

物理学咬文嚼字之十三

缥缈的以太

曹则贤

(中国科学院物理研究所 北京 100190)

“可以言论者，物之粗也；可以意致者，物之精也。”

——《庄子·秋水》

将外文直接音译有时是个不错的选择，比如将“Bum jee”翻译成蹦极，但更多的时候这是一种不负责任的做法。早先有人将 *ultimatum* (最后通牒) 译成哀的美顿书，将 *taxi* (计程车) 译成的士，将 *international* (国际的) 译成英特纳雄耐尔，实在是让不知原文者不知所云者何。物理学名词中也不乏这样的例子，其中“以太”一词就是典型。

以太，是对英文 *ether* 的翻译。*Ether* 也写成 *aether* 按字典解释，其来自于希腊语 *aither aithein* 是着火、燃烧的意思。古希腊人认为，在月亮以外的空间里就充满这种“火性”的物质，构成了各个恒星 (*star*) 与行星 (*planet*)，这样以太就具有天空以及充满天空的那种物质的意思。所以，由这个词，经由 *aër* (*aërisim*) 就有了英文词 *air* 即空气、天空。以太 (*ether*) 用作形容词，词义会更加延伸，比如法语 *éthéré* 就有天空的、天上的、纯洁的、高尚的、微妙的、轻盈的、缥缈的等诸多意思。既然 *ether* 本意同天空、燃烧、缥缈等词意相关联，西文语境里应能让人想起炽热的夏天的感觉 (图 1)。实际上，这个词的拉丁文形式 *aestas* 就是夏天的意思，夏天在法文中为 *été* 读音与法文的以太 (*éther*) 相同。

缥缈的物体除了自然的风 (*air*) 与云彩，还有许多人造的易挥发的液体。醚类碳氢化合物就称为 *ether* 特指 *ethyl ether* (乙醚)，分子式 $H_5C_2OC_2H_5$ 。乙醚高度挥发、无色、易燃，这些物理特性简直就是对 *ether* 这个字的全面注解。*Ether* 还有让人产生飘忽 (飞升?) 的感觉的作用，所以可用作麻醉，*ether pro narcosis* 即是麻醉用乙醚。中文造出醚 (图 2) 这个字来翻译作为化学药品的 *ether* 我以为是神来之笔。

一直以来，星空都是最让人类着迷的存在。在古



图 1 以太，夏天的感觉

希腊，以太指的是青天或上层大气，不过从思想的层面上，以太的概念来自古希腊关于物质存在形式的思想交锋。德谟克利特 (*Democritus*) 认为宇宙就是“原子加空隙 (*atoms and voids*)”，而亚里斯多德 (*Aristotle*) 则认为“自然恐惧空虚 (*nature abhors vacuum*¹⁾)”^[1]，故有天体之间充满一种叫做以太的物质的说法。下面这句话也许有助于我们理解以太是一种什么样的物质：在古希腊，新派的物理学与哲学还没把精神与物质分离，认为思想是“最轻最纯粹的物质”，近乎微妙的以太，在世界上建立秩序，维持秩序^[2]。那么，对古希腊人来说，以太长什么样呢？柏拉图认为水火土风四种元素，其原子 (*atom of the element*) 各对应一种正多面体，而第五种正多面体，正十二面体，对应的是天上的元素“*aether*”或

1) *Vacuum* 一般被译为真空，可商榷处很多。注意到 *vacuum*、*void*、*space hole*、*empty* 等词的中文翻译都有个‘空’字，则遇到“*vacuum is empty*”，“*empty space*”麻烦就来了。容另处讨论。——作者注

“quintessence (第五种存在, 又译第五元素, 英文直接写成 “The Fifth Element”, 引申为精英或天上掉下来的)”的原子. 到 1596年, 开普勒的书 “Mysterium Cosmographicum” (宇宙的谜团) 中还有这种说法. 如果非要以太长什么样的话, 可以认为它是由正十二面体累积而成的.



图 2 作为化学药品的 ether 中文译为乙醚. 醚, 从迷, 让人不由想起十字坡孙二娘的蒙汗药

17世纪法国的笛卡儿 (Descartes) 是一个对科学思想发展有重大影响的哲学家, 他最先将以太引入科学, 并赋予它某种力学性质. 在笛卡儿看来, 物体之间的所有作用力都必须通过某种中间媒介物质来传递, 不存在任何超距作用. 因此, 空间 (space) 不可能是空无所有的, 它被以太这种媒介物质所充满. 以太虽然不能为人的感官所感觉, 但却能传递力的作用, 如磁力和月球对潮汐的作用力. 行星的运动是包围着他们的介质的湍流造成的, 类似水面上漂浮的树叶. 牛顿自己是相信有充满空间的连续介质的, 否则他的绝对时间和绝对空间就无处立足, 但牛顿力学的方程不显性地依赖以太的概念, 久而久之以太的概念就淡化了^[2], 如果不是被抛弃了.

以太之所以是重要的物理学概念是因为后来以太又被认为是电磁力的介质, 进一步地又作为光波的荷载物同光的波动学说相联系. 光的波动学说是由胡克 (Hooke) 首先提出的, 并为惠更斯 (Huygens) 所进一步发展. 1802年, Thomas Young 利用双缝干涉实验验证²⁾了光的波动性. 但在相当长的时期内 (直到 20世纪初), 人们对波的理解只局限于某种媒介物质的力学振动, 这种媒介物质就称为波的荷载物, 如空气就是声波的荷载物, 水是水波的荷载物. 既然光是波动, 它自然也是某种介质的振动. 我有一种猜测 (未考证), 因为水是水波的介质, 有凉的感觉, 而光是温暖的, 所以它的介质应是某种火热的东西, 所以 ether 这个词就派上了新的用场.

为了解释电磁现象 (法拉第力线的概念), 麦克斯

斯韦 (Maxwell) 在 1861年给出了一个关于以太的力学模型^[3]. 他设想以太由被 “钢珠” 状粒子分隔开的、微小的、转动的分子涡旋所组成的 (图 3). 进一步地, 麦克斯韦假定他的以太是弹性的, 电力就来自能将以太形变之势能. 但受弹性以太能传递波的启发, 麦克斯韦决定算一算速度该是多少, 他赫然发现电力与磁力之比 (注意两者的量纲. 这一年, 即 1863年, 量纲分析正式出现.) 同光速相符合. 麦克斯韦激动地写到: “We can scarcely avoid the inference that light consists in the transverse undulations of the same medium which is the cause of electric and magnetic phenomena (我们无法不得出这样的结论, 即光包含在引起电磁现象之介质的横向波动中).” 以太的振动速度同光速的数值相同, 似乎光的以太说又增加了证据.

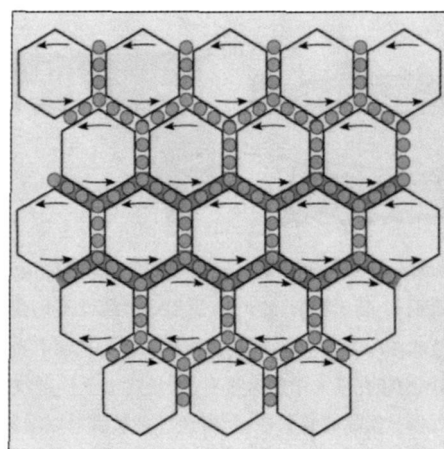


图 3 麦克斯韦关于以太的力学模型. 以太是由被 “钢珠” 状粒子分隔开的、微小的、转动的分子涡旋所组成的. 箭头为所谓的力线

但是, 真的有以太吗?

按照经典物理, 如果光是以太的振动, 则光速对地球上的我们来说, 其东西向上的速度应该与南北向上的速度不同, 相差一个地球在以太中的漂移速度 ($\sim 110,000 \text{ km/h}$, 约为光速的 0.01%). 1887年, 美国科学家 Michelson 和 Morley (他们俩相信以太是存在的) 设计了一个简单的、但是非常聪明的实验 (图 4) 来测量这个漂移速度. Michelson 和 Mor-

2) 其实, 我们应该看到, 一个实验什么也验证不了, 除非你相信或指望它能验证什么. 关于光的研究历史多次说明了这一点. 就双缝干涉来说, 用三角函数的叠加只能算是给出了一个关于明暗条纹的解释, 仅此而已. 近年来利用光子 (不是光束)、电子、原子、小分子、甚至碳球分子做的双缝干涉实验更显示了许多有趣的内容, 其内容之丰富不是经典光学书里那两句话能概括的. ——作者注

ley发现,随着整个实验台的转动,两条光路的光程差未见有变化,即没能观测到地球相对以太的运动速度(原文结果为速度应小于 7.5 km/s).有些文献中,到这一步就断言:“The failure of Michelson—Morley experiment to detect the existence of aether (Michelson—Morley实验未能证实以太的存在)”.不过,且慢,这个实验是否证实没有以太取决于你是否愿意相信不存在以太,否则你就能找到别的解释.

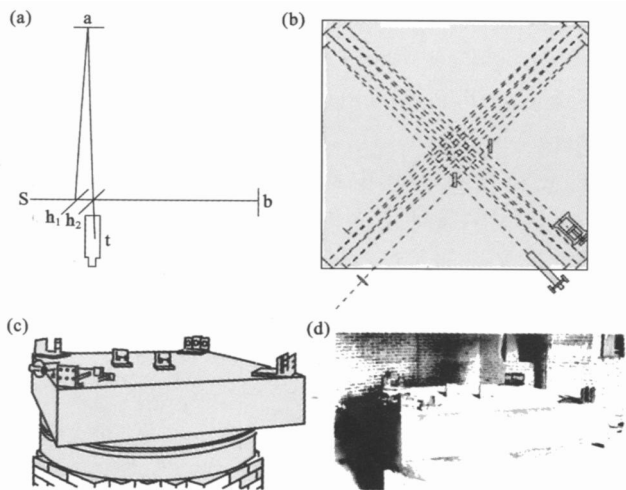


图4 Michelson—Morley实验 (a)自光源S发出的一束光经半反射/半透镜 h_1 分成两束,经a, b反射后再经过镜 h_2 会合成一束.如果地球在以太中运动,则在这两条垂直的光路中光的传播时间延迟同地球在以太中的速度有关,最终由于干涉条纹的变化反映出来; (b)实际的装置中,光束经过多次反射以增加光程,从而提高探测的灵敏度; (c)且实验台是安放在水银上的,可以转动; (d)实物(置于地下室)照片

Dayton Miller就不接受Michelson—Morley实验证实不存在以太的结论.他认为在地下室进行的实验,ether或许被墙壁或者设备拉住一起运动了,当然也就探测不着,所以他自己山顶上建立的薄壁墙内进行了多次重复实验^[4].而这一努力(探测地球相对以太的运动),直到1977年Nature上还有文章讨论^[5].另外一个假设以太仍然存在,但是不同Michelson—Morley实验冲突的解释是荷兰科学家洛仑兹³⁾(Lorentz)给出的,即如果存在以太,但相对以太以速度 v 运动的物体在运动方向上发生收缩,收缩比例为 $\sqrt{1-v^2/c^2}$,则聪明的Michelson—Morley实验就什么都检测不出来了.这个长度收缩的概念作为相对论出现前的插曲,在相对论提出100多年后,仍然被以错误的方式提及.

许多文献给人以以太的概念如今已被抛弃的印象,

是爱因斯坦把它扫入了历史的垃圾箱(Einstein swept it into the dustbin of history)^[1].实际的情况是,近代物理中以太的角色被扩展了,当然以别的面目出现.狭义相对论并未剔除以太的概念,牺牲的只是“the false intuition that motion at a constant velocity would necessarily modify the equations of an ether(匀速运动会改变以太方程的错误直觉)”.光速有限的事实让场(无质量标量场)的概念成为必然.狄拉克认为光子是将量子力学应用于麦克斯韦方程组的逻辑结果,这一思想被迅速推广为任何粒子都可以看作是量子场的小振幅激发;电子被看作是电子场的激发,电弱作用理论则需要充满空间的Higgs场,等等.不过,摆脱以太的概念似乎仍然是许多大物理学家的努力方向.Feynman就说:“I had a slogan: ‘vacuum is empty’(我有一个口号,叫做vacuum是空的).”

最后,请读者注意ether这个词的形容词形式,其用法也是很有趣,实际上是相当不好理解的.比如说“Maxwell’s ethereal equations”,是说麦克斯韦方程组有点儿“仙”?又比如“green ethereal pages”指的是大树叶(large leaves),是因为大得遮天,还是因为飘?值得玩味.

行文至此,我似乎有点理解为什么把ether直接音译为以太了,重音可能落在“太”字上.中文中,最热烈的存在称为太阳,最早的存在为太初,最缥缈的存在是太虚.Ether实在是太虚境界里的存在,不过若是音译的话,也许用“乙太”更好,毕竟它的另一译名是乙醚,此外“太乙”同ether的气质也满契合的^[6].

参考文献

- [1] Frank Wilczek Physics Today 1999, 52(1): 11
- [2] Hippolyte Taine Philosophie de l’art(艺术哲学).中译本众多,以傅雷译本较著名.
- [3] Francis Everitt James Maxwell Physics World 2006(12): 32
- [4] Dayton C Miller PNAS 1925, 11, 36
- [5] Michael Rowan—Robinson Nature 1977, 270, 9
- [6] 许仲琳,封神演义.北京:人民文学出版社,1973

3) 有本介绍相对论的中文学术专著,把荷兰物理学家洛仑兹(Hendrik Lorentz)同美国气象学家Edward Lorentz混为一人.所以该书中奇异吸引子(后者的工作)共洛仑兹收缩一色,蝴蝶效应(后者的工作)与洛仑兹变换齐飞,蔚为壮观,读来令人欲哭无泪流满面,哭笑不得不佩服.——作者注