

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”。

——Emst 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(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 hemi 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 demigroupe). 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 semidemiprinal 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), semiempirical 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.

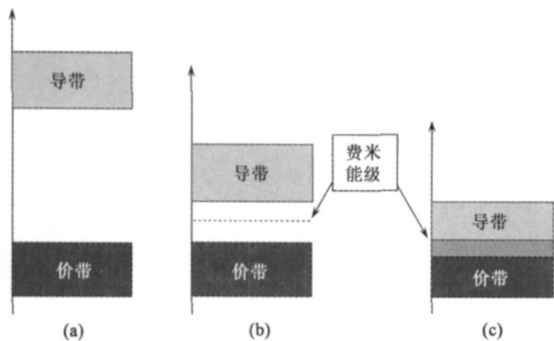


图 1 依据能带结构分材料 (a)绝缘体, 导带全空, 电子占满价带, 且导带-价带间的带隙较大; (b)半导体, 电子占据态同 (a), 但带隙较小; (c)导体, 价带和导带交叠在一起, 整体效果为一个部分占据的能带. 如果交叠非常少, 则是半金属 (semimetal)



图 2 A semiconductor (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 (Seminsulator). 有趣的是, 英文 semiconductor 仅从字面上可理解为 semiconducting (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 semiconductor (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 halfmetal (中文译法想当然的也是

半金属) 的材料混淆. Halfmetals 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 halfmetal 有 CrO_2 , Fe_3O_4 , NMnSb 和 Co_2MnSi 等. 自 Halfmetal 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 halfmetal 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 halfmetal 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“hem-”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 semidemihemi 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 ProtoGermanic 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 φυσικός,而非 φυσικός 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 Bom 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 (quantummechanik) 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 (quantensprünge) 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夸人大牙了.

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, Biophysics,
 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