

物理学咬文嚼字之十五

英文物理文献中的德语词(之一)

曹则贤

(中国科学院物理研究所 北京 1000190)

“我们的交谈总是用德语,要把握他(爱因斯坦)的思想精髓和个人情趣,这是最恰当的语言。”

——Abraham Pais *Subtle is the Lord*

“他踩着地雷啦斯米达。”

——刘恒《集结号》

德语自开普勒时代始直到第二次世界大战结束之前,一直是物理学的工作语言。可以说,是德语文化圈内的学者为主奠定和建立了近代物理学。一些德语文化圈内的物理学家的名字对物理学修习者如雷贯耳,这包括 Johannes Kepler(开普勒), Carl Friedrich Gauss(高斯)¹⁾, Max Planck(普朗克), Albert Einstein(爱因斯坦), Hermann Weyl(魏尔), Joseph von Fraunhofer(夫琅和费), Rudolf Clausius(克劳修斯), Hermann Minkowski(闵科夫斯基), Hermann von Helmholtz(赫尔姆霍兹), Ernst Mach(马赫), Ludwig Boltzmann(玻尔兹曼), Werner Heisenberg(海森堡), Wilhelm Eduard Weber(韦伯), Max von Laue(劳厄), David Hilbert(希尔伯特), Erwin Schrödinger(薛定谔), Friedrich Hund(洪德), Wolfgang Pauli(泡利), John von Neumann(冯·诺依曼), Peter Debye(德拜), Arnold Somemfeld(索末菲), Max Born(玻恩), Emmy Noether(诺德)等等,以及著名的物理学家和哲学家 Karl Popper(波普尔), Carl Friedrich von Weizsäcker 等,他们的籍贯包括德国,奥地利,瑞士及周边的匈牙利,捷克,丹麦,荷兰等国。那时,物理学的重要杂志为 *Annalen der Physik* 和 *Zeitschrift für Physik*, 一些近代物理学奠基性的工作都是发表在德语杂志上的。一个著名的故事是,1924年印度青年玻色(S. N. Bose)从假设光子有不同的状态出发推导了普朗克黑体辐射公式,在投稿被拒绝后,将文稿寄给了爱因斯坦,并要求爱因斯坦若认为正确的话就帮忙将之

翻译成德语发表在德语杂志上。爱因斯坦果然依言而行,将玻色的稿件翻译成德语,然后推荐到 *Zeitschrift für Physik* 杂志上发表^[1]。后来爱因斯坦也进一步地进行了这方面的研究,这才有了 Bose-Einstein 统计。

然而沧海桑田,世事难料。随着美国在二战后的崛起,物理学的工作语言渐渐地变成了英语。而曾经的德语物理杂志也日渐消失。德国物理学会的会刊 *Physikalsche Blätter* 也变成了能从英语猜出其意思的 *Journal der Physik*, 而化学方面的 *Angewandte Chemie* 则是德语其表,英语其里。不过,历史痕迹毕竟不能完全消失,作为在德语文化下建立起来的近代物理学,其思想里、字面上的德语痕迹还是随处可见的。弄清楚那些德文词汇的准确含义,对于正确理解物理学还是具有些许意义的。甚至,一个严肃的物理学者有时还可能不得不去翻翻德语杂志的故纸堆。此外,德语对哲学、音乐、心理学、国际共产主义运动、社会主义理论的影响也都是不可低估的。一个具有说服力的例子是,关于德国古典哲学的鼻祖、启蒙思想家 Immanuel Kant 的传记《康德传》,就是中国共产党早期领导人罗章龙先生翻译的!

1) 高斯,魏尔,希尔伯特,冯·诺依曼,诺德等人在中文环境中似乎更多地被认定为数学家,但不好意思的是,他们对物理学的贡献比绝大部分自诩为物理学家者对物理学的贡献之总和还大。其实,数学是物理学的支撑,缺乏数学功底物理学家,身份毕竟含糊。——笔者注

现存于物理学文献中的德语物理学词汇到底有多少,笔者难以全面搜集,但是数量仍是不少,随手拈来的就包括 Eigen(vector , fucntion , value , mode) , Rundel Bundlung , Umklapp process , Gedanken experiment , Brehmsstrahlung , Aufbau principle , Zitterbewegung , Whelch - Weg experiment , Ansatz solution , 等等, 以及一些只保留了首字母的词汇,如 F - center. 限于专栏文章的篇幅限制,笔者将就自己有些理解的部分由简入繁地向读者做些初步性的介绍. 预计分为两部分,日后遇到其他词汇再另行补充.

一、电子轨道的标记 s , p , d , f. 对应轨道角量子数 $l=0, 1, 2, 3$ 的电子轨道分别被标记为 s- , p- , d- , f- 轨道, 这是由对原子发光光谱的标记得来的. 其中 s 来自 schärfe(较明锐的), p 来自 prinzipielle (主要的), d 来自 diffusiv(弥散的, 相应的谱线较宽), f 来自 fundamentale(基本的, 重要的). 由于这几个德语词对应的英文词 sharp , principle , diffuse 和 fundamental 实际上可能就来自相应的德文词,首字母自然也相同,因此,很少有人注意到他们的德语来源. 在 s , p , d , f 以后的就按照英文字母顺序排下去,没有什么特别的意思了.

二、Aufbau principle. 量子化学领域常用的词汇,这里 Aufbau = auf + bau , auf = up , bau = building , 即 building up. Aufbau principle 汉译构筑原理,指如何决定原子、分子和离子之电子构型的原则. 它假想有一个逐步添加电子来构造原子(分子和离子)的过程,每增加一个电子,电子都要被添加到由原子核和已有电子所构成体系的最低能量轨道上. 根据这一原理,电子填充电子轨道应按照 $n+1$ 规则进行,即优先填充 $n+1$ 较小的轨道; $n+1$ 相同时, n 值较小的轨道优先,故有原子外部电子构型出现的依次顺序为 $1s \rightarrow 2s \rightarrow 2p \rightarrow 3s \rightarrow 3p \rightarrow 4s \rightarrow 3d \rightarrow 4p \rightarrow 5s \dots$ (图 1).

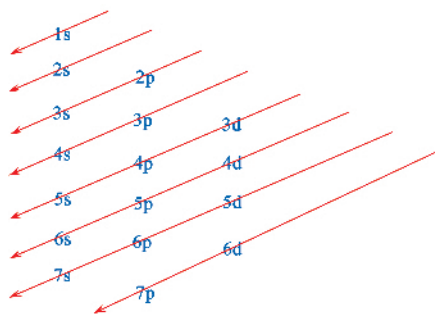


图 1 依据 Aufbau principle 的外层电子构型的顺序

三、分子轨道的宇称标记 g 和 u. 熟悉光谱分

析、分子轨道计算和晶场理论的读者可能会注意到 $\sigma_g, \sigma_u, \pi_g, \pi_u, a_{1g}, e_g, t_{1u}, t_{2g}$ 等形式的轨道标记. 这里的 g 为德语词 gerade 的首字母,意指正的、直的、偶的, u 是 ungerade 的首字母,意指不正、不直、奇的. 符号 u , g 用来表征分子或离子某些轨道的宇称, g 表示该轨道的宇称是偶的(交换对称), 而 u 则表示该轨道的宇称是奇的(交换反对称).

四、色心的标记 F. 从固体物理角度被理解最透彻的一类色心(color centers)是所谓的 F-center. 这里 F 是德语词 Farbe (颜色)的首字母. F-center 属于点缺陷,利用辐射可以容易地在碱卤晶体如 KCl、NaF 中诱导出 F-center, 实际上,在对透明的碱卤晶体进行 X 射线照射时常常会使样品获得因 F-center 的出现所带来的颜色. F-center 发生的原理是,电子被晶体中的空位俘获,可看作是处于一个势阱中,有分立的能级,因此会表现出不同于晶体本身的颜色来(图 2).

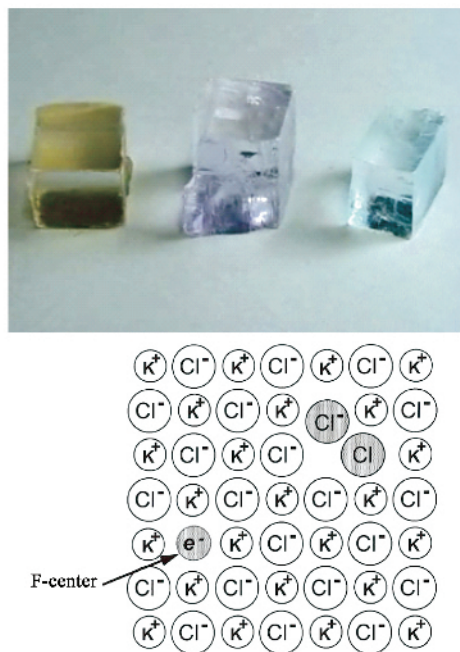


图 2 (上图, 从左至右)带 F-center 的 NaCl , KCl , 和 KBr 晶体 ; (下图)KCl 晶体中 F-center 的示意图

五、Umklapp process. 德语词 Umklapp process 是固体理论中关于声子散射的一个名词,汉译“ 倒逆过程 ”完全莫名其妙,字面上会让人将之混同于多见的“ reverse process ”或“ inverse process ”. 实际上,英语文献中保持了这个词的德语形式就在于很难找到一个对应的英文词. 在咀嚼这个词之前,我们应先弄清楚其所代表的实际物理过程.

考虑两个声子通过相互作用生成了单一声子的

过程,此过程必须满足动量守恒,即声子的波矢量满足 $k_1 + k_2 = k_3$. 如果 k_1, k_2, k_3 都落在第一布里渊区内,这是一个非常平常的过程(nothing unusual),因此被标记为正常过程(normal process). 如果 k_1, k_2 都大于 $G/4$, G 是倒格矢,则这种情况下其矢量和 k'_3 可能落在第一布里渊区之外. 则同此波矢对应的在第一布里渊区内的点为 $k_3 = k'_3 - G$; 相应地,动量守恒可表达为 $k_1 + k_2 = k_3 + G$ (图3). 这一晶体动量反转(reversal of crystal momentum)的行为,被称为 Umklapp process,它是降低晶体热导率的关键过程. Umklapp process 一般发生在高温条件下^[2].

如何翻译 Umklapp process 呢? 我们看, Umklapp = um + klapp. 德语介词 um 的意思是围绕,转弯,返回头的意思,比如“ um die Ecke(角落)”就是在拐角处,在街角的意思. 而德语动词 klappen 是开/闭/翻盖子以及类似的动作,而且还要传达伴随的叭哒一声响的动静. 比如“ die Tür kalppte ”,就是“ 门叭哒一声关上了 ”. 名词 Umklapp 描述的就是矢量 k'_3 变成矢量 $k_3 = k'_3 - G$ 的过程(图3中的右图),可看成合上了矢量 G 这样的一个盖子,故名. 打个不太恰当的比方,车轮压过井盖的过程就有 Umklapp process: 车轮先是搭上井盖一侧边缘,此处可看作自某处的一个矢量的顶点;而后车轮压下另一侧井盖边缘,以此处为顶点的矢量,就是前述矢量同井盖直径矢量的和. 这样一个咣当一声加上一个恒定矢量的过程就是 Umklapp process. 如要翻译成中文的话,笔者以为“ 倒扣过程 ”还有点合适. 请读者批评.

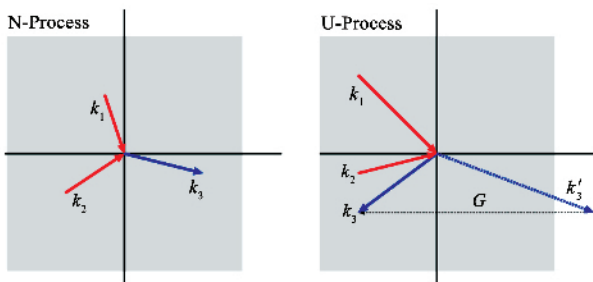


图3 声子散射的正常过程(normal process)和倒扣过程(Umklapp process). 倒扣过程的出现是晶体具有平移对称性的结果

六、Eigen. 此词常常同一个英文名词结合在一起(保持了德文原文的连写习惯),构成一个专有名词,包括 eigenvector(本征矢量), eigenvalue(本征值), eigenfrequency(本征频率), eigenmode(本征模式), eigenstate(本征态), eigenfunction(本征函数), 等等.

Eigen 是形容词,有自己的、独特的、特别的、独自的等多重意思. 汉译“ 本征的 ”,估计采用的是“ 自身特征 ”意思,但笔者以为 Eigen 应该是强调其所修饰名词之独特性,而非谁的特征. 英语未用 special, particular 等词翻译,笔者猜测一是保留德文原有的连写形式,比如 Eigenwert/eigenvalue(本征值)和 Eigenfunktion/eigenfunction(本征函数),避免降低其对独特性强调的力度;二来 eigen 发音清脆,意思也比较有个性. 若将之硬翻译成英文,怕是会造成将 Giovanni Verdi(乔万尼·威尔第)改写成 George Green(乔治·格林)那样的恶俗效果. 当然,对 eigen 的正确理解应该看它在具体语境中的应用.

上述基于德语词 eigen 构造的词汇在数学和物理中主要出现在同矩阵相关的场合. 在处理振动问题时会遇到 eigenvector(本征矢量), eigenmode(本征模式), eigenfrequency(本征频率)等词,而在量子力学的语境中常遇到的则是 eigenvalue(本征值), eigenstate(本征态), eigenfunction(本征函数)等词. 这两者在处理具体问题的数学时,本质上还是解矩阵问题(提请读者注意,薛定谔发表著名的薛定谔方程的那篇文章,题目就是“ 作为本征值问题的量子化 ”^[3],而后在用同样题目发表的文章里,薛定谔证明他对量子论的波函数描述同海森堡的矩阵理论是等价的). 那么,关于矩阵,其独特的值(eigenvalue)独特的矢量(eigenvector)是什么意义下的独特呢?

考察一般的 $n \times n$ 矩阵,右乘一个 $n \times 1$ 的矩阵(等价于一个 n 维的矢量)会得到一个新的 $n \times 1$ 矩阵:

$$\begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \dots \\ b_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} c_1 \\ c_2 \\ \dots \\ c_n \end{pmatrix}$$

若新得到的 $n \times 1$ 矩阵同原先的 $n \times 1$ 矩阵,都可看作是矢量,是同一个方向的,这就是特殊的状况,有

$$\begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \dots \\ b_n \end{pmatrix} = \lambda \begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \dots \\ b_n \end{pmatrix}$$

则这样的 $n \times 1$ 矩阵就是该 $n \times n$ 矩阵的一个本征矢量, λ 是相应的本征值. 解矩阵本征值问题就转化为求解代数方程 $\det(a_{ij} - \lambda I) = 0$, 这里 I 是单位 $n \times n$ 矩阵.

读者仔细回忆一下矩阵理论在振动问题和量子力学中的应用,应能体会其遵循的就是上述的一般思路。不过,为了透彻地理解量子力学,读者诸君还应掌握关于厄米特算符的本征矢量和本征值问题的数学知识。量子力学要求其力学量对应一个自伴随算符 (self-adjoint operator), 其有如下三个重要性质:

(1) 该算符有一组(可以是无限多个)本征值全为实的本征值;

(2) 其对应的本征函数是正交的;

(3) 所有的本征函数构成一个完备的空间。

理解了自伴随算符的本征值/本征函数问题,就有了理解量子力学基本运算的基础了。这样,在研究具体的物理的问题时,就知道如何确立一组合适的正交完备基,如何将其他算符或函数用正交完备基加以展开了。

(未完待续)

后记 (1) 德语是一种非常适用于哲学、实验物理学、机械、电子学的语言,其结构严谨,但词汇却是非常平淡的。德国哲学之在中国的影响,岁数如我者都有痛苦的考试经历。如辩证法的基本原理,包括量变到质变的转化及反过程 (das Gesetz des Umschlagens von Quantität in Qualität und umgekehrt), 矛盾的转换律 (das Gesetz von der Durchdringung der Gegensätze), 否定之否定 (das Gesetz von der Negation der Negation), 不过都是一些浅白的字眼,浅显的道理。翻译者的故

· 读者来信 ·

编者按 自 2007 年第 7 期开辟“物理学咬文嚼字”专栏以来,迄今已经刊登了 15 篇,有不少读者向编辑部和作者来信表达对该栏目的关注,并与作者就文章中的一些问题进行交流和探讨,我们很高兴地看到该栏目引起了读者对物理学名词讨论的兴趣。这里,摘登一封读者来信,希望更多的人来信或撰文就感兴趣的物理学名词问题进行广泛的讨论。

曹老师 您好!

最近读了一些您在《物理》上的咬文嚼字系列文章,对您的学识和精神十分佩服,也推荐给了我的同学们看。在这里想把学习过程中的一些相关经历向您倾诉一下并提一些建议。

我目前是物理学本科三年级学生,物理和语言皆是最爱,学习的时候深感有些翻译及讲解让人云里雾里,而且即使是国内的一些经典教材,也不乏令人困惑的小错误与遗漏之处,但有时候即使是任课老师也是不一定知道的。学菲涅耳公式的时候,如果没有看过 Hecht 的书一般是不会知道 s 态中的 s 是德文里 senkrecht (垂直) 的缩写,学配分函数的时候如果没有看过 Greiner 的书也一般不会知道 Z 是德语里 Zustandssumme (sum over states) 的缩写,不过知道后的确可以大大帮助记忆,也丰富了课外知识。另外因为我记忆东西很是需要理解到一定程度,所以有些东西总记总忘。比如横波纵波这回事,中文译成横和纵,翻了一些字典,不大懂,个人觉得记英文

弄玄虚,穿凿附会,让整个民族为之付出惨痛的代价。

(2) 时常会感慨,物理学、数学等自然科学,都是在别种语言文化土壤里成长起来的。我国人欲从事科学事业,洋文就是一头拦路虎(算是我为自己的无能辩解吧)。多少美好的时光,我国人男女老幼将之花在习诵那些粗陋不堪、诘屈聱牙的洋文上,甚至有人恍惚以为洋文文化(希腊、埃及、阿拉伯文化除外)也是历史弥久、精美别致的呢。然而,感慨归感慨,用洋文习科学之耗时费力依然如故,此种无奈感于我历久弥深。记得某日办公室闲坐,作浣溪沙一首,今录于此,或于读者诸君中可得共鸣焉。

浣溪沙 无题

春日倦坐拥物理书而寐,起而作

手握经典将欲闻,跌跌撞撞未入门。冥思苦想更伤神。
旁征博引别家事,云山雾罩虚当真。曲里拐弯是洋文。

——曹则贤 2007-02-19

参考文献

- [1] Bose S N. Plancks Gesetz und Lichtquantenhypothese. Z. Phys., 1924, 26: 178
- [2] Meyers H P. Introductory Solid State Physics, Taylor & Francis Ltd, 1990, 142
- [3] Ervin Schrödinger. Quantisierung als Eigenwertproblem, Annalen der Physik, 1926, 79-361

(transverse; longitudinal)要比记中文容易理解物理图像,索性就记英文了。之后还有横场和纵场。个人觉得有时候语言的确对理解造成很大的障碍,即使是一些原汁原味的英文名有时也被后人强烈批评(比如 Willis Lamb 就写过一篇叫 Anti-photon 的文章来批驳光子这个概念,但因为学校没买那个数据库,所以也没法看),不过这不一定是坏事,毕竟在创立这些词当初,也没有人对它们完全理解,因为目前一时想不起很好的例子,就不举例赘言了。

希望您能多多呼吁一下,在物理教学中可以介绍一些符号以及词汇的原意和演变过程。这样既可以活跃课堂,也可以提高我们对物理概念的理解。还有就是上面说的横波纵波,以及“共振”这个用途范围很广的词,希望您如果有兴趣可以辟出一篇来在《物理》上讲。

鲜瑞 (山东大学物理学院)