

物理学咬文嚼字之六

“半”里乾坤大

曹则贤

(中国科学院物理研究所 北京 100080)

“我们鄙夷文字表达的轻率不负责任”。

——Ernst Bloch in *Geist der Utopie* (乌托邦精神)

将某个物事,比如天上掉下来的一块馅饼,一分为二,则得到两半。中文“半”字,从八,从牛,是把牛分解的意思。这里的“半”,比如用在圆的半径、半斤八两等语境中,等于数学上的 $1/2$ 。牛以及其他的高等动物外观上容易分成较严格意义上相等的两半,是因为它们的结构都具有镜面对称性,这是动物生存在三维空间中(物理学第零定律)因受重力约束(对称性破缺,动物的自由发育空间变为二维)从而只能在二维球面上运动(运动又将自由发育的空间降下一维)的必然结果。然而,更多的时候,“半”并不等于 $1/2$,而只表明是某个整体被分成两份中的一份,是部分的、不完全的意思,比如,半壁江山,半月,半明半暗,半吊子,半瓶子醋等。有时“半”仅用来表示少,比如一星半点(点如何半分?)。“半”不仅用于具体的带有划分痕迹的情景,也被用于许多抽象的表述中,如徐娘半老,酒至半酣,半仙,婿乃半子(千万别译成 half-son)等。“半”字可以说是中文最具文学色彩的字眼,含“半”字的韵文随处可见;“清幽半掩月迷朦”;“犹报琵琶半遮面”;“莫云花事总伤神,半为伤春半感春”,等。清人李模曾作《半字歌》,有“饮酒半酣正好,花开半时偏妍”等句,简直就是对中庸之道的诗意诠释。

“半”字是非常贴近生活的词,因此西文中“半”字的用法与中文几无二致。然而因了源流众多的特点,英文中表示“半”字的词很多,其在物理学中的应用也易引起歧义,应当放到相应的物理图像中考察。英文中表示“半”字的词头包括 Semi, demi(源自拉丁文),hemi(源自希腊文),而作为单词用的有 half(来自德语 Halb)。德语的 Halb 有关联的动词 halbieren,一分两半的意思;英语 half 对应的为 halve,但似乎罕用,许多人宁愿用“bisect”或“divide

into two pieces”。表示“半”字的词头 Semi, demi 和 hemi,以我的粗浅理解,并无本质上的不同,但可能由于历史的原因,各有习惯用法,容易混淆。比如半圆为 semicircle 常见, hemicycle 罕见,而半球则是 hemisphere 常见, semisphere 罕见(Webster 字典就没有)。demi 用于半神(demigod,希腊神话中父母中一方为神的一类存在;中国神话里也有,如劈山救母的沉香),悲惨世界的人(demimonde,来自法文的半个世界)等少数几个词,而鲜用于科学词汇(也有。比如半群,英文 semi-group,法文就用 demi-groupe)。英文“半”字有三个不同词头也有好处,比方要表示半分后又半分时,就可以用不同的词头堆垛来构词,如 semi-demi primal algebra, demisemiquaver(三十二分音符, $\frac{1}{2} \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{8}$) hemidemisemiquaver(六十四分音符, $\frac{1}{2} \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{8}$)。

英文科学名词中“半”字用“semi-”词头的居多,数学上有 Semianalytical(半解析的), semilog graph(半对数绘图,即一个数轴用对数标度,而另一个数轴用线性标度), semi-empirical calculation(半经验计算)等等。对学物理的人来说,重要的含“半”的概念当数半导体(semiconductor)。半导体是这样一类材料,从能带的角度来看,它和绝缘体具有同样的特征,即在绝对零度时价带全被电子占据而导带全空(图1)。在有限温度下,比如室温下,如果材料的能隙较小,通过热激发或掺杂可以实现较高的载流子浓度,材料有较好的导电性,则被称为半导体。重要的半导体有硅、锗等,它们是信息时代的材料基础。反过来,若能隙较大,无法实现较高的载流子浓度,则材料导电性很差,这样的材料被称为绝缘体。

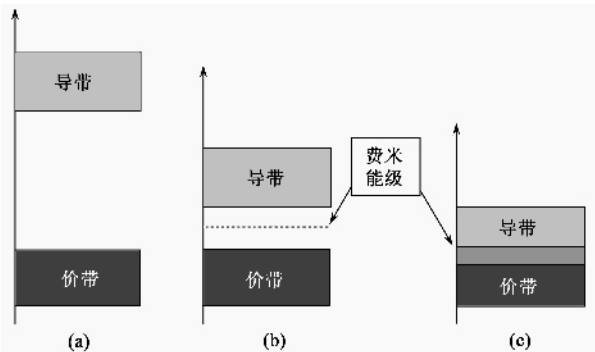


图 1 依据能带结构分材料 (a) 绝缘体, 导带全空, 电子占满价带, 且导带-价带间的带隙较大 (b) 半导体, 电子占据态同 (a), 但带隙较小 (c) 导体, 价带和导带交叠在一起, 整体效果为一个部分占据的能带. 如果交叠非常少, 则是半金属 (semimetal)



图 2 A semi-conductor(一个半吊子乐队指挥)

由上述定义可见, 半导体和绝缘体之间并没有清晰的边界. 而最近, 似乎界定一个材料是半导体还是绝缘体更多的是看实际的目的. 比如, 金刚石是典型的绝缘体 (带宽达 5.5 eV), 但人们在研究其掺杂可能性和导电行为时, 常常称其为宽带半导体或极限半导体, 而砷化镓 (GaAs) 是常见的半导体 (带宽仅为 1.43 eV), 但若掺入的杂质形成深能级使得其导电率很小时, 它可以作为绝缘层使用, 因此又被称为半绝缘体 (Semiinsulator). 有趣的是, 英文 semiconductor, 仅从字面上可理解为 semi-conductor (半吊子乐队指挥), 于鑫和 Cardona 合著的 *Fundamentals of Semiconductors* (半导体基础, 国内有原版翻印) 一书中就有一幅调侃的插图 A semi-conductor (见图 2).

我们谈到了半导体和半绝缘体, 这些概念的基础都是以导电性能对材料加以分类的, 因此就不可避免地要谈到半金属. 注意, 此时我们所说的半金属, 英文为 semimetal. 它指的是这样的一类固体, 其能带结构同半导体、绝缘体类似 (见图 1), 但其导带和价带有非常小的、一般是在不同的 k 点上的交叠. 这样就有很少的一部分电子是处于导带中的. 即使没有掺杂, 材料也会表现出很高的导电率, 但同良导体如 Cu, Zn 相比, 其电导率又很低, 所以称为半金属. 典型的半金属有石墨和铋. 石墨的价带和导带有约 0.04 eV 的交叠, 有的文献就写成 $E_g = -0.04\text{eV}$, 即带宽为负的 0.04 eV. 好的石墨晶体有金属光泽, 人们印象中的石墨是黑乎乎的, 这是因为结晶不好的缘故.

如果用中文半金属谈论 semimetals, 就会发现时常会同一类称为 half-metal (中文译法想当然的也是半金属) 的材料混淆. Half-metals 是一类铁磁体, 多

为金属氧化物或 Heusler 合金, 传导电子占据的费米能级以下的部分只是某个自旋极化 (向上或向下) 的子带. 典型的 half-metal 有 CrO_2 , Fe_3O_4 , NiMnSb 和 Co_2MnSi , 等. 自 Half-metal 材料发射的电子有 100% 的极化率, 可以表现出巨磁阻效应, 因此是当前固体物理、材料科学的重要研究对象.

如上所见, semimetal 和 half metal 指的是用截然不同的两种物理性质作标签的材料, 但中文语境下的讨论一概称之为“半金属”, 这为相关问题的讨论带来诸多不便 (其实, 添乱的还有 demimetal 的说法, 好像是和重金属乐队相区别的乐队的名称. 商业领域经常把带金属饰品较多的商品冠以 demimetal. 此外, 配位化学里还有 hemimetal 的说法). 这样的混淆总不能任其发展下去吧? 笔者斗胆建议, 不妨把 semimetal 称为半电导金属, 把 half metal 称为半极性金属 (或干脆称为极性金属), 不知方家以为然否? 但愿能引起专家的讨论.

以“半”字对应的另一个英文词头“hemi”构成的生物学词汇很多 (此处不论), 用于物理方面的较少, 象 hemihedral (半面体, 指晶体的外形只出现其对称性要求的一半的晶面) 和 hemimorphic (半形, 异极的, 指晶体的两端具有不同的形状) 等词, 一般物理学文献中也是少见. 但这丝毫无损于含“半”字的科学词汇众多的事实. 那么多纷乱的词汇以 semi, demi, hemi 开头或加 half 予以修饰, 到底选用哪种形式, 对西洋人来说, 也许只是习惯问题吧! 只是苦了我们用中文学习这些概念的人, 当有一天需要用英文确切表述那个“半”字时, 不免又得一通忙乱. 读者诸君以后遇到此类概念, 不妨加点小心!

唉, 一知半解, 苦啊!

后记 此文写成不久,有幸接复旦大学的王迅院士来信讨论半金属的翻译问题.王迅老师认为,将 semimetal 称为半电导金属,把 half metal 称为半极性金属(或干脆称为极性金属)确实是一种办法.但考虑到人们习惯用两个字的词语,也许用半导电金属和半极金属较好.兹转录于此,供方家讨论.

订正

《咬文嚼字》到目前已经刊登了六期.虽然不少同事都给予了还算正面的评价,但也发现了一些问题.这正如我在前言里所说的那样,学问如身上穿着的衣服,抖落起来就难免出乖露丑.好在“曲有误,周郎顾”《咬文嚼字》的读者有许多学识渊博而且古道热肠的专家,他们及时向《物理》编辑部和我本人指出了文章中的错误及欠妥之处.现逐一说明订正.

署名 D. J. 的网友在李森教授的博客留言中指出 (1) 古德语应为 Proto-Germanic,而非 Progermanic. 这确实是我的错. Progermanic 是“亲德的”的意思 (2) Physical 对应的希腊文应为 φυσικοζ,而非 φυσικοξ. 是这样. 我提交的原文也是这样,这是编辑部的输入错误 (3) “忘掉凯尔特语,今日法语词中来自凯尔特语的词汇不足 200(大意).”笔者对此观点不敢苟同.就算源自凯尔特语的词汇少,似也不应忘记.我一位同事的妻子,其外文名字 Gwendoline 就是凯尔特语,可见此道不孤 (4) 拉丁语自然哲学博士全称为 Doctor rerum naturalium 而非 Dr. rerum natur. 是这样; (5) Quod scripsi,

scripsi (scripsi means “ I have written ”). 是这样,但“ Quod scripti, scripti ”的写法也能见到.拉丁语(还有古希腊语)的语法太复杂,笔者目前尚无辨析能力,憾甚.

中山大学的关洪教授来信指出:“‘量子力学’这一名词首次出现在 Born 和 Heisenberg 合著的、1924 年发表的《分子的量子理论》一文中(Ann. Phys. ,1924 ,74(4):1 - 31). 我觉得这是一个缺乏根据的结论.”关洪老师的说法是对的.在上述文章中,量子力学(quantenmechanik)一词确实未出现,但在该文中,量子力学的关键术语像量子理论(quantentheorie),量子数(quantenzahlen),量子跃迁(qauntensprünge)和量子化条件(quantenbedingungen)都已经出现.如果用该文标志量子力学的诞生,似也说得过去.(令笔者深为愧疚的是未能对关洪老师的批评早作回复.日前聆讯,谓关洪教授已于不久前驾鹤西归了.他,以及复旦大学的倪光炯教授,是对量子力学有深刻见解的物理学家.关洪教授的逝世,让中国物理学界少了一位严肃求真的学者,我辈后进少了一位良师益友.)

复旦大学的周鲁卫教授一直对本专栏给予了热情的关注.周老师指出,James Joyce 是爱尔兰作家而非英国作家.确实是这样.

本栏目的审稿人为中国科学院理论物理研究所的刘寄星研究员.如果没有他的事先挑剔过滤,这些文章里的谬误之多可能要夺人大牙了.

感谢上述几位老师的指点.读者朋友今后如对本专栏的内容有指正或者补充意见,万望不吝赐教,请发送至 zxcao@aphy. iphy. ac. cn), 谢谢.

· 信息服务 ·



Rensselaer

美国伦斯勒理工学院招生信息

Troy, New York, U. S. A.

December, 2007

JOIN OUR GRADUATE SCHOOL IN PHYSICS

Ph. D. in Department of Physics, Applied Physics, and Astronomy
Areas of research: Terahertz Imaging and spectroscopy, Terascale Electronics, Photonic bandgap structures, nanoelectronic quantum structures, Bio-physics, Origins of Life, Astronomy, Elementary Particles Physics. Teaching, research assistantships, and fellowships are available.

Application : <http://www.rpi.edu/dept/grad-services/>

Information : <http://www.rpi.edu/dept/phys/>

Email : gradphysics@rpi.edu