体系, 其振荡发出电磁波, 从偶极矩开始; 而非极性的质量分布振荡而产生引力波, 是从四极矩开始才可以有。

极性的电荷为什么总体上看其零阶矩会为零, 非极性的质量振荡是否一定产生引力波, 这些问题我都不懂。参照电磁波规范形式凑出来的引力场方程, 总给我以不踏实的感觉。至于更进一步的硬凑所导出的引力波问题相应的方程, 更是超出我的理解范围。

如果是论及多重的对象, 词尾可能是 -let (-et)。原子的能级有多重性 (multiplicity), 跃迁只发生在具有相同多重性的或多重性相差 2 的能级之间。碱金属原子的谱线只有 doublets (2, 指两条谱线, 但字面上只有数字), 碱土金属原子的谱线有 singlets (1) 和 triplets (3)。金属钛则有 singlet (1), triplet (3) 和 quintet (5), 金属钒有 doublet (2), quartet (4) 和 sextet (6)^[6]。七重和八重对应的英文词为 septet 和 octet。

这一套词汇也出现在多胞胎的表述中, 略有改动。一胎生多少孩子的一个表述是数字加词尾 -ton。一胎, 单胞胎, 是 singleton。双胞胎, 是 doubleton。双胞胎又叫 twin, 字面意思就是 2, 分 identical twins (全同双胞胎, 同性别), 和 fraternal twins (父源双胞胎? 性别不一定相同)。三胞胎是 tripleton, 四胞胎是 quadruplets, 五胞胎是 quintuplets, 也简化为 quins 或 quints。2009 年, 一位美国妇女生出了八胞胎 (octuplets), 其此前的第一胎为六胞胎 (sextuplets)。怀八胞胎啥感

觉? 医生说“你可以将之 (负担) 设想为单胞 (singleton) 的八倍增加 (eightfold increase)”, 这种想法相当幼稚。Singleton, doubleton 还是桥牌术语里的单张、双张。

多项式或代数方程也是要用到拉丁语数字表示的地方。说到多项式或代数方程, 汉语谓“几元几次”。比如二次型, quadrature (字面意思是 4。用形说话, 意思是方、平方), 的标准形式, 一元的 (unary) 形如 $q(x) = ax^2$, 二元的 (binary) 形如 $q(x, y) = ax^2 + bxy + cy^2$, 三元的 (ternary) 形如 $q(x, y, z) = ax^2 + by^2 + cz^2 + dxy + eyz + fzx$ 。一元多项式方程称为 monic (1) polynomial equation。就多项式的次 (degree) 而言, degree 1 是 linear (线性的), degree 2 是 quadratic, degree 3 是 cubic (字面不是 3。用形说话, 立方), degree 4 是 quartic (如果全为偶次的项, 则是 biquadratic, 二重平方项), degree 5 是 quintic, degree 6 是 sextic (hexic), degree 7 是 septic (heptic), degree 8 是 octic, degree 9 是 nonic, degree 10 是 decic。把这些形容词加到方程前, 就是一元几次方程的意思, 比如 quintic equation 是五次方程。阿贝尔证明了 quintic equation 没有代数解, 对这个问题的进一步研究带来了群论。注意, quintic equation 没有代数解是说没有代数通解, 一些特殊

形式的五次代数方程有代数解。五次代数方程可以有其它函数如椭圆函数表示的解。

著名女数学家诺德的博士论文名为 *Über die Bildung des Formensystems der ternären biquadratischen Form*, 这里含有数字 ter-3, bi-2, quadra-4 (平方), biquadratic equation 是平方项作为变量的二次型代数方程, 形如 $z^4 + a_2 z^2 + a_0 = 0$ 。这篇论文似是谈论三元二重平方形式的形式系统之构造。

9 月份与星期中的数字与非数字

一年十二个月和每周七日, 是我们使用数字表达的场合。然而, 因为文化差异, 西方的表述和我们的大不相同。关于月份, 中国实行两套历法, 中国人提起阳历的月份就是从1数到12, 容易掌握。农历的一月到十二月历史上会留下一些别称, 如把一月称为正月和元月(阳历的一月也称元月), 二月称为仲春, 三月称为暮春等, 这些别称基本上也只是一些文艺人士还在使用。西方(英德法意等语种中)的十二月份名称来源众多, 比较复杂。兹以英文为例说明, 一月份 Janu-



图9 Janus的形象

ary, 来自希腊神 Janus, 这老兄是双面人(图9), 同时看前和后, 也即过去和未来, 故用来命名新旧年交接的第一个月。二月是 February, 来自拉丁语的 februum, 赎罪, 古罗马的赎罪节在这月里。三月是 March, 与战神(火星) Mars 有关。四月是 April, 来自 aprilis, apero, 有 latter, second 的意思, 因为罗马历新年从 March 开始, 故 April 的本义是第二月。五月是 May, 来自希腊女神 Maia。六月是 June, 来自希腊女神 Juno, 此女是天神朱庇特(Jupiter, 木星)的姐妹和妻子。七月是 July, 来自罗马皇帝 Julius Caesar; 八月是 August, 来自罗马皇帝 Augustus Caesar。九月(September)、十月(October)、十一月(November)和十二月(December)的词头依次是 7 (septem-), 8 (octo-), 9 (novem-) 和 10 (decem-), 因为它们本就是古罗马历的七、八、九、十月。因为两位皇帝的名字把七、八月给占了, 这才造成了这个历史遗留问题, 给中国人学西文带来了一些困惑。意大利语十二月份名为 Gennaio, Febbraio, Marzo, Aprile, Maggio, Giugno, Luglio, Agosto, Settembre, Ottobre, Novembre, Dicembre, 德语为 Januar, Februar, März, April, Mai, Juni, Juli, August, September, Oktober, November, Dezember, 法语为 Janvier, Février, Mars, Avril, Mai, Juin, Juillet, Août, Septembre, Octobre, Novembre, Décembre, 可见是大同小异。一句话, 西语的十二个月, 只有后四个月是直观的数字, 而且还错位了。

至于一周的七日, 中文是用星期一至六加上星期日对付的, 因为这不是我们文化里有的东西。西方

一周的第一日是 Sunday, dies solis, day of the sun, 星期日(意思是星期中用太阳表示的那天)。第二日, 即中文的星期一, 是 Monday, Lunae dies, day of the moon, 星期月。星期二是 Tuesday, Martis dies, 字面来自北欧的神 Tyr, 是星期火。星期三是 Wednesday, dies Mercurii, 字面来自盎格鲁-撒克逊的神 Woden, 是星期水。星期四是 Thursday, Jovis dies, 字面来自北欧的神 Thunres, 是星期木。星期五是 Friday, Veneris dies, 字面来自女神 Frigg, 是星期金。星期六是 Saturday, Saturni dies, dies sabbati (安息日), 字面来自希腊神 Saturn, 是星期土。德语星期七日的说法是 Sonntag, Montag, Dienstag, Mittwoch (周中), Donnerstag, Freitag, Samstag, 其中除星期三以外六个与英文严格对应。法语的说法是 dimanche, lundi, mardi, mercredi, jeudi, vendredi, samedi。比较来看, 拉丁语的说法才真是“星”期, 一星期七日 是 dies solis, dies lunae, dies martis, dies mercurii, dies jovis, dies veneris, dies saturni, 对应中文的日一月一火一水一木一金一土各星。我们若是在英文文章中谈论星期几是该星期的第几日时, 请注意这里中文与西文的不一致。

10 具有特殊意义的数字

有些数是有特殊意义的。比如 Platonic solids (正多面体), 就只有 tetrahedron (4-面), cube, octahedron (8-面), dodecahedron (12-面), icosahedron (20-面)。Icosa-, 20, 来自希腊语的 εἰκοσι (eicosi)。Cube, 立方体, 是按照形状来描述数的残留痕迹。若按照其它几个正多面体

的构词方式，它应该是 hexadron (6-面)。柏拉图在《蒂迈欧》一书中猜测元素(风、火、水、土和天上的 quintessence, 第五种存在)的形状就是这样的，开普勒用它们构造宇宙模型。当电镜使得观察微晶粒成为可能时，人们发现这些正多面体确实是完美晶粒的外形。正多面体着落到4, 6, 8, 12, 20 上是拓扑的要求。正多面体允许边数最多的面是五边形，由五边形构成的正十二面体，人类在四千年前就制作出来了(图10)。不过，为什么要用石头制作正多(曲)面体，十分费解。

三体问题(three-body problem), logistic equation 的周期三 (period 3) 解的出现，都意味着混沌。

对平面图的任意分割形式，四种颜色就足以让接壤的(adjacent)两块区域总有不同的颜色。这就是著名的四色定理。此定理于1852年被提出，于1976年被证明，但是其证明方法仍然受质疑。

晶体允许 $n=1, 2, 3, 4, 6$ 次转动轴的存在，5次转动轴因为和平移对称性冲突，故不被允许。但是，5和黄金分割数(golden ratio)相关联，黄金分割数 $\phi = 0.5 \times 5^{0.5} - 0.5$ 。在准晶情形(即傅里叶变换依然是格点分布的格点分布)，允许的转动轴为 $n=1, 2, 3, 4, 6, 5, 10, 8, 12$ 次。八次准晶和白银分割数(silver ratio) $\lambda = \sqrt{2} - 1$ 有关，十二次准晶和白金分割数(platinum ratio) $\mu = 2 - \sqrt{3}$ 有关^[7]。

六角密堆积(hexagonal close packing)是大自然最炫酷的图案。Alex Thue关于六角密堆积是最有效堆积方式的证明，笔者认为其乃是最天才的、最简洁明了又有深刻影响的几何证明，不输于牛顿的关于椭圆是受平方反比律引力之行星的



图10 在苏格兰出土的人类四千多年前用石头制作的正多面体

可能轨道的平面几何证明。

在三维情形下，晶体有7种晶系，14种 Bravais 格子，对应的点群共32种，空间群共230种。7种晶系分别是 triclinic (三斜)， monoclinic (单斜)， orthorhombic (正交)， tetragonal (四方、四角)， trigonal (三角)， hexagonal (六角)， cubic (立方)。而使用凸多面体单胞填满三维空间所得到的 convex uniform honeycomb (凸一致蜂窝)结构共有28种。开尔文猜想提及的 truncated octahedron (截角八面体)是凸多面体单胞之一，见图11。

特殊单李群(exceptional simple Lie group)的维度只能是14, 52, 78, 133, 248 五种可能。

矢量叉乘(cross product)只存在于3维空间。如果不要求结果唯一，也可以存在于7维空间。习惯用矢量叉乘理解电动力学的朋友当心了。

数系包括实数 R ，一元的(monadic)；复数 C ，是二元数(binarian)；四元数是 quaternion，交换律已经放弃了；八元数是 octanion，结合律放弃了；十六元数是 sedenion，连 norm multiplicativeness 都放弃了。换个说法，十六元数是把 alternativeness 都放弃了，即其乘法连 $x(xy) = (xx)y$ ， $(yx)x = y(xx)$ 这样的条件都不能满足了。是算法决定了多元数所能拥有的单元的数目。哈密顿是在将复数扩展至三元数以



图11 截角八面体作为单胞的三维空间铺排方式

描述电磁学发现此路不通的情况下，发展了四元数的概念的。

神奇的137。 $1/137 = 0.0072992700729927007299270072992700 \dots$ 其循环长度为8。注意，07299270是镜面对称的。在物理上，精细结构常数约等于 $1/137$ 。据说这个 $1/137$ 赤裸裸地出现在各种场合。

以上列举的是物理上会遇到的部分特殊的数。数，及其相连的结构与法则(理)，都是真实的存在(的反映)。

11 关于数的零星内容

西文文献中或明或暗的数字很多，一般阅读文献时都会遇到一些。这些内容太零散，这里集中罗列一些，没有任何章法。

a) 质数与质子。质数与质子，大概跟中文的“质”字只有半毛钱的关系。质数(素数)，英文为 prime (第一) number，估计意思是论重要性排第一位的数。质子，proton，

字面意思是第一个家伙。作为气体分子、原子离子化后得到的所谓阳极射线(应该是一次离化的, singly ionized), 荷质比排第一的家伙就是 $^1\text{H}^+$, 近似是一个裸核。Prime 作第一解的词汇很多, prime minister(首席部长), prima classe(第一流), 以及在欧洲引起平民起义的初夜(nocce prima)权之争, 等等。符号上加的一撇被称为prime, 作强调用。变量 x primed 是 x' , doubly primed 是 x'' 。原子碰撞, 在路上碰到的第一个原子是 primary knock-on atom, 第二个是 secondary knock-on atom, 第三个是 tertiary knock-on atom。

b) 在许多场合, 英语表述会保留拉丁语或者希腊语转写的数字, 如“first blood, double kill, triple kill, quadra kill, penta kill, aced”, 这里的 first, double, triple, quadra, penta 表达的是一次连续击杀数, 对应数字 1, 2, 3, 4, 5。

c) 二维(two-dimensional)笛卡尔坐标系的轴把平面分成四(four)个无穷大的部分, 称为 quadrants (字面是 4), 每一个 quadrant 由两个半轴(two half-axes)限定, 它们一般会被按照第一到第四(from 1st to 4th)用罗马数字 I, II, III, IV 表示。Quadrant 汉译象限, 估计译者当时想到了两仪生四象。相应地, 在三维情形, 空间被分成了八个部分(eight regions)或者 octants (字面是 8), 那就该翻译成卦限了, 因为四象生八卦。三坐标皆为正的 octant 称为第一卦限(first octant), 其它的没有专门的名词。扩展到任意 n -维空间, quadrant 和 octant 对应的词叫 orthant (应是来自正交一词)。天文观测和航海用的六分仪, sextant, 是复杂的量角器, 因张开的扇面为圆的 $1/6$ 而得名。也有 quadrant

($1/4$), quintant ($1/5$), octant($1/8$)等不同制式。

d) 古印度学者 Kanada (亦作 Kananda, atom eater) 就已经提出, 同一类物质的原子 Atoms (anu) 可以结合成两原子(dvyanuka, diatomic molecules) 和三原子(tryanuka, triatomic molecules)。这里的 dvya- 和 try-, 就是 2 和 3。

e) Diode, di-hodos, 是二极管。Triode, tri-hodos, 是三极管。任何两路(三路)的器件都可以是 diode (triode)。半导体的 transistor, 是 transresistance (超越阻碍)的缩写, 汉译三极管, 是从其有三条腿的形象来的。Transistor 通常有至少三根接线(at least three terminals)。Hodos 是 way 的意思, 见于 method, meta-hodos, the way of doing anything。Anode, 是上游(路), 汉译阳极, cathode 是下游(路), 汉译阴极。

f) 《爱丽丝漫游奇境记》中有一段用拉丁语阴性形式的 Prima (第一)、Secunda (第二) 和 Tertia (第三) 为奇境中的三个人物命名, 照录如下:

Imperious **Prima** flashes forth

Her edict “to begin it.”

In gentler tones **Secunda** hopes

“There will be nonsense in it!”

While **Tertia** interrupts the tale.

这里的一二三是序数词, 与等级有关。相应地, 在谈论教育时, primary education, 一级的, 是初等教育; secondary education, 二级的, 是中等教育。高等教育不是 high education, 而是 tertiary education, 第三级教育。Secondary source, tertiary source, 第二、三手资料。

g) 氢元素的三个同位素被命名为 protium (第一者), deuterium(第二者), tritium(第三者), 汉语分别

译为氕、氘、氚, 暗含一、二、三之意且取洋文第一音节来规定这三个字的发音。这三种原子的离子(严格说来, 只是个原子核)分别被称为 proton, deuteron 和 triton。

h) 积分求曲线弧长(arc length of curve), 需要进行 rectification of a curve。求截面的面积(area of a planar section), 用到的是 quadrature, 求体积(volume of a solid), 用到的是 cubature。

i) 原子失去电子, 即为电离了。根据失去电子的个数, 可以是 singly, doubly, triply, quadruply, quintuple, sextuple, septuple, octuple, nonuple, decuple..., n -tuply ionized atoms。另有 trebly 的说法, 与 triply 意思同。

j) 物理学家乔治·茨威格(George Zweig)认为重子是由三重(trey, triplet) Ace 组成的, 而介子是由 Ace 和 Anti-ace 的二重体(deuces, doublets)组成的。Ace, 就是如今的流行语夸克。

k) 英文一次地、两次地、三次地的说法为 once, twice, thrice。四次地是 frice, 少见。

数字加 some 作词尾很有意思, twosome, threesome, foursome, 名词, 几人组的意思。Dan Brown 的小说 *Lost Symbol* 有一句: “The threesome arrived at a reading desk (那三人来到一张阅读台旁)”。

l) 音乐领域有 solo, duo (duet), trio, quartet, quintet, sextet (hexad), septet, octet 的说法, 分别是独奏、二重奏至八重奏。一个地方如果其主导哲学是滥竽充数, 就会鼓励各种花哨的合作而逼死独奏者。两行诗是 couplet, 三行体的诗是 tercet (terza rima, 意大利的三行体), 四行体的诗是 quatrain。

m) 半。英语的半，除了采用来自德语 halb 的 half 以外，还有来自希腊语和拉丁语的前缀 semi-, hemi-, demi-。有 demisemi- 的用法。此前专门谈论过，此处略^[8]。Semi-major axis, semi-minor axis, 是指椭圆(行星轨道)的半长轴和半短轴。

另有个拉丁语词前缀, sesqui= semis (half)+que, 意思是一倍半, 一个半, 如 sesquicentennial, 那是 150 周年, sesquipedalian 是一只半脚那么长。Sesquioxide 是三氧化二某物, 如 gallium sesquioxide, 也就是 Ga₂O₃, digallium trioxide。在数学上, sesquilinear form 是 bilinear form (双线性)的推广, 复向量空间 V 上的映射 $\varphi: V \times V \rightarrow \mathbb{C}$ 是 sesquilinear 的, 如果满足 $\varphi(ax, by) = \bar{a}b\varphi(x, y)$, $\varphi(x+y, z+w) = \varphi(x, z) + \varphi(y, z) + \varphi(x, w) + \varphi(y, w)$, 其中 a, b, x, y, z, w 都是复数。

n) Ian Stewart 曾叙述了这样一个故事: 有个国家, 叫 Duplicatia, 货币为 Pfunnig (仿德国的 Pfennig); 两个 Pfunnig 兑换一美元; 有个国家, 叫 Triplicatia, 货币为 Boodle; 三个 Boodle 兑换一美元; 有个国家, 叫 Quintuplicatia, 顾名思义, 当然是五个当地货币兑换一美元。所有这些商业换算行为(类比对称性操作)并行不悖, 但只在相应的国家才是可行的。Stewart 用这个例子来解释规范对称性(gauge symmetry), 或曰局域对称性^[9]。

o) 人体的肌肉有 biceps, triceps, quadriceps, 分别是二头肌、三头肌、四头肌。

p) 处方用拉丁语, 有 bis in die (b.i.d.), ter in die (t.i.d.), quater in die (q.i.d.), 依次是一天 2, 3, 4 次。Quaque die, each day, 每一天(一次); quaque altera die, 每隔一天

(一次)。Semel in die, 一天(一次)。Semel, once, semel pro semper, 意思是 once for all。

0) Nil-, nihil-, nul-, 零。Nil desperandum, 天下没有值得后悔的事儿。Nihility, 一切皆空。Zero totality, 零是全部, 颇有老子的“无中生有”的气魄, 这是物理学之形而上学的基本思想。量子力学、量子场论一直在用算符讨论 creation and annihilation (产生与湮灭)的问题。

1) 英语的 one 和希腊语 ένα (ena), 拉丁语的 unus, 德语的 eins 都有点关系。至于不定冠词 an (a), 和希腊语的 ένα (ena) 和法语的 un (阴性形式 une), 联系也比较明显。One 的副词形式是 only。牛顿把他的拉丁语名字 Isaacus Neutonius 中的字母重新排列 (anagram) 写为 Jeova Santus Unus, 即 Jehova, the only God, 这里的 unus 是一、唯一。

Un-, uni- 作词头在许多字里都是 1 的意思, 见于 uniaxial (单轴的), unifoliate (单叶的), uniform (单一形式, 一致的), unicorn (独角兽), 等等。Unique = one and only, 独特的。Unanimous, unus+animus (一个大脑), 意见完全一致的。Unison = unus+sonus, 一个声音, 见于短语 in unison (齐唱, 步调一致)。Universe, unus + versus, to turn, the totality of all things that exist, 囊括一切, 是谓宇宙。University 是 universe 的衍生词, 抽象名词, 意思是 the whole, 西方的一种教育机构。University, 汉译大学。

Unit, 汉译单元, 元就是一, 作为整体的一, 所谓“抱元守一”。Union, 一体, unite, 结合成一体。Unity, 成一个整体的样儿, 见于 national unity (国家的统一), economy unity (经济一体化)。

一个有单位元素(unit)的赋范代数是 unital, 而 the unit element in a Banach algebra is unique (Banach 代数的单位元是唯一的)。用 unitary 修饰的科学概念随处可见, 汉译一般是么正、酉正甚至就是一个酉字。我偏爱么正的译法, 因为骰子的一点是么, 麻将的一条是么鸡。如果一个变换, 它保持矢量的内积不变, 它就是 unitary 的, 或者说, 一个 unitary transformation 是两个希尔伯特空间的 isomorphism (同构), 即 $\langle x, y \rangle_{H_1} = \langle Ux, Uy \rangle_{H_2}$ 。一个复数域上的方阵被称为 unitary matrix, 如果其转置共轭也是它的逆, 即 $U^*U = UU^* = I$ 。Unitary matrices 构成的群是 unitary group。矩阵值都是 +1 的 $n \times n$ 么正矩阵构成的群, 则是 special unitary group, 简记为 SU(n)。粒子物理标准模型是 $SU(3) \otimes SU(2) \otimes SU(1)$ 理论。

Monad 源自希腊语的 μοναδως, μόνος, 单元的, 一体的, 作前缀形式为 mono-。

Monad, a unit; something simple and indivisible^[10]。在莱布尼兹那里, 连续性原理排除了原子的存在, 物质是无限可分的, 但最终每一个物体有一个非物质的、点状的源头(origin), 即 monad。Monad 是一切活动的中心^[11]。圆加上圆心的一点是 monad 的形象。氢原子, the elementary element, 就是这么个形象。数学上有 monadic operator (单变量算符), 化学上有 monad radical (单价根)。Mono- 修饰的概念, 一般译成单, 如 monomer (单体), monochromatic light (单色光), monotoneous function (单调函数), 等等。

2) 表示二的英文词或前缀实在

太多, 此前谈特别二的物理学介绍了一些^[12]。Two是大家熟悉的英文词, 它的变体还出现在Mark Twain(标尺2, 船员用语。被美国作家Samuel Langhorne Clemens用作笔名), between(两者之间), entwine/twine/twist(两者缠绕, 拧), twilight zone(twi+light, 晨昏时的光, 在日夜两者之间。德语为zwei+light, 都藏着2), 等词汇中。著名的作家、物理学家中都有Zweig, 汉字音译茨威格, 德语本意是树枝、树杈, 字面是2。二意味着分歧, 一些带twain的短语很有意思, 如for such twain to agree(难), never the twain will meet(水火不相容)。

Bis-, bin-, bi-是拉丁语的2, 以其作前缀的词汇众多, 如bilinear map(双线性映射), biconvex lenses(双凸透镜), binary star(双星), binate leaves(双子叶); bistort(bis-tortus, 双重拧巴), 等等。出现在combine(合二为一)里的bi-, 已不太容易辨认了。化学上bivalent也作divalent, 二价的。

Deuce是骰子的两点。作为赛点的引申义是因为此后要连得两分才算赢。前缀deutero-2见于deuteragonist(二号角色), deutero-canon(二号典籍, 副典)。

Di-作为2, 见于dimer(二聚体), dipole(偶极), dihedral angle(二面角)。Didymium, 铈镨混合物, 字面上didymos=twin, 其形容词为didymous, growing in pair(双生的)。注意, diatomic=di+atomic, 如diatomic molecule(双原子分子), 而diatom=dia+tom, 硅藻属。Dilemma, 意思是两可境界, 两难境界。

Dozen, twelve, douze(法语), dodeca-, 字面上都是=2+10。

Duel 决斗, 两个人的事。Dual-

ity, 对偶性, 据说 “The number two appears to always have carried with it the idea of duality (数2总是带着duality的思想), of opposites and mutual antithesis (相反和互为对立面), as we've seen with the Pythagoreans.”^[13] 对偶性是物理学的关键思想之一, 此前已有论述^[12]。Duplex, 有两部分的; duplicate, 一而二, 复制。

Dyad, 二分体, 愚以为可译为二并体。Dyad provides an alternative way to the description of second rank tensors (Dyad提供了关于二阶张量的两类描述), $D(A, B)=AB$ 是dyad, A 和 B 是两个矢量。Dyad有点乘算法 $A \cdot BC=(A \cdot B)C$, $AB \cdot C=A(B \cdot C)$, $AB \cdot CD=(B \cdot C)AD$, $AB:CD=(A \cdot D)(B \cdot C)$ 。还有dyadic的说法, $\sum_{\lambda} \xi_{\mu}(k, \lambda) \xi_{\nu}(k, -\lambda)$ 是垂直于 k 方向(k 是波矢)的dyadic^[14]。Diad是心肌细胞的一种结构。

Second可作动词用, 赞成、附议的意思。To second is to die, 武无第二, 当第二死路一条。

有胡克提出引力平方反比律的说法。1679年, 他在写给牛顿的信中, 提出了引力大小与距离的平方成反比这个概念, 但是说得比较模糊, 并未加之量化(原文是: …… my supposition is that the Attraction always is in a duplicate proportion to the distance from the center reciprocal)。现在的通行说法是 *inversely proportional to the squared distance*。

Bikini是太平洋上的小岛, 因为1946年在那里爆炸了原子弹, 因此一款女士泳衣, 视觉效果具有原子弹爆炸般的威力, 被设计者命名为bikini。又因为该款是two-piece suit, 两件套, 这里的bi-就被当作



图12 Trefoil knot, 三叶形纽结

2理解了, 由此有了衍生设计和衍生词汇, monokini, unikini(这应该是一件套的), trikini(这应该是三件套的), tankini, microkini, 等等, 不知如何汉译。注意, micro-, macro-常常被汉译为微观和宏观, 会带来很多误解, 它们就是普通词汇小和大。

提及同样类型的两个事物可以用的词汇包括couplet, distich, duad, duet, duo, dyad, twain, twosome, brace, pair, span, yoke, couple, 等等。

3) 三足够少又算多, 表示数字三的字很多。Three (third), ter-, terzo-, tri-, terce (tierce), 都表示三或第三。Sesterce=semis tertius, 意思是two and a half, 两个半。Tiercel (tercel), 一窝雏鸟里的三儿; ternate, 三出的(植物); trefoil三叶的, 如trefoil knot(图12); tertial 第三列的, 三趾; ternary operation(三参数操作), tertiary, 第三等的, 第三期的; ternion, triad, tryad, trine(也作形容词, three-fold)三个一体或一组的, 等等。古典哲学里的triadic pattern包括概念(Begriff), 判断(Urteil), 和结论(Schluss)。Tervalent, 也作trivalent, 三价的。Throuple(3)是couple(2)的对应词汇。Triviality(平庸), trivial solution(平庸解), 字面意思是三岔

路口, 所以是 commonplace。

Tri- 还被凑出了一个抽象词 triality, three generations of fermions related by triality (三代费密子由 triality 联系起来)。

Troika 是三驾马车。大文豪席勒的 trigamy, trinogamy (三人婚, 齐人之福), 用法语说是 une ménage à trois (3)。三人组的一个说法是 trio。西方神话里有许多 trio of women, 女神三人组, 如名画 *帕里斯的决断* 中的谁都不好得罪的女神三人组是天后 Hera, 智慧女神 Athena, 和爱神 Aphrodite。剑桥大学有数学 tripos, tripodat。Tripod, 三条腿。被称为 tripodat 的老兄要坐在三条腿的凳子上和申请学位者激辩。

量子理论中关于测量的基本性 (elementarity of measurement) 宣称必须有不可或缺的 triad: 发射体—信号—吸收体。康德哲学的 triad 是存在、原因与互反性 (Kant's triad of substance, cause, and reciprocity)。

4) 前面提到, 因为用四角-, 四边来描述正方形 (square), 所以 quadrature 是二次型, quadratic equation 是一元二次方程, 一元四次方程是 quartic equation。一个方阵, square matrix, 中的数排成 quadratic array (方阵列)。A quart, quarter 是 1/4, 一元钱的 quart 就是 25 分, 一小时的 quarter 就是 15 分钟。Quartan, 四天一次的; quarterly 是一年四次的, 表示刊物, 比如 Fibonacci quarterly, 那就是季刊。Quattrocento, 四百, 在意大利指公元 15 世纪, 意大利人还用 trecento, 三百, 指公元 14 世纪。

Quaternity 是个专有名词。能代表规则图形中的单元数目的数字是 figurate numbers, 比如三角数, 正方数(平方数)。把 1, 2, 3, 4 个小石子(圆点)排成四行, 可构成一

个边为 4 个单元的等边三角形, 这四个数之和是 10, 故 10 是三角数。等边三角形, 和又为 10, 这就带上了一些神秘色彩。毕达哥拉斯学派为此专门造了一个字 τετρακτύς (tetrad or tetractys), 字面意思是 4, 指 1, 2, 3, 4 这个集合以及这个边为 4 个单元的三角形。可能因为还有四元素说吧, Pythagorean quaternity (4) which for him was a symbol for the unity (1) of the world, 这个 quaternity 竟然被看成是世界一统的符号。

Tetra-, 包括 tera-, tra-, tetratto-, 是来自希腊语的四。Terahertz 的光, 是频率为 $10^{12}=1000^4$ Hz 的光。Tevtron, tera-eV-tron, 是把粒子能量加速到 $10^{12}=1000^4$ eV 的质子—反质子对撞机。Tetra- 常见于诸如 tetragonal (四角形), tetrapod (四足动物), tetralogy (四幕剧) 中。Trapezium, trapeza, four-footed bench, 意思是不规则四边形, 梯形。Trapezius, 后背上的斜方肌。这里的 tra-, 是 tetra- 的缩写。Tetarto-, 见于 tetartohedral, 就是 tetrahedral, 四面的。Tetra- 后面接元音开头的词, 会省略 a, 如 tetroxide, 四氧化物。Teflon, 聚四氟乙烯, 是 polytetrafluorethylene+on 的缩略语。

历史上德语是物理学的工作语言, 一些重要的词就原封不动地进入了英语文献。一个重要的概念是 Vierbein theory (四条腿理论), 又叫 tetrad theory。Tetrad 表示会选取一组局域定义四个线性不相关的矢量, 这称为 tetrad。仿照四维情形, 有 zweibein (两条腿), triad (3), pentad/fünf (5), elfbein (十一条腿) 的表示, 可笼统地称为 Vielbein (许多条腿) 表示。此套语汇中德语与拉丁语齐飞。1929 年, 外尔将 Vierbein 的概念引入广义相对论^[15]。把狄拉克 spinor 引入引力理论就要求

使用引力的 tetrad formalism, 这种表示让引力的规范结构明晰。

5) Finger, 手指, 来自 Penkwe-, 就是数字五, 汉语也有手是五指山的说法 (这事儿孙悟空比较清楚)。Quin-, quinque- 是拉丁语的 5。骰子和扑克牌的 5 点, 花样是正方形四个顶角和中心各一个点, 这称为 quincunx pattern。Quinary, 五个的, quintan, 五天一次的, quinquefoliate, 五叶的, quinquevalent, 五价的。Quintessence=quint + essence, 汉译精华、典范、精髓, 字面上是第五存在, 指水火土风四元素之外的构成天上世界的元素。Quintupule 可缩写为 quint。

Penta- 是希腊语的 5。Pentathlon, 是五项全能, pentastich 是五行诗。

6) Hexa-, sex- 是 6。Hexakosioihexekontahephobia, 666 恐惧症, 是对数字 666 的恐惧, 英语写成 sixsixsixaphobia^[16]。The Hexaemeron, 6 天, 谈论的是创世的 6 天。Hexapod, 六足昆虫。Semester, 汉译一学期, 不确。Semester=sex menstris, 是 6 个月。有人翻译每学年三学期制, 谓 three semesters, 那一年得 18 个月。Sestet, 就是 sextet, sextette。Senary, 六个一组的。Sextus, Sexta 是拉丁语人名, 就是分别给男孩、女孩用的老六、小六子。Sextus Propertius, 来自拉丁语的名字诨, 字面上就是“咱家的小六子”。

7) Hepta-, septa-, septi- 是 7。Heptad 是七个(人)组, heptarchy 七人寡头, heptastich 是七行诗。Saptarishi, 古印度的七圣人。Septenary, 七个一组的; septilateral, 七边(方)的。Septentrional, 英汉字典会解释为北方的, 但它的字面是 seven+trio, 七头耕牛, 指大熊座的 big

dipper asterism (大勺子星群)所含的七星,就是我们中文的北斗七星。缩写 Sep 经常和 Mer (meridional), Ori (oriental)和 Occ (occidental)一起代表北、南(字面是中)、东、西四方。另有 australis (南), meridionalis (中), borealis (北)。字面是熊的表述, Terra Australis, 南方的土地, 即 Australia。

Seven liberal arts 是西方人文学科的七艺, 其下三部 (trivium, 字面是三途)为语法、逻辑与修辞, 上四部 (quadrivium, 字面是四途)为算术、几何、音乐与天文。柏拉图在他的《理想国》(Republic)中讲述了他学园里开的这七门课。这七艺是修习哲学(liberal art par excellence)和神学的基础。中国周代有设六艺之说, 包括礼、乐、射、驭、书、数。

8) Octo-, octa- 是 8。Cuboctahedron 有 cubo-(立方, 六面, 正方形的)加上 octa-hedron (八面, 三角形的)共 14 面, 是阿基米德多面体的一种。它的 dual 是 rhombic dodecahedron, 有规则的 12(do+deca)个菱形面。Octopod 是八足动物, 而 octopus 是八爪鱼。

Octet, 八字字节, 八重奏。化学中有所谓的 octec rule, 即主族元素的原子结合成的状态总是使得每个原子有 8 个价电子, 其中共享电子重复计数。这其中的原因是主量子数为 2 的原子, 其闭壳层构型为 $2s^2 2p^6$ 。这不是什么严格的定律, 遇到 NO

这样的分子, 就要当作例外处理。

佛家的八正道为 正见、正思维、正语、正业、正命、正精进、正念、正定。没想到, 熟知佛家经典的物理学家 Murray Gell-Mann 把它引入了粒子物理, 称为 eightfold way, eight-way。这个理论把介子和自旋 1/2 的重子纳入 octet (八重态), 把自旋 3/2 的重子纳入一个 decuplet (十重态) (图 13)。十重态的排法让人联想起毕达哥拉斯的 τετρακτύς (quaternity)。

9) Nono-, nano- 是 9。Nonagon 是九边形, nonet 是九重奏。Nano-, 指 10^{-9} 。Nanosecond 是纳秒, nanometer 是纳米。纳米技术涉及的物质典型尺度是 nanometer。如果要给纳米技术指定唯一的关键词, 愚以为应该是 quantum confinement (量子限域)。

10) Deca-, deci- 是 10。Decade, decennary, 十年。Boccaccio 1353 年著有小说 *decameron*, 意大利文字面是十日, 汉译《十日谈》。英译本是把 *decameron* 的书名保留着的, 不敢译成 ten day gossip。Decalogue 是十诫。

Five-fold symmetry (五次对称性) 是晶体学所不允许的。1982 年 4 月 8 日, Dan Schechtman 在合金样品的电子衍射花样中见到了十重对称的斑点, 颤抖着手在实验记录上写下了“(10 fold???)”的字样。这个不同寻常的花样开启了准晶的研

究, 让他收获了 2011 年度的诺贝尔化学奖。

100) Hecto-, cento- 是百。Hectare, hector + are, 10000 平方米, 汉译公顷。此外就是 hectogram, hectometer 等。Century, 世纪, 一百年, centenary, 百年的。西班牙语名著《百年孤独》(*Cien años de soledad*), 译成意大利文是 Cent'anni di solitudine。Cien, cent, 就是一百。

1000) Mille, kilo-, 千。Millenary, 千(年)的。Millennium, 千年, 千禧年, 千年纪念。Millipede, millepede, 千足虫, 马陆, 北京周边山里就有很多。Kilo- 是常用的前缀, 见于物理单位如 kg, kcal, km 等。Kilo 是希腊语的千, χίλιοι, 的转写。英文的 thousand, sand, thus-hundi, 比百多、好几百的意思。

许多) Multi-, mani-, -ply 是多。Multiple, multifold, 多重的。Multifold, 对应的德语是 mehrfach 或者 multifach, 还可以是 mannigfaltig。数学家黎曼引入了 mannigfaltigkeit (多重, 多叠)此一微分几何概念, 英译为 manifoldness, 后来干脆就是 manifold。这个重要的概念在汉语中变成了流形。流形上的微分几何是理解广义相对论的基础。作为简单数学概念, multiple 是倍数, multiplication 是乘法。太了的数, 英语表述为 beyond number, without number, 即无数。

无穷) Infinity, 字面就是无穷无尽。拉丁语和法语的 fin, 就是结尾、结束。Final 就是最后的、最终的, infinite 就是无穷无尽的。Affine, ad+finis, 来到边界上的意思。Affine geometry, 一种强调连接的几何, 是从欧克里德(笔者决定从此放弃欧几里得的说法)几何到微

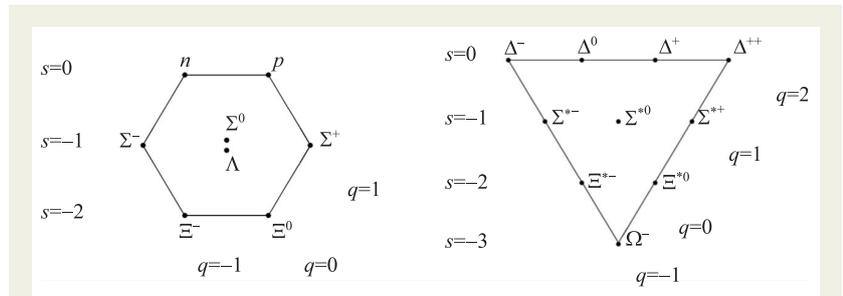


图 13 自旋 1/2 重子的八重态和自旋 3/2 重子的十重态

分几何到广义相对论的应有之义。可惜，这个词被随意音译为仿射几何，完全不知所云。Ad infinitum，直至无穷大。许多数学对象都意味着无穷大，比如整数、奇数、偶数、实数，无理数、有理数等的个数。德国数学家 Georg Cantor (1845—1918) 研究了 infinity of infinities。他的 transfinite numbers 的理论让自己也神经崩溃了。

无穷大的符号是个躺倒的8字，据信西方人是采用的 Ouroboros (衔尾蛇) 的形象(图 14)。我倒觉得，阴阳鱼的形象与其接近。0 生 1，无中生有；1 生 2，两个个体之间的 interaction 是本源。2 生万物。3，就是多。包含 3 以至无穷个个体的物理体系，描述其行为只用 interaction, pair potential, 2 足矣。

12 结束语

数学是自然科学的基石，自然科学各学科都有数字表达的需求。计数是人类最早的文化活动，数字表达有很多已经融入了日常语言表达，变成隐性的了。阅读英文科学文献，到处可见数字，如 “The only (1) way to make a nonzero(0) universe (1) out of these for each (1) to be unique (1)……”，短短的一句英文，数字 1 就以不同面目出现了四次。由于历史演化的原因，英文的数字表达源出多头，纷乱杂芜，不过也还算有章法可循。数字是文化和科学的元素，书写数字应顾及其功能与尊严，不可率性而为。欲以英文撰写论文者，多点谨慎少点自作主张，应能避免一半的错误。论及数字的表述，汉语文似乎遭遇了更大的麻烦。近些年来，汉语文中充斥着“10 余年来的发展”，“6、70 年代的人们”，“他们 2 个之间的

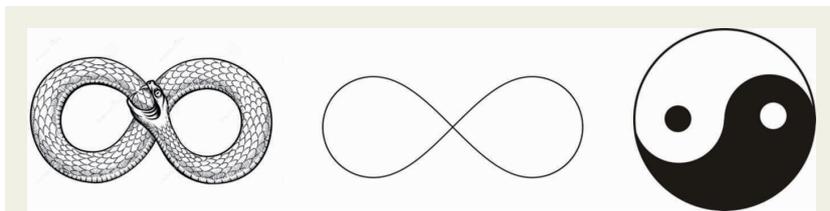


图 14 代表无穷大的衔尾蛇、数学上的无穷大符号和太极图

感情”等不忍卒读的句子，实在不敢恭维。而竟然有支持这种写法的所谓出版标准，真是滑了天下之大稽。

物理学是一条思想的河流。是一位物理学家看出了语言演化的源流，实属必然。看得出自梵语到英语的演化路径，哈密顿除了要有物理学家的深刻洞见，还要有了解类似茄汁逐步变成 catch up 这种奇异过程的背景知识。

关于数字，历史上就有将之无限拔高的倾向。万物皆数已是具有两千多年历史的口号。这个口号的物理 duplicate 是这样的一种思潮，即 numbers as the ultimate reality。一切自然现象固然都有数的关系，允许从数的角度的描述，但将数认定为最终的物理实在，涉嫌故弄玄虚，弄假成真就不好了。然而还就有把 numbers 当成 reality 的，试图通过摆弄 numerology 来获得物理的真谛。一个明显的例子是所谓的普朗克单位 (Planck units)。把光速、引力常数、普朗克常数、库伦常数和玻尔兹曼常数作乘除开方运算拼凑出一个时间、长度、质量、电荷、温度量纲的数，就以为这是具有神性光芒的特征量值，并以此为基点去构造物理学。我很怀疑这里是不是犯了本末倒置的小错。对哈密顿这种业余是大语言学家的数学家、物理学家和天文学家来说，数是个严肃的东西，“Therefore, Hamilton resists the temptation to introduce the ordinal and cardinal integers until he has developed the opera-

tions on time steps (因此，哈密顿拒绝在发展出基于时间间隔之上的运算之前引入序数、基数的诱惑)。”^[17] 这些数应该和它们之间允许存在的运算一起处理。看到这里，你就明白什么是哈密顿引入了四元数的概念以及代数律(结合律、交换律、分配率)的了。数的结构与运算，及其所关联的物理过程，才是数的价值所在。

再啰嗦几句数字结构及语言表达的影响问题。汉语的数字，一来是单音节字，二来太科学了，采用十进制且严格按照数字自身的顺序，因此就只需要记住 0—10，百、千、万、亿这几个字符就行，特别方便学习。说中文的小孩子很容易学会数数和九九乘法表。与之相对，法语和德语的数数问题就困难多了。首先得记住很多长短不一的字词。德语的两位数的读法是先读个位数，用和(und)字连接，字就特别长。3625，用中文念是三千六百二十五，7 个字节从左到右一气呵成。用德语，那是 drei Tausand sechs Hundert fünf und zwanzig，约 18 个字节。法语更绝，1—100 的数字就有十进制、二十进制和六十进制的痕迹，要念出 $73 \times 84 = 6132$ 能把学法语的外国人逼疯了。然而，然而，这世界上数学的绝大部分是法国、德国人创造的！为什么啊？我瞎猜，也许一个原因就是入门太难，所以数学对法国人、德国人来说是个严肃的、要认真思考的事儿。一个两岁的小孩儿，轻松地学会了 1—100 的数数、加法以及



20th
ANNIVERSARY

CHINA INTERNATIONAL
OPTOELECTRONIC
EXPO
中国国际光电博览会



UBM



精密光学展
镜头及摄像模组展
Precision Optics, Lens Expo &
Camera Module Expo



光连世界 触摸未来

2018.9.5-8 深圳会展中心



扫一扫即刻预登记

同期展会:

 光通信展
Optical Communications Expo

 红外技术及应用展
Infrared Application Expo

 激光技术及
智能制造展
Lasers Technology &
Intelligent Manufacturing Expo

 光电创新及
军民融合馆
Photonics Innovation Pavilion

WWW.CIOE.CN

九九乘法表，这轻而易举的入门，会不会不经意间带来轻飘飘，日后自然也不会认识到这里的难度？入门容易的东西，会给人造成不过尔尔的坏印象，让入门者的脚步太过轻浮，遂断了进入更高层面所应有的敬畏感。时至今日，吾国还有许多大学者误以为自己学会了加法了呢！加法和乘法有交换律， $1+2=2+1$ ， $2\times 3=3\times 2$ ，三岁孩子都懂的，但为什么却是数学上的 commutative law? Commutation, noncommutativity, 它们在物理学上意味着什么？笔者曾不停地念叨过：“对于任何一个数学和物理概念，都有太多我不知道、知道了也学不懂的内容。我说的任何一个是指每一个，with anyone I mean everyone。”

从前失却敬畏心，可能是我辈终不能入学问高境界的诅咒，信夫？

——2003年9月7日动笔，2018年4月27初稿。

参考文献

- [1] Cajori F. A history of mathematical notions. Dover publications, Inc., 1929
- [2] Kappraff J. Beyond measure, a guided tour through nature, myth, and number. World Scientific, 2002
- [3] Nataraj M S, Thomas M O J. Developing understanding of number system structure from the history of mathematics. Mathematics Education Research Journal, 2009, 21(2): 96
- [4] Dantzig T, Mazur J. Number: The language of science. Plume, 2007
- [5] Darrigol O. Electrodynamics from Ampère to Einstein. Oxford University Press, 2000. p.13
- [6] Tomonaga S, Oka T. The Story of spin. University of Chicago Press, 1998
- [7] 曹则贤. 一念非凡—科学巨擘是怎样炼成的. 外语教学与研究出版社, 2016
- [8] 曹则贤. 物理学咬文嚼字之六：“半”里乾坤大. 物理, 2007, 36(12): 959
- [9] Stewart I. Why beauty is truth. Basic Books, 2007. p.231
- [10] Suisy D. Euler as physicist. Springer, 2009
- [11] Coopersmith J. Energy: the subtle concept. Oxford, 2010. p.41
- [12] 曹则贤. 物理学咬文嚼字之八十：特别二的物理学. 物理, 2016, 45(10): 679
- [13] Conway J H, Guy R K. The book of numbers. Springer, 1996
- [14] Mahan G D. Many-particle physics. Springer, 2000
- [15] Weyl H. Elektron und Gravitation I. Zeitschrift Physik, 1929, 56: 330
- [16] Pickover C A. Adventures in mathematics, mind and meaning. Oxford university press, 2001
- [17] Hankins T L. Sir William Rowan Hamilton. The John Hopkins University Press, 1980. p.265