

## 早期中国物理发展的回忆(续二)

吴大猷

(上接 2005 年第 4 期第 239 页)

### 4 1930 年代中国之物理学研究

我着重讲“物理学在中国的发展”,也就是指“物理学”在中国的发展史.用本地的形容词常用的两个字,就是“本土化”的意思.其中的资料并不像电话簿一样,随便抄来的,而是经过我自己的选择与评估.也就是说我是用自己的观点来讲有关物理的发展,这个就是很严格的评论.换句话说,就是会得罪很多人,因为很多人又不在我这个叙述之内.

现在我要讲的主题就是那几个物理研究中心的性质.国民政府于 1927 年成立,在 1928 年北伐之后,就取代了北洋政府.从那个时候起首,大学里慢慢地开始设有物理系,但是有研究所的大学只有几个而已,真是少之又少,研究设备特别是实验设备,可以说是没有.所以严格讲起来,我们物理发展真正重要的时期,应该是在 1920 年到 1930 年的这段时间,这叫作学生阶段,而我也是在这个时候进入大学的(1925 年).

1930 年代,特别是 1930 年到 1937 年抗战开始,就在这几年之内,中国的物理可以说是处于研究的萌芽时期.在我看来,这是最令人兴奋的,因为我刚好是“适当其时”,那时可以说正是一个热闹的时候,有很快速的进步.然而本来以为有很好的前景,但没有想到一下子忽然间就打仗了,从 1937 年一直打到 1945 年,这个就是所谓的“抗战”时期.这场抗战是很艰苦的,一切的工程、研究的工作,都停顿了.1946 年打完仗以后,接着还有内战,我们的国民政府就搬迁到台湾来了.

简单地讲起来,学校里边的教学、研究单位,例如,大学里面的物理系,虽然有一些物理的课程,但是它没有实验研究工作.主要的原因是因为没有钱、没有经费、没有传统,所以大学里面惟一可能做的实验、研究的工作,都是处于很零星、很艰苦的状态,即在实验方面也可以说是严重的困难.

但是有两个不是大学的研究实验所:一个是中央研究院,一个是北平研究院.中央研究院是在

1928 年的起首成立,它有好几个研究所,当然我现在说的是物理研究所.这个物理所在上海,它并没有什么很大的进展,因为很不幸地,在中国里面比较好的物理学家,一共就只有这么几个人,所以人数是不够分配的.旧北大的几个人去了中央研究院物理研究所.那时的中央研究院物理研究所可以说是相当令人失望.我现在之所以很不客气地这样讲,实在是因为我回想起来,觉得没有什么可讲的成就.当然,很有可能是因为我知道的不多,并且对于中央研究院物理研究所,我可能还有些偏见.

另外一个就是北平研究院,大概是成立于 1930 年左右,确切的日期我也记不清楚了.北平研究院跟中央研究院绝对不一样,因为中央研究院是属于中央政府由蔡元培先生所主持,这个系统跟北京大学的那个系统在人的因素上还算是有点关系.至于北平研究院,他是由另外一派的人所主持,跟法国退还的庚子赔款有关系.换句话说,就是属于李石曾那一派.但是跟美国那一派的也不大相同.

北平研究院里面有两个研究所,一个是物理研究所,另一个叫镭学研究所.但后者差不多就是附属在物理研究所下面,没什么重要性.说来说去,就是只有物理研究所比较有成就.可是在抗战期间,它有关实验的研究都停顿掉了,抗战之前的那几年,北平研究院物理研究所在中国所有做实验物理研究的单位中,可以算是一个比较积极、也是一个最活跃的机构.在 1934 年到 1937 年这几年的工夫,也就是在抗战之前的那几年之内,它一共有几十个研究课题,因此,就当时大陆上重要的实验物理来讲,都在北平研究院的物理研究所.

1930 年代,在理论物理、或是在教书方面,清华大学、北京大学,甚至燕京大学,这些比较活跃的学校.吴健雄女士当然是很出名的,她毕业于中央大学.可是,在她之前、之后,中央大学的先生们并没有很活跃的,研究也没有大的可讲的,学生也没有很出名的.

我现在集中起来讲讲,挑几门物理讲,在什么地方?有些什么发展?

以科目来讲,首先讲到的是相对论.“相对论”

这个课程是一个很好的招牌,不管教的人懂多少,在现在的大学里面,永远都是叫学生提起兴趣的科目。到现在为止,这几十年来,我们中国人有多少人在做“相对论”的研究工作?早先,在北京大学教书的夏元栗先生,北平师范大学教书的文元模先生,都教授“相对论”,但是他们没有任何著作或研究成果。

稍微再晚一点,有一位先生叫束星北,也是从国外回来的。这位先生比起前二位属于比较晚一点的人,大概年龄跟我差不多。这位先生在欧洲和美国这两边跑来跑去,所以,也没真正认真地待在哪个地方做过研究、得个学位。据我所知,他写了一、两篇文章,把地心引力跟电磁场联合起来,这个东西是爱因斯坦做了一辈子还没有完成的东西,这个东西可以说是没有什么重要的结果。后来在抗战的时候,这位先生就留在浙江大学。

还有一位年轻一点的先生,名叫胡宁,在抗战刚刚开始的时候,从清华大学毕业,后来去了爱尔兰。在那个地方,他后来是做一些有关量子场论的工作。不过,他曾经做过一些辐射阻尼,一些广义相对论之内的辐射阻尼的研究,那是很创新的东西。所以,他可以说是一个真真正正在“相对论”的研究上做过一些工作的人。

有关周培源先生的事情,我就稍微再讲一点。1928年他在美国得了学位,1929年他从国外回来,差不多在这段时间他开始做一些“相对论”的工作。等到共产党来了之后,这之间他曾经做过好些年北京大学的副校长,做行政方面的工作。他在文化大革命也是受到了很多的影响,等到最后的十几、二十年,他还是回去做研究工作。至于他所做的研究,大多是一些和爱因斯坦的广义相对论相关的东西。

爱因斯坦说,整个万有引力的问题变成没有万有引力,而是空间-时间的几何性质改变了。物质在这里面走,有一个奇怪的四维几何空间。在这个四维空间里面,现在没有万有引力场。但是,这个四维空间里面的几何有许多许多定义空间的几何性质,这就是度规张量 $g_{\mu\nu}$ 。那么这个东西 $g_{\mu\nu}$ 是对称的,所以,有10个这种函数 $g_{\mu\nu}$ 是空间的函数, $\mu$ 和 $\nu$ 指的是四维空间的1 2 3 4个空间。

爱因斯坦在说什么?没有重力,定义空间性质的 $g_{\mu\nu}$ 一共有10个函数,都是 $X_1, X_2, X_3, X_4$ 之函数。这10个函数,是坐标函,这些函数完全地定义了空间。这些函数从哪来呢?牛顿说很简单,就是 $M$ 除以 $r^2$ ,乘上一个常数 $G$ 。那现在爱因斯坦的理论说,这种函数决定了空间的性质,那是需要一些假设。爱

因斯坦的假设是说,我的空间有物质存在,这个物质定义了能量-动量张量。这就是说,你要假设,假设在张量 $g_{\mu\nu}$ 和 $T_{\mu\nu}$ 之间有一个相对关系,由物质的分布,一个太阳或几个太阳,由这个 $T_{\mu\nu}$ 怎样来决定这个 $g_{\mu\nu}$ ,这是爱因斯坦的一个基本假设。

这个法则,由 $T_{\mu\nu}$ 来决定 $g_{\mu\nu}$ ,有10个方程。那么这10个方程有10个未知数,因为 $T_{\mu\nu}$ 有10个。现在问题是说,这10个方程不是完全全独立的,由1个恒等式连起来,叫做 Bianchi 等式。现在就是说,你只有9个方程,却有10个未知数,你根本永远不能定这10个未知函数。所以周培源在很早,一九二几年他做论文的时候,他做了一个假设。他说,我们一定要另外加一些条件,因为你现在10个方程变成9个,一定要另外加一个条件,来凑够10个关系式(relations)才可以定10个 $T_{\mu\nu}$ 。等到周培源晚年,又回到研究工作,他说要引入一个谐和关系式。周培源先生提出这个假设,用了谐和关系之后,就可以想法子凑够10个方程,可以确定10个未知数。所有这些东西很复杂,这是周培源先生工作的一个方向。

1940年代,周培源先生在西南联大那个时候,他对于所谓扰流(turbulence)作了研究。扰流在工程或是流体力学上是非常基本的一个问题。周培源先生在抗战时期自己带了几个学生,学生之中,贡献最大者,有一位叫做林家翘先生。这位先生他在1938、1939年考取了中英庚款,那时候英国在打仗,所以没有到英国,到了加拿大、到了美国学所谓流体力学。林家翘先生对于扰流这个问题有极大的贡献,在1945、1946年,虽然并没有解决物理的问题,但是数学方面大大有进步。所以周培源先生在中国物理界,可以说他的工作有两部分,相对论方面不敢说,因为没有最后的考证,但是他训练学生,是没有问题的,如林家翘先生,还有别的学生等。我先讲相对论,顺便提提扰流,主要是周培源先生等一两个人的工作,后来出来几个学生。

第二大的部分就是量子力学(quantum mechanics),量子力学大家都知道。它的发展初期的阶段叫做量子论,1900年开始。叫量子力学至少要到1925、1926年。量子论在中国的发展,初期有一位王守竞先生(1904—1984),是一位很难得的聪明的年轻人,1924年从清华旧制的留美预备班的那种情形下到美国去的。在1927、1928这两年(量子力学1926年刚刚开始),王守竞就在这两年之内做了三篇可以说是很好很好的文章。头一篇文章他做的是两个氢原子,每个氢原子有一个质子,一个电子,它

们的相互作用的计算问题. 这东西一点也不简单, 因为这不是静电相互作用, 电子在那儿动, 两个氢有相互作用. 他的头一篇文章从量子力学里边来处理这样的问题. 这是一篇很出名的文章, 1927 年发表在 *Zeitschr. f. Phys.* 上. 这都是很基本的. 量子力学一发展出来, 他就坐上头一列火车.

第二篇重要文章是氢分子的海特勒 - 伦敦理论. 两个氢原子现在不是说距离很远的时候的相互作用, 而是变成一个分子. 海特勒和伦敦的理论头一次可以让我们知道, 为什么这样一个系统可以变成一个稳定的分子. 详细我不能讲了. 但是海特勒和伦敦这篇文章没有做完, 因为其实每一个电子同时受到两个质子的作用, 所以这个系统的波函数是很复杂的. 在这篇文章中, 以积分表示的相互作用能他们俩不会计算, 这篇文章很重要, 物理上的观念有了, 但是数学不会计算. 晚一点第二年, 一个日本人 Y. Sugiura 采用了一种比较粗浅的近似的方法, 把海特勒和伦敦的文章里的积分估计一下, 最后得出结合能. 把两个原子之间的相互作用写成一个函数, 是两个原子之间的距离 ( $r_1 - r_2$ ) 的函数. 当两个原子很近时, 势能为排斥, 但有一极小值, 原子分得很远时, 相互作用为零. 要计算作为两个原子之间距离的函数的这个系统的能量, 主要就是要有一个势位. Sugiura 并没有把所有的积分都计算出来. 这位王守竞先生头一次用变分法, 就能够计算这个系统的结合能. 两个原子在某一距离时能量最低, 形成稳定的分子. 把它们分开, 分得很远时, 能量增加, 挤得很近时也增加. 王守竞第一次用变分法计算结合能, 甚至比 Sugiura 还进步. 后来变分法已经成了家常便饭了, 不过在当时却是头一次可以计算, 当时也没有 computer, 王先生这篇文章很出名.

第三项工作, 王守竞先生做的问题是, 在古典物理里面, 一个陀螺, 假如陀螺是这样一个锥体, 有一个对称轴, 三个轴 A, B, C 的转动惯量, 因为有对称轴, A 跟 B 无关, 对于 A 和 B 轴的转动惯量相等, 跟对于 C 轴的转动惯量不相等, 这叫做对称陀螺(转子). 这个问题代表一些分子在转动的时候很有重要性. 问题是很多分子没有对称性, 最简单的比如水分子  $H_2O$ .  $H_2O$  的构造是两个氢原子在两边, 氧原子在中间, 形成三角形, 三个转动惯量不相等, 在古典物理无所谓, 在量子力学里这个问题是很复杂, 很不能够有精确解的. 对称陀螺这种容易的问题一下工夫就解决了. 量子力学出来头一件事情就是做谐振子, 第二件事情是做氢原子, 然后对称陀螺(转

子), 容易的大家都抢着做. 等到做这个不对称陀螺的问题, 就很少人想得出办法来解决它. 因为这种分子多极了, 最普通就是水分子, 水分子重要极了, 谁都知道我们讨论空气中的水蒸气的重要性, 所以要知道水的转动光谱, 这东西在量子力学里面是个很难的问题, 现在还是很难的问题. 王守竞第三篇论文是研究这个问题.

王守竞先生, 我上次讲 1928、1929 年, 那时候在美国有个国家联合研究院 (National Research Council) 有访问学者 (fellowship), 他在那地方. 平常人家在美国念书, 那时候都回国了, 那时候, 就是我在南开大学毕业那年, 南开大学要请他来, 因为我的那位先生出国去了, 那时候没有人教书, 请他来南开大学看一看, 但是没有来. 后来他去了浙江大学, 在浙江大学做了两年, 也没有继续下去. 然后去了北京大学, 在北大做了两年, 他的兴趣改了, 他要做一些对国家有应用性贡献的工作, 他要做飞机的发动机, 飞机的发动机现在讲还是很复杂, 整个世界没有几个地方做飞机的发动机, 他要做这个东西. 所以他投到政府资源委员会, 脱离了物理界, 对物理界是很可惜很可惜的, 他真是绝顶聪明的一个人. 可是他后来当然没有办法做飞机发动机, 你别说那个时候没办法做, 现在你连要做个平常最便宜的汽车发动机都做不来. 好奇怪, 你绝对不能相信为什么汽车发动机这么难, 就是做不了. 真是不晓得工程上有许多奇怪的问题, 就飞机底下一个盘子, 一个架子, 那个东西我们就不会做, 中国自己做汽车, 很多东西都还要买来. 所以王守竞先生可以说后半辈子都浪费掉了. 后来抗战时期, 他在中央机器厂, 在昆明, 因为空袭, 它不在城里面, 在乡下, 他在中央机器厂做汽车零件. 汽车零件都时候也不容易买, 因为美国也打仗, 后来他用零件拼凑去做卡车, 用于滇缅路上运货. 在我看来, 像王守竞先生这样的人, 去做这样的工作是无谓的, 没有意思. 抗战之后他在资源委员会, 派去美国做采购单位的主管, 人住在华盛顿. 我在美国见过他几次, 在 MIT 辐射实验室, 我不晓得他正在做些什么, 不过, 他是我们中国政府派去的官员, 总而言之是脱离了物理, 是很可惜的.

量子力学在中国. 据杨振宁先生前两年所写中国物理, 他说我们中国念物理的人很多, 有一两百人, 但是最早念理论物理, 第一个是王守竞, 第二个是周培源先生, 这是按得学位的顺序, 1927 年、1928 年, 第三个就是我, 1933 年, 比他们小几岁. 现在讲量子力学在中国有些什么人在哪里做哪些工作, 讲

起来很敏感,因为我在这里边。

我1932年起首做我的论文,起首所做的大部分是原子的结构问题,当然后来慢慢牵扯到分子结构的问题。后来等到抗战之后,我出国去,我就脱离了原子分子,比较时髦一点,要改行,做了些别的东西。当然后来还是量子力学,主要是量子散射理论的问题。再后来又做些别的东西,杂七杂八做了很多不同的领域。我先讲讲我自己在中国做了些什么东西。我去查了一下,时候过了,做个总帐。我是1933年开始作研究工作,分开两部分,一部分是在国内做,我1934年回来,待到抗战结束,1946年又出国去;一部分是在国外做的。大概分析分析一下,在某些方面,自己讲讲自己。原子物理,在国内拿这个题目做论文的有15项;在国外做的有13项。分子物理学在国内做了14项,国外做了9项,所做的这些工作当时都成论文发表,还写了一本书《多原子分子的振动光谱及其结构》,是在国内写的,第二次出国之后,要改行,曾经有过两年做关于量子散射的研究,这个领域里面在国外有15项的论文,也有一本书,在国外写的,跟国内没关系。后来晚一点,我就做些氧体分子运动论跟统计物理的研究。在这个范围之内,都在国外做的,有论文十一二项,记不清了,还有一本书。其他还有杂七杂八各种文章,都在国外做的,有20多篇。在国内最近还有几篇。我现在把国内多年做的原子、分子物理跟国内有关系的,稍微来算算帐。在原子物理方面不是完全抄人,依样画葫芦,算是有点贡献的,大致上有以下几个问题。

一个是讲在普通的和特殊的情况下,氢原子双重受激态。这个问题是两个电子受到激发。我为什么对此有兴趣?原因好奇怪。有一阵子我研究太阳,日蚀的时候,太阳被月亮完全盖住的时候,忽然间旁边放光,这个光叫做日冕。每次日全蚀的时候,很多天文物理学家去检测日冕的光谱,分析它的光谱。这个光谱好奇怪,有十几条光谱线在地球上从来没有被发现过,也根本跟地球上所有的原子光谱不一样,没有一条线跟地球上所制造的原子或分子或离子的光谱相同,所以,这是一个好奇怪的神秘。多少年来,我都觉得好奇怪。

有一阵子,那时候我还在美国,曾经向一个老师提出一个建议,就是说这种日冕光谱可不可以由氢原子的两个电子被激发来作研究。平常是 $1s2p\ n p\ n d$ ,无限多的能级,这种跃迁就是平常的氢光谱。现在是说两个电子被激发的时候,到了电离状态,这是 $He^+ 1s$ 能级。两个受激电子在上面,其能态处于这

个电离能限的上面 $2s^2 2s\ 2p\ 2p^2\ 3d$ 等等,许许多多这种能态,这种能级在实验室就没有被观测过。

1934年那个时候,我计算这种能级(能态)大概在什么地方,用简单的变分法计算这种双重受激态的能级。这种双重受激态我为什么有兴趣呢?这种态常是 $2p^2 3p\ 1d\ 1f$ ,它们的位置原在电离能限之上,这样的能态的能量比电离原子还要多,充分有资本,他的一个电子可以掉在 $He^+ 1s$ 能级上,剩下的电子的出去了,把能量带走了。这个过程叫做自发电离,自己本身电离自己。还有这个可能性,一个电子掉下来,一个电子出去,这个过程在X射线里面叫做俄歇(Auger)效应,这个现象跟自发电离是同样的现象。自发电离使这种能态还有这种可能性,不发出辐射而一个电子电离自己,这个可能性使这能态的寿命很短很短,因而按测不准性关系,每一个态的谱线都很宽很宽。这种宽度比在日冕观测到的线的宽度还宽,所以当时我们也做了一种假设,后来知道这个理论叫别的理论取代了。

当初为了研究这个问题,1934、1935年,对于双重受激态及其跟着立刻连续发生的自发电离问题,我费了很多的时间,但是直到现在,我依然没有完全的、满意的了解。原因是这种态的描述本身有问题,用单个电子的表象来表达两个电子的表象,大有问题。上学期我在清华大学讲一个电子系统,从玻尔理论讲到索末菲理论、电子自旋,最后讲到兰姆移位——从1913年到1946年,这30多年间整个重要的物理发展都包括在里面。这学期我讲两个电子系统、氢原子,你看这么简单,其实这问题一点也不简单,这个问题仍然没有被完全理解。

有人从散射理论来讨论这个问题,我以为这只是换了衣服而已。就好像原来是穿西装,现在换成长袍马褂,问题仍然还是存在。因为用的是原本的那些观念,而且完全有问题的地方就还在那里,没有改变。所以,这是我在上面费了好些时间的原因。在原子物理的研究上,我也变成一个很早期做这个东西的创始人。虽然问题还没有解决,但是,无论如何,我的确是跟这个问题一块儿长大的。那么,还有个问题就是双受激态,这里面还有好些观念,不能解决。譬如,平常一个原子,氧原子,氟原子,多给它一个电子就形成一个稳定的负离子。鉴于泡利原理,比如说氟,p壳层差一个电子没有满,由此,氟原子有电子亲和性,形成一个稳定的负离子,氧原子也可以形成一个负离子,氢原子也可以。这个问题跟前面所讲的自发电离都有点连带的关系。

讲到基态氧原子的电子亲和性,有一个负离子产生亲和性,这没有问题,化学家老早就知道了,物理学家也知道.现在问题是,在受激态中,如果你将这个亲和性定义推广到已经处在受激态的原子中,那么通常亦有电子亲和性.这变成说,在氢原子中,你再放入一个电子,根据泡利原理,原来的基态  $1s^2$  一定会变成  $3s$ ,这个东西是不稳定的,你不信的话可以用电脑去计算.然后你会看到这个原子不在基态  $1s^2$  上,而是在受激态  $1s 2s$  上,在这个态上你再放一个电子进去,变成  $1s 2s^2$ ,一个带有处在基态的一个电子的系统中.两个电子受激,在这一受激态,氦原子有很大的电子亲和性,大极了.这两个能级差差了好几十个电子伏特,因此,我们引入了“受激态电子亲和性”的概念.

因为在抗战时期,我没有事情可做,又没有 computer,只有计算尺和对数表,可以计算许许多多双电子系统、三电子系统、以及它们的受激系统的能量.所以,这个计算只是做好玩的,实在是没有很多事可做.过了二三十年之后,我跑到美国去.忽然间,我在大陆抗战时期所计算的那些论文印出来了,虽然纸张是毛边纸,印出的字也根本看不清楚,但是还是有人看到了.哥伦比亚大学的人把它翻译出来,至于实际情形如何,我也不太清楚.他们后来在哥伦比亚还做了许多的实验.那时候,我对那个计算根本就不抱什么希望,没想到双电子、三电子系统居然还引起他们的兴趣,做了许多实验.

总而言之,我做了一些原子物理的题目,当作我的毕业论文.我问一个问题,在这个周期表里边, $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10}$  被填满之后,再过来应该是  $4f$ ,但是在周期表里却不然,他非要先填  $4s^2 4p^6$ ,然后回过头来才填  $4f$ ,就是稀土族 14 个元素.因为外面还有  $5s 5p 5d$  都把这 14 个元素包在里边,所以这 14 个元素的化学性质都一样,化学方法很难把他们分开.所以 1932 年我做论文的时候就问自己一个问题.  $4f$  层电子有 14 个,14 种稀土元素的化学性质都一样,平常分不开.再重的元素到铀,我说,再看看元素周期表,应该问问  $5f$  层可填 14 个电子,什么时候回头来填  $5f$  层.如果  $5f$  层是稳定的话,那么跟稀土元素相似,  $5f$  也有 14 个元素,它们的化学性质相似. 1932 年我问这个问题可不可以有 14 个元素,它们在  $5f$  层上可以互相区分.做这个问题完全是为着好玩.也没有什么特别的目的. 1933 年做完这个问题之后,就打仗了.打仗的时候,有些人在做高能核裂变的这种实验,后来他们果然发现在原子序数 92

以上确有电子壳层被填满的  $5f$  层.所以,现在我们知道,从 92 一直到现在 110, 113, 这些元素是不稳定核结构,从核结构的角度是不稳定的,不是从原子结构的角度的.这些元素没有问题,它们的电子壳层的  $5f$  层的确被填充.要了解这个问题,你应该解电子的薛定谔方程,有九十几、一百多个电子,当然你不会去求出上百个电子的性质而是用统计势等等,总之,是量子力学中的一个问题.在作这同一个问题时,发现以前的人分析原子的这种光谱时,是把这个能量写成比例于  $[-c^2/(n-\Delta)^2]$  形式 ( $n-\Delta$ ) 是由于电子穿透进轨道,

$$E \propto -\frac{c^2}{(n-\Delta)^2}.$$

那时候的书以为  $4f$  电子(那时候  $5f$  电子还不晓得)的轨道是圆形轨道,所以以为这个东西——delta——等于零.事实上我后来才知道这东西完全都错的,差了一个一.在量子力学里面,发现实际上我们是把  $f$  层电子作为受该原子核和其余电子的场作用而运动的一个电子来作实际计算的,这个问题是非常特殊.一个电子在核和其余电子的场中运动,换句话说,把最末一个电子的薛定谔方程当成一个电子问题看待,因而有效势能是这样:

$$V \propto +\frac{k(l+1)}{r^2} - \frac{Z^2}{r}. \quad (1)$$

前一项是离心排斥势,假如没有电子彼此之间的屏蔽.就会有后一项的吸引项.把这两个项联合起来,前项对于极小的  $r$  而言,是非常强的排斥,而后项仅仅比例于  $1/r$ ,真正的势能是这两项相加的总结果.

通常以为这样,一个处于很大距离的电子在一个正离子的场中运动,遵从反平方定律,这是库仑定律.极小距离这个东西重要,当用量子力学时,你会得到这个能,计算出这个问题的本征值.现在奇怪的是在  $f$  层电子情形下,对于每一个电子,  $s$  的  $l$  等于 0,  $p$  的是 1,  $d$  的是 2,  $f$  的  $l$  等于 3,这东西非常重要,结果势就很有特色.这时量子力学问题变得非常有趣,有两个最小值,在我的文章里面,设法获得这个势的本征值.总而言之,证明这样一个势,可以写成如(1)式的形式.因为  $\Delta$  刚好不等于 0,事实上是等于 1.这样,你对这些问题就有了点详细的了解.在原子物理里面,我做的就是跟量子力学有关的这类问题,这些大概是在 1932 年和 1933 年做的,很早很早,60 多年前做的老古董.在分子物理我主要做的是分子的振动-转动结构.实验方面也做些红外光谱、拉曼光谱,在理论上面分析了所有已知分子、比

较简单的分子的许许多多实验资料. 1938 年和 1939 年, 当时我还写了一本书, 在 1941 年印出来, 这是代表我初年的工作.

原子物理方面, 上次我讲过燕京大学的教授谢玉铭先生做巴耳末线系的精细结构的研究. 这个东西从玻尔 - 索末菲起首, 跟电子自旋, 狄拉克理论, 一连串的问题都有关联. 谢玉铭先生在 1933 年和 1934 年那时候, 利用燕京大学的休假期间, 在美国跟一位胡斯顿( W. V. Houston )教授做研究, 他们主要是发现了与兰姆移位吻合的某些东西. 不过他们做的并不是非常漂亮、有深邃思想的兰姆移位这东西, 但是他用老的干涉仪研究精细结构. 这个工作当时并不发觉有什么重要性, 因为精细结构跟狄拉克理论稍微差一点点, 当然后来知道这跟兰姆移位有关系. 不过他这个工作完全是在美国做的, 在人家实验室, 人家的领导下做的, 没有问题是一个重要的工作. 做原子光谱仪实验的研究, 中国人做的比较首创的是这么一件研究工作.

1929 年我的老师饶毓泰先生休假到德国做实验. 研究斯塔克效应, 他作的不是钠、钾, 而是铷、铯, 就是测量电场对于二次斯塔克效应所引起的能量变化的效应. 1929 年饶先生在德国作实验, 跟在美国不一样. 假如我在美国做学生, 除非他们不要你, 要你的话, 你在实验室作实验, 他们会给一切的设备, 不要你拿钱出来. 但是, 在欧洲就不一样了, 欧洲没有这个钱, 所以你若是要去那里, 例如去德国作一位客座做研究, 实验费用就要自己拿钱出来. 现在当然不一样了. 我刚说的是欧战之前的情形, 你去到那个地方, 做一个实验要有很多的实验费用, 都要你自己

出, 因为欧洲跟美国的制度不同, 所以饶先生在那里做研究, 是一件很不容易的事.

1932 年, 饶毓泰从德国回来, 他带回来一根四五米长的真空管. 1932 年饶先生加入北平研究院, 这根管子对北平研究院开展研究很重要.

严济慈先生他本人在法国得了博士学位, 于回国之前——1927 年到 1930 年在法国他写了 11 篇文章, 11 个题目. 回到北平研究院之后, 他的工作包括: 照相片乾板的压力效应的研究, 这类的文章有 7 篇之多( 加上助理的文章 ); 还有压电效应, 跟它的反效应. 这类文章有 12 篇之多. 另外, 有一阵子他做臭氧(  $O_3$  )的吸收光谱. 后来因为有兴趣也研究地球的上空, 这些文章有 14 篇. 还有若干文章是用刚才我说的用那个真空管来研究斯塔克效应. 刚才我说过饶先生是做铷和铯主线系的斯塔克效应, 严先生就用这个真空管做铷、铯、钠和钾的斯塔克效应, 依样画葫芦, 一口气都做完. 在这种碱金属原子上加进电场, 看它对吸收光谱的影响. 不加电场, 另外可以加上惰性气体比如氖、氩, 看它的光谱结构的变化. 总而言之, 用刚才那个真空管做的研究工作, 在这几年之内有十几项之多. 换句话说, 因为有这个工具, 当然还要有个摄谱仪, 大水晶摄谱仪、紫外摄谱仪, 而不只是真空摄谱仪. 这可以从可见光谱一直作到  $1900\text{\AA}$  左右. 整个谱仪设备, 那个时候大概要一万多元才可以买到. 这是一个历史小故事. 这个真空管对于他们研究所、他们的研究工作曾起到重要的作用.

( 未完待续 )

· 物理新闻和动态 ·

## 液态碳

碳原子的化学结构是以它的 4 个键与其他原子稳定地结合, 这一能力对地球上的物质与生命都是起着重要作用的. 但如果将碳原子放在高温高压的状态下, 即加热到它的熔融温度  $5000\text{ K}$  和加压到  $100\text{ Pa}$  以上时, 它将会发生什么情况呢? 虽然在海王星与天王星的内部存在着液态碳, 但科学家们还是更想研究能在地球上存在的液态碳的性质. 因为它可以间接地提供在常温常压下的碳和设想的高温高压态下的碳原子的键结构之间的差别的信息.

为此, 美国加利福尼亚州立大学伯克利分校、瑞士的 Paul Scherrer 研究所、美国 Kansas 州 Lawrence 国家实验室和位于加利福尼亚州的 Lawrence Livermore 国家实验室的物理学家们组成了科研协作组对这个课题开展了实验研究. 在 Johnson S 教授领导下组成了研究组, 他们利用强激光束轰击一个固态碳原子薄片, 使其发生爆炸而产生出液态碳分子; 在液态碳分子尚未蒸发以前, 快速地用 X 射线探测它的结构. 实验发现, 当碳原子的密度较低时, 这时只有两个键优先地相互钩住, 当碳原子的密度逐渐增加时, 第三和第四根键才开始起作用, 成为典型的碳原子结构.

( 云中客 摘自 Physical Review Letters, 14 January 2005 )