

# 条件愈苦,意志愈坚

## ——记王淦昌早年的科研活动

姚立澄<sup>†</sup>

(中国科学院自然科学史研究所 北京 100010)

**摘要** 文章介绍了中国物理学家王淦昌早期的科研工作,特别是在抗日战争时期的科研成果.王淦昌早期的科研贡献并不是在先进的实验仪器上,在条件充裕的实验室内完成的,而是在实验设备缺乏,科学文献不足等极端困难的环境中完成的.从王淦昌身上,可以看到那个时代中国优秀科学家脚踏实地、执志若金的奋斗精神.

**关键词** 王淦昌,早期,科研工作,中微子

# The more unfavorable the conditions were, the more stronger will

## ——an account of G. C. Wang's research activities in his early times

YAO Li-Cheng<sup>†</sup>

(The Institute for the History of Natural Science, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100010, China)

**Abstract** Chinese physicist, G. C. Wang achieved good results at the research work in his early times, especially during the Anti-Japanese War. Wang's contributions didn't be made by the up-to-date equipment in the well-appointed laboratory, but they were done with the crude apparatuses in the absence of scientific literature. From the example of G. C. Wang, we could learn the down-to-earth and persistent spirit of Chinese excellent scientists in that times.

**Keywords** G. C. Wang, the early times, research work, neutrino

1990年10月,在美国石溪的办公室,杨振宁接待了到访的华东师范大学张奠宙先生,就中国现代科学史研究谈了自己的看法.在涉及到当代中国物理学者的贡献时,他深有感触地说:“对本国学者取得的科研成就确实应该认真对待,中国前辈科学家在艰苦条件下取得的成果更应该珍视.正因为如此,我想,整理和评价当代中国学者的科学贡献,应当是中国科技史研究的重点之一.”他又说:“日本人对本国学者的科学贡献研究得很透彻,而且‘寸土必争’,……竭力从中发掘一些积极的东西,我们在这方面做得还不够.”<sup>[1]</sup>本文中,笔者对王淦昌早期科研工作的描述,力图反映中国前辈科学家脚踏实地、执志若金的奋斗精神,他们在条件极端艰苦的情况下,仍坚持科学研究和教学,并且做出了相当优异的成果,同时,也深感今日中国科研条件和环境,尽管

不能说尽善尽美,但与当年战争年代相比,已是天壤之别,更应涌现世界一流的科研成果,而不是妄自菲薄,无端抱怨.

物理学家王淦昌是我国核科学研究事业的奠基人和开拓者之一,科研成绩斐然.周恩来总理曾经说过:“王淦昌同志是我们中国人民的‘宝贵财富’,是我国核事业的希望…….”<sup>[2]</sup>前中国科学院副院长、物理学家吴有训评价王淦昌时称:“王淦昌为一位实验与理论兼长的难得的物理学家.”<sup>[3]</sup>1949年,竺可桢在日记中记载:“据正之(吴有训——笔者注)云,近美国协会(American Association)出百年来科学大事记,中国人能列名其内者只彭桓武与王淦昌

2004-03-23 收到初稿 2005-02-22 修回

<sup>†</sup> Email: yaolch@ihns.ac.cn

二人而已。<sup>[4]</sup>可见王淦昌学术研究贡献之重要。近年王淦昌的工作受到人们的重视并有不少纪念性的文章给予评价,本文从具体的史料出发,着重介绍王淦昌在抗日战争这一特殊历史时期的科研工作特点。

在1937年—1947年期间,我国正处于抗日战争和国民党发动的内战时期,国内科学技术的发展受到灾难性的破坏。国内多所大学被迫中断正常的教学工作,艰难迁移。大学物资匮乏,实验设备短缺,进行正常的物理教学实验极为困难,更不用说从事前沿物理研究工作了。尽管如此,国内仍有许多物理学家排除重重困难,坚持研究,取得了一些一流的科研成果,王淦昌的工作就属其中一例。时任浙江大学物理系教授的王淦昌,积极了解国外物理学前沿的理论进展以及实验成就。虽然他自己没有条件开展实验,验证自己很多的想法,但在授课讲学之余,为实验物理学家提供建议,成为当时王淦昌颇具特色的一项工作,并取得突出成绩,得到世界物理学界的认可。王淦昌把为别人提供想法,让别人来完成实验的工作,称为“搭桥”性的工作。他说:“物理学的研究工作,除了钻研纯理论和做实验两个方面,还有第三个方面,那就是归纳、分析和判断杂志上所发表的实验方法、数据和结论。这种工作是为理论工作搭桥,是推动实验工作前进的。”<sup>[5]</sup>显然,这种“搭桥”性的工作,在特殊的环境下,对于王淦昌来说,也是不得已而为之。

二战时期,英国皇家学会会员,当时英国政府挑选赴华担任战时情报和宣传工作的专家李约瑟博士(J. Needham)<sup>[6]</sup>,在考察了中国的科学研究状况之后,曾经感叹说:“我们意识到,许多年来中国人一直处于十分艰苦的条件下,只有理解了这一点,才能真正懂得这些成就的意义。”<sup>[7]</sup>对于浙江大学来说,抗战期间是最为艰难困苦的一段,也是学术上辉煌灿烂的时期。1944年10月25日和26日,在湄潭,李约瑟出席了科学社湄潭社友会和中国物理学会贵州区分会的联合年会,并参观了浙江大学。据当时我国的《科学》杂志报道:“科学消息(本社消息):李约瑟氏返英述职,颇称道浙江大学学术研究之励进,谓可以媲美牛津剑桥而无愧。”<sup>[8]</sup>可见,湄潭之行,浙江大学师生学习风气、研究水平均留给李约瑟美好的印象。浙江大学物理系在王淦昌、束星北等老师的努力下,教学、研究工作有声有色,硕果累累。对于当时浙江大学物理系的工作,李约瑟也有评价:“在物理学,尤其是核物理、几何光学等方面,由于设

备的缺乏,大部分工作只能侧重于理论的研究;但是,水平显然很高。”<sup>[9]</sup>

## 1 在物理学大师的指导下成长

王淦昌之所以能够在学术领域不断取得高水平的科研成果,一方面,他具有脚踏实地、热爱科学、锲而不舍的探索精神;另一方面,也与他在学生期间,不同的学习阶段,接受不同的著名物理学家的指导有着密不可分的关系。

王淦昌,1907年5月28日出生于江苏省常熟县支塘镇西石桥村。父亲王以仁是当地著名中医。母亲宗秀宝为其父的继室。1925年夏,王淦昌考入清华留美预备学校大学部,后改称清华大学,王淦昌成为清华大学第一届学生。初到清华,王淦昌就迷上了化学。当时化学系的实验条件在清华是最好的,王淦昌一走进实验室就异常活跃和机智,常常长时间地呆在里面,以至忘了吃饭。王淦昌对化学知识的热爱,为他以后的科学研究打下坚实的基础,也为他的教学工作带来便利。升入二年级后,在叶企孙先生的影响下,王淦昌选择了物理系,从此,物理学研究成为王淦昌一生的追求。王淦昌曾经说过:“是叶师的为人品德,他对学生的厚爱,他的教学像磁石吸铁那样,把我吸引到物理科学事业中去了。”<sup>[2]</sup>

叶企孙时任清华大学物理系的主任,不仅是一位物理学家,也是一位优秀的教育家。我国许多著名科学家皆出于其或其弟子的门下。叶企孙1918年留学美国,入芝加哥大学物理系学习。1920年转入哈佛大学研究院,师从后来获诺贝尔物理学奖的布里奇曼(P. W. Bridgman)作博士研究生<sup>[10]</sup>。1921年,叶企孙测定的普朗克常数,被国际科学界公认为当时最精确的值,并一直沿用十几年。叶企孙办学向来采取重质不重量的方针,清华大学物理系淘汰率很高,但物理系提倡学术自由,启发学生好学精神,鼓励学生自动治学,从不强迫学生“读死书”,他们的教学目的也非常明确,是为了培养有创造性的、能赶超世界先进水平的人才,这使得王淦昌受益匪浅。王淦昌在入清华大学物理系后,不管在学习上还是在生活和以后的科研上,都受到叶企孙的深深的影响。

1928年,吴有训接受叶企孙的邀请到清华大学物理系主持近代物理课程。吴有训1921年到美国留学,入芝加哥大学跟康普顿教授(A. H. Compton)从事物理研究。1923年,吴有训和康普顿一起进行X射线散射谱的研究,在康普顿效应遭到人们质疑

的时候,吴有训的实验证明了康普顿效应的普遍性,有力地支持了康普顿效应。1927年,康普顿因此获得诺贝尔物理学奖。在清华大学物理系,吴有训开设近代物理学,他的教学科学性和逻辑性强,说理深入浅出,经常把枯燥抽象的概念、公式生动形象地表述出来。他还经常把近代重要的物理实验和结果给学生介绍,听吴有训的课,对学生们来说不仅增长知识,而且是一种享受。<sup>[11]</sup>同样,吴有训也对王淦昌的成长产生了重要影响,王淦昌认为:“吴有训老师教我们近代物理,为我日后从事核物理研究打下坚实的基础,尤其是在从事实验物理学的研究领域方面给我极好的培养”<sup>[2]</sup>。

王淦昌对实验的特殊爱好和操作能力,给吴有训留下了良好印象。1929年6月,王淦昌毕业留校任助教。在吴有训指导下,王淦昌独立承担了“测量清华园周围氡气的强度及每天的变化”的实验工作,这个课题涉及了放射性、气象学等领域的内容和实验方法,在国内尚无人研究。实验前,吴有训带领王淦昌查阅了大量参考文献,选择实验方法。从1929年11月至1930年4月,实验进行了6个月,其间,王淦昌不管刮风下雨,每天都认真测量、记录,总结出北平大气放射性活动的五点结论<sup>[12]</sup>,为人们准确提供了北平地区大气放射性活动的实验参数。吴有训对王淦昌的工作很满意,论文被吴有训翻译成英文,在清华大学《科学记录》(Science Record)上发表。这是王淦昌第一次发表科学论文。

叶企孙和吴有训不仅是王淦昌物理学启蒙老师,而且是中国近代物理学的先驱。正是在名师的熏陶和锤炼下,王淦昌提高了物理学素养并培养了对于学术的洞察力、欣赏力及至诚的求知态度,为以后在学术研究上取得丰硕成果打下坚实的基础。

为了培养中国优秀物理学家,叶企孙鼓励清华大学物理系毕业生出国深造。根据钱临照教授回忆:“清华大学物理系首届毕业生,一个去德国(王淦昌),一个去法国(施士元),一个去美国(周同庆),这可能是叶老的安排”<sup>[13]</sup>。1930年,王淦昌考取了江苏省官费留学研究生,留学德国。

王淦昌到达德国后,先是在哥廷根大学选修了物理学课程,半年后,在柏林大学威廉皇帝化学研究所放射物理研究室,做奥地利女物理学家迈特纳(L. Meitner)的研究生。迈特纳是一位杰出的实验物理学家,当时,任该研究室主任,爱因斯坦曾称她为“德国的居里夫人”<sup>[14]</sup>。王淦昌留学期间,迈特纳的工作几乎涵盖了当时全部实验核物理学的领域,

当每一个令人惊奇的新发现被宣布时,她都积极筹措适当的设备、资源和组织合作者很快地参与进来,力图跟上当时物理学迅猛前进的步伐<sup>[15]</sup>。1930年至1934年,正是现代物理学史上的黄金时代,新的理论和新的发现不断出现。王淦昌在这段时间留学德国,并作为一位异常活跃的核物理学家的学生,经常直接面对新理论提出的科学家们,第一时间内接触到最新的物理前沿发展的信息。每一项新进展的消息传来,他都注意老师们的反应,倾听他们对新理论、新发现的看法,从中辨识当代物理学发展的新方向。在留学德国的4年中,王淦昌更加热爱物理学,他除了听课和听讲座外,就是做实验,他进到实验室后常常忘了时间,工作到深夜。这都使王淦昌思考问题、解决问题的能力 and 研究水平迅速提高。

在迈特纳的建议下,王淦昌对 $\beta$ 射线进行研究。在当时,镭E的 $\beta$ 谱的测定是当时国际上受人注意的一个重要实验课题,而在人工放射性大量生产之前,作为研究 $\beta$ 谱形状的 $\beta$ 源,镭E是满足许多实验要求的惟一候选者,因为镭E作 $\beta$ 衰变时,并不夹杂 $\gamma$ 射线。正像吴健雄教授所说:“追随 $\beta$ 衰变理论发展的人中没有不对其发展的道路留下深刻的印象,……众所周知, $\beta$ 衰变充满了惊奇和微妙,它的明显的反常不止一次地威胁我们放弃一些我们所珍爱的守恒定律。”<sup>[16]</sup>。所谓 $\beta$ 衰变的明显反常,是指它的初态能量和末态能量都是确定值,而 $\beta$ 粒子的能量则做连续分布,这令许多人困惑。1930年,为了解释这种反常现象,玻尔(N. Bohr)等人提出过放弃能量守恒定律的观点,但泡利(W. Pauli)并不赞同,12月4日,他给正在蒂宾根(Tubingen)召开的物理学会议的物理学家们写了一封公开信,提出了一种新粒子“中子”(后被费米改称“中微子”)的补救办法,而收信人就是盖革(H. Geiger)和王淦昌的指导教师迈特纳女士。

1933年底,根据泡利的中微子假说和海森伯(W. Heisenberg)的原子核质子和中子构成的结构模型,费米(E. Fermi)提出了 $\beta$ 衰变理论,从理论上论证了中微子的存在。在德国留学期间,王淦昌一直进行 $\beta$ 谱研究,在实验中,王淦昌自己吹制玻璃,制做盖革计数管,装配盖革-米勒计数器并用它测定镭E的 $\beta$ 谱<sup>[17]</sup>。1932年初,他在德国物理学期刊Zeitschrift für Physik上发表“关于RaE的连续 $\beta$ 射线谱的上限”的文章,在实验中,王淦昌得出了明晰的上限。迈特纳对王淦昌很快完成RaE的上限实验颇为赞赏,要他用 $\beta$ 谱仪和计数器做更为复杂的

Th B + C + C $\beta$  谱的上限的测定,并以此作为他的博士论文的题目。据施士元教授回忆,费米建立 $\beta$ 衰变理论时参考了当时有关 $\beta$ 谱强度的若干测量数据,王淦昌的工作可能对费米的工作有一定的参考价值<sup>[13]</sup>。因此,中微子问题和 $\beta$ 衰变问题,多年来一直为王淦昌所关心,并直接导致他1941年利用轻原子核的K俘获反应来探测中微子的方案的提出,就一点也不奇怪了。

1932年,中子的发现是核物理发展中一个重要的里程碑,对核物理有着巨大而深远的影响。在中子的发现过程中,人们经常为约里奥·居里夫妇(the Joliot-Curies)感到惋惜,他们已经“在事实上发现了”中子,却没有意识到这一点。约里奥·居里夫妇的学生,早年留学巴黎的钱三强曾回忆,约里奥先生事后对他说:“真笨死了!所有的证据都已经摆在那里了,我们怎么会想不到这一点呢!”<sup>[18]</sup>。一位意大利年轻物理学家也说:“真傻,他们已经发现了中性质子,却不认识它!”<sup>[19]</sup>。科学工作就是这样,当思想没有准备的时候,眼睛是认识不到的<sup>[17]</sup>。可是当思想上已有准备或有所怀疑,而错过物理上的重大发现,则同样让人扼腕叹息。事实上,在德国留学的王淦昌也与这一重要发现失之交臂,擦肩而过,成为他内心永久的遗憾和没齿不忘的教训。王淦昌在柏林大学的时候,学校每周都要组织一次物理讨论会,主讲都是德国著名的物理学家或刚获得博士学位的青年研究人员,每次讨论会王淦昌都去参加。有两次讨论会是由迈特纳的另一位学生,科斯特斯(Kosters)主讲。根据王淦昌的回忆,我们可以了解当时的情况:

“科斯特斯报告了玻特和他的学生贝克用放射性钋放出的 $\alpha$ 粒子轰击铍核,发现了很强的贯穿辐射。他们把这种辐射解释为 $\gamma$ 辐射。我知道我的导师迈特纳早在1922年就对 $\gamma$ 辐射与元素衰变的关系进行实验研究,对 $\gamma$ 辐射的性质也作过一系研究。所以科斯特斯的报告给我留下了深刻的印象。报告会后,我脑子里一直在想这个问题,总觉得 $\gamma$ 辐射能否具有那么强的贯穿能力值得怀疑。”<sup>[5]</sup>

王淦昌怀疑玻特和贝克的结论。在实验中,玻特和贝克利用计数器进行探测,王淦昌想,如果改用威尔逊(Wilson)云室重复这个实验,会搞清楚这种贯穿辐射的性质。为此,王淦昌两次向迈特纳请求利用师兄菲利普(K. Philip)的云室研究这种射线,但都被迈特纳拒绝了,显然,迈特纳不认为王淦昌的怀疑是合理的。王淦昌此时在柏林大学留学不到半年,刚成为

迈特纳的研究生,不便坚持自己的主张与导师发生冲突,只好放弃。1932年查德威克(J. Chadwick)发现中子之后,迈特纳也曾非常懊恼,王淦昌则把它作为一个教训记在心头:应该坚持自己的主张,尽全力去争取导师的支持和实验条件。1985年3月17日国际科学史学会主席、哈佛大学科学史系主任希伯特(E. N. Hilbert)访问了王淦昌,了解上述情况后,他对王淦昌说:“目前世界上已经没有第二个人亲身经历了中子发现的过程,你一定要把这段历史的回忆写下来,这是十分珍贵的史料。”<sup>[11]</sup>从王淦昌这段经历中,我们已经可以看到他正在迅速地成长,有了成为优秀科学家的基本素质。

1933年12月,王淦昌完成博士论文,并顺利通过了答辩。此时的德国,已是希特勒法西斯统治的天下。1933年4月德国颁布了“内政职务恢复法”,要把“非亚利安”和政治上不需要的人从包括大学在内的一切政府部门清除出去。这年夏季,迈特纳的名字便出现在柏林大学被解职人员的名单上。9月6日,她的授课资格证书被作废,失去了在大学授课、带学生的权利<sup>[15]</sup>。这种环境让王淦昌感到窒息,他决定回国。在回国之前,王淦昌曾到英国、法国、荷兰、意大利等国旅行。每到一地,他都先去大学和实验室,曾到剑桥大学会见了卢瑟福(E. Rutherford)、查德威克等著名物理学家,了解物理学前沿的发展情况。1934年4月,王淦昌结束四年的留学生活,返回国内。

## 2 王淦昌早年科研工作及其特点

1934年,经叶企孙教授的推荐,王淦昌接受山东大学的聘请,任山东大学物理系教授,是山东大学最年轻的教授。1936年秋,因不满山东大学校长赵琦开除20名学生运动的活跃分子,王淦昌辞去山东大学物理系教授职位。经何增禄推荐,接受浙江大学校长竺可桢的邀请,到浙江大学物理系任教授,同样是浙江大学最年轻的教授,并在那里整整工作了14年。由于王淦昌物理知识广博扎实,具有活泼的性格,受到学生们的爱戴和同事们的的好评,并获得了“Baby Professor”的昵称。

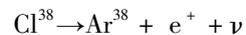
1937年7月7日,日军进攻卢沟桥,炮轰宛平城,抗日战争全面爆发。不到4个月,日军已逼近杭州。11月5日,日军在距杭州120公里的金山卫登陆,浙江大学被迫向杭州西南240公里的建德迁移,从此踏上了断断续续4年的艰难迁徙。翌年9月,浙

江大学师生行程 1000 余公里,迁徙四地,安全抵达广西宜山。尽管路途艰辛,但是浙江大学师生并没有放弃教学工作,他们一旦在一地安顿下来,马上复课。为了弥补失去的时间,王淦昌还加大了授课量,并尽可能利用当时的条件,给学生开物理实验课。为了抗战的需要,王淦昌还为学生开设了“军用物理课程”。即使在宜山得到了暂时的安顿,条件也非常差。因为没有桌椅,教师站着讲课,学生也是站着听课。除了吃、住、穿的困难和疾病的威胁外,敌机还时常轰炸宜山。正像钱临照先生所言:“浙江大学在抗战中的经历最为艰苦,历经浙江建德……辗转跋涉五千里,……他们每到一地,就在会馆、庙宇里甚至在野地上上课,在庙宇的神台上摆出实验仪器,让学生进行实验课,遇上敌机空袭,就分散到田野或树林里躲藏,当发现敌人在逼近时,则再一次收拾书籍及仪器设备匆匆西行。”<sup>[20]</sup>据许良英回忆:“就在我到校前三天,18架敌机向浙江大学标营校舍(全是茅草盖的)投了118颗炸弹。”<sup>[21]</sup>从1937年11月到1941年7月至湄潭,王淦昌随浙江大学迁移六次,历时近4年。

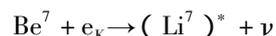
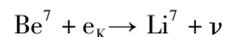
王淦昌经常对学生说:“罗马不是一朝一夕建成的”,没有长期的、不间断的努力和积累,不可能取得好的科研成果。他不仅这么说,也是这么做的。王淦昌不仅承担教学任务,而且从没有中断过研究工作,同时他还密切关注国际上研究的新情况,掌握物理学界的主要动向。对于科学家来说,没有文献是难以了解情况、开展研究工作的。浙江大学订阅了大量的国外期刊,但由于战争,不能如期抵达。在宜山,国外期刊要绕道海防,从越南进入广西,才能到达学校,往往看到杂志已时隔半年之久,而且一到就是几大包。但是每到此时,王淦昌总是如饥似渴地阅读,不管是物理还是化学期刊,他都从第一页读到最后一页,他始终怀着极大的兴趣寻找新现象<sup>[5]</sup>。对当时国外杂志上已发表的实验论文中一些重要数据,他都一一清楚地记得,常常脱口而出。他还特别善于通过数量级来判断一个新发表的实验结果是否可靠,一种新实验的设计是否高明<sup>[22]</sup>。对于文献上提到的一些物理实验,在条件可行的情况下,王淦昌还亲自动手进行实验验证,或者在系里就新的研究方向举办学术报告,在同事之间交流信息,并开阔学生的思路。物理学家束星北就曾经说过:“王先生熟悉文献资料,他那里想法很多,可从他那里得到启发和研究课题。”<sup>[23]</sup>王淦昌自己也说:“在那个时期,我觉得自己比较成熟了,敢想问题,也想得很多。”<sup>[5]</sup>

浙江大学到达遵义、湄潭后,有了一个相对安定的环境。王淦昌开始利用这段时间考虑了许多问题,从1942年至1947年,这五年时间,王淦昌自己单独发表或与人合作发表的文章就有十四五篇,其中,在美国、英国物理刊物《物理评论》(Physical Review)和《自然》(Nature)上发表的文章有7篇,在《科学记录》上发表了3篇。而在这些研究工作中,尤以“搭桥”性的工作,为别人提出实验建议的工作成绩最为显著。在战争岁月里,要钻研前沿问题,缺乏必要的实验条件,只能做“搭桥”工作。可见,这段时期,尽管生活艰苦,王淦昌的学术思想却极为活跃。

对于中微子问题,王淦昌始终给予高度地关注。在湄潭期间,他集中阅读了几年来发表的有关中微子研究论文。上面已经提到,早在三十年代,王淦昌在迈特纳的指导下就接触到 $\beta$ 衰变、中微子等问题,他不同意玻尔等人认为 $\beta$ 衰变违反能量守恒的论点,相信存在中微子,并且可以测量。但是王淦昌非常清楚,泡利的假说和费米的理论虽然都很出色,但是,假若没有实验来验证中微子的存在,他们俩人的工作成果还仅仅是理论预言。但是,中微子没有电荷,不参加强相互作用、电磁作用和引力作用,只参加几率极小的弱相互作用,不易直接用探测器发现,因此,探测中微子十分困难。王淦昌注意到1939年克兰(Crane)和赫尔彭(Helpern)对过程



中的反冲效应的研究。1938年和1939年,美国密歇根大学(University of Michigan)的克兰和赫尔彭在回旋加速器上,用氘核轰击 $\text{NaCl}^{24}$ 或 $\text{MgCl}_2^{25}$ ,产生放射性 $\text{Cl}^{38}$ ,并用云室测量 $\text{Cl}^{38}$ 放射出的 $\beta$ 射线及反冲原子核的动能和能量。通过大量实验,他们只能确定在这个过程中存在第三个粒子,但并没有确凿的证据证实这种粒子就是中微子。王淦昌经过反复思考,认为他们的实验存在缺陷,如果把实验改换成用K电子俘获的方法, $\beta$ 衰变的末态的三体就可以转变为二体,有可能探测到中微子。王淦昌写了一篇题为《关于中微子探测的一个建议》(A Suggestion on the Detection of the Neutrino)<sup>[26]</sup>,寄往美国《物理评论》。该刊于1941年10月13日收到王淦昌的论文,并在1942年第1期上发表。王淦昌建议用 $\text{Be}^7$ 来完成实验, $\text{Be}^7$ 有两种K电子俘获过程:



只要测量反应后的元素的反冲能量和动量,就很容易找到放射出的中微子的质量和能量。

按照杨振宁的说法,王淦昌给“山穷水尽疑无路”的中微子存在验证,带来了“柳暗花明又一村”的境界<sup>[1]</sup>。他又说:“这是一篇极有创造性的文章,在确认中微子存在的物理工作中,此文一语道破了问题的关键。”<sup>[27]</sup>几个月之后,美国堪萨斯学院的阿伦(J. Allen)根据王淦昌提出的建议进行了实验,6月阿伦就发表了他的实验报告,取得了肯定的结果<sup>[28]</sup>。1943年美国《现代物理评论》(Review of Modern Physics)发表科诺平斯基(E. J. Konopinski)的长篇综述论文“ $\beta$ 衰变”,高度评价阿伦按王淦昌提出的利用 $\text{Be}^7$ 的K俘获过程测量中微子的实验结果<sup>[29]</sup>,文中科诺平斯基特别指出“阿伦的工作看来是最接近最后结果的。他的观测是在王淦昌及许多其他人所建议的 $\text{Be}^7$ 上进行的,……”(见图1)<sup>[30]</sup>。

但由于阿伦实验条件不够,未测到 $\text{Li}^7$ 的单能反冲,没有完全实现王淦昌的建议。之后,王淦昌仍不断思考中微子验证问题,1947年在《物理评论》上他再次提出建议,发表了“建议探测中微子的几个方法”(Proposed Methods of Detecting the Neutrino)<sup>[31]</sup>,他说:

“阿伦已经完成了这个实验并获得了肯定的结果。可是,正像一些作者评论的那样,这还不能被认为是中微子存在的决定性的证据,因为这一方法仍然可以做较大的修正。现在,我们提供一些解决问题的新方法。”<sup>[30]</sup>

文章中,王淦昌根据近几年来新的实验结果和进展,详细地提出了探测中微子3种不同方法,并在最后提到可以利用介子衰变探测中微子存在的可能性。

第一,王淦昌仍沿用了克兰和赫尔彭原有的实验思路,只是在放射性元素上进行了调整。上面已经提到克兰和赫尔彭实验中用 $\text{Cl}^{38}$ 的 $\beta$ 衰变,他认为 $\text{Cl}^{38}$ 的 $\beta$ 射线能量只有5MeV,所以反弹核的能量较小,因此会影响探测效果。他说:

“如果让云室充满 $\text{C}^{13}$ 和 $\text{N}^{14}$ 气体,并用100MeV的X射线照射,在云室中就会产生 $\text{B}^{12}$ 。因为 $\text{B}^{12}$ 有较大的 $\beta$ 射线能量(12MeV)和相当小的质量,所以它比用 $\text{Cl}^{38}$ ( $\beta$ 射线能量为5MeV)更容易探测和测量反冲核的动量。”<sup>[31]</sup>

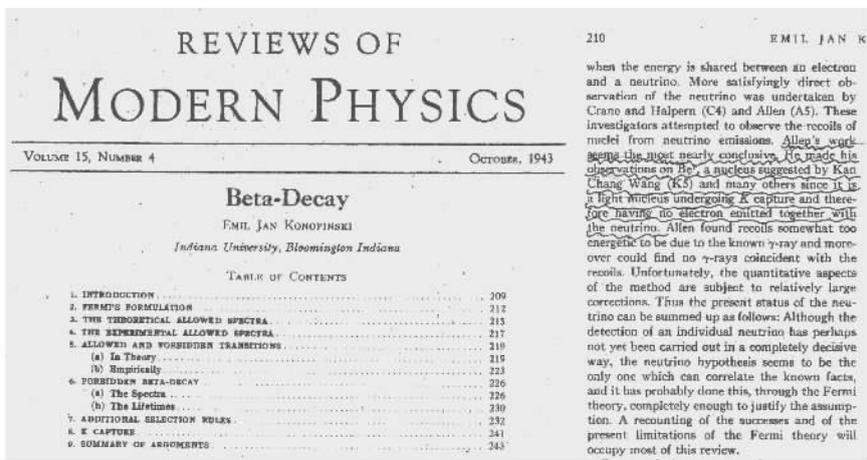


图1 1943年美国《现代物理评论》发表E. J. Konopinski的长篇综述论文,高度评价王淦昌提出的关于中微子探测的建议,本图为该论文的部分复印件

考虑到 $\text{B}^{12}$ 的寿命只有0.022s的时间,实验上可能会有困难。所以,王淦昌又提出用寿命为8s的放射性元素 $\text{N}^{16}$ 。他认为这两个放射源均会比 $\text{Cl}^{38}$ 效果更好,会有机会观察到中微子。

第二,王淦昌考虑了 $\text{Na}^{24}$ 在发射 $\beta$ 射线之后,再放出 $\gamma$ 射线和发生内部电子的转换。利用反冲核和放出的粒子的角度探测中微子。他说:

“如果发现 $\theta$ 总是180度,这将表明在 $\beta$ 衰变中绝没有中微子放出。否则,能够利用守恒定律发现中微子的能量和动量,从统计意义上检验费米理论。”<sup>[31]</sup>

第三,王淦昌进一步扩展了他在1942年首次提出的K俘获的实验思想,提出利用像 $\text{Be}^7$ , $\text{Ca}^{41}$ 和 $\text{Cr}^{51}$ 等特定物质的K层放射性的特点,通过K俘获得到反冲核。

王淦昌的工作无疑为实验物理学家探测中微子开阔了思路,提供了更多选择。正像王淦昌自己所说:这种工作是为理论工作搭桥,是推动实验工作前进的。探测中微子实验方法的建议,在王淦昌早期研究工作中是最为经典,也是最令人瞩目的成就之一。但王淦昌并未就此满足,此外,在思考中微子探测的同时,王淦昌还积极研究其他核物理学的热点问题,并积极提出更多的建议。1945年,王淦昌在英国科学期刊Nature上发表《中子的放射性》一文<sup>[32]</sup>,提出探测中子衰变的方法,他建议让一个强中子源放在石蜡中,用被石蜡减慢速度的中子再轰击装有液态重氢的容器,达到探测中子衰变的目的。1946年,在Nature上,他又发表《中子与反质子》<sup>[33]</sup>一文,就卡皮查(Kapitza)关于宇宙线谱过程中发现了反质子的报道,提出探测反质子存在的建议。

宇宙射线是一种来自地球外的高能量的粒子射线,由于宇宙射线有着巨大的能量,当它进入地球并与大气中的粒子发生碰撞之后,会生成许多新粒子,因此,宇宙射线为科学家研究粒子物理学提供了天然的实验室.为了寻找新粒子,宇宙射线成为王淦昌积极探索的课题之一.

在粒子物理学中,探测技术和手段是研究的必要条件.探测技术的精确程度直接影响着结果分析和判断.20世纪40年代,探测宇宙射线的有效手段有计数器、云室和乳胶底片三种方式.在湄潭,物理系只有一台自制的小云室<sup>1)</sup>,因此,要对宇宙射线进行探测记录,几乎不可能.王淦昌参考了相关研究文献,充分了解了计数器、云室和乳胶照相三种方法各自的优势和不足之后,试图提出第四种探测宇宙射线的新方法.在1945年第1期《科学记录》上发表了王淦昌“关于适合宇宙射线粒子新实验方法的一个建议”<sup>[34]</sup>的论文,他说:

“现在提出一种新方法,此方法将具有这些仪器所有的优势但又摒弃其不足.

假设在室温下配制一种化学制品,使它形成一块透明的胶,或者最好是一种像玻璃的固体.当一个带电粒子,如介子、质子或 $\alpha$ 粒子,穿过这一固体块时,由于电离发生化学反应.当一束具有合适波长的光照射它时,粒子的径迹将成为带色的或发出荧光,可以看见.这一原理与 $\alpha$ 射线打在乳胶底片上的反应极为相似,但它们的效果又有些不同.因为此化学块是三维的,而照相底片仅有二维.而且,它既不需要显影,也不需要定影,也不会被可见光干扰.”

尽管王淦昌提出的这一想法非常简单便于操作,但是他没有对这一问题进行更进一步的研究,而只停留在定性而非定量的阶段.即使如此,宇宙射线新实验方法的提出,也充分反映了王淦昌的思维极为活跃,敢于想问题,大胆提问题的闯劲.这同样是王淦昌试图克服在战争年代实验设备短缺的困难,进行“搭桥”工作,力争为物理学发展做出贡献.在湄潭,王淦昌对宇宙射线的研究,也为他1953年领导建立云南落雪山宇宙实验站,利用多板云雾室和磁云室研究基本粒子及其相互作用,使中国宇宙线研究进入当时国际先进行列,奠定了基础.<sup>[35]</sup>

王淦昌早期科研工作,实际上,也为他今后的科研成就的取得做了准备.1956年,王淦昌赴前苏联杜布纳联合原子核研究所工作,在他的领导下,研究组发现了反西格玛负超子,成为该所重要的成果.1960年,王淦昌参与了我国原子弹、氢弹原理突破

及核武器研制的试验研究和组织领导,是我国核武器研制的主要奠基人之一.

### 3 结束语

“前事不忘,后事之师”.尽管事情已经过去了近六十年,但现在回忆中国前辈科学家艰苦环境下研究工作,对目前科研工作仍具有现实的意义.王淦昌不仅是一位物理学家,进行物理学前沿的探索研究,而且他还是一位优秀的教育家,言传身教,为我国培养了大批物理人才,他们同样在科研工作中做出了突出成就.王淦昌是我国早期科学工作者的突出代表,他们既有严谨的治学态度,又有极强的爱国热忱,在国家处于战争状态,自己和家人的生活,乃至生命都受到威胁的情况下,仍不敢忘忧国.他们痛感祖国科学文化落后,受人欺凌之苦,为发展我国的科学和教育事业而不辞辛苦、呕心沥血,取得了许多成果,充分表现了我国前辈科学家脚踏实地、执志若金的奋斗精神.这些成果并不是在明窗净几、设备先进、资料充足的科学实验室中获得,而是在四处漏风的破庙中,陋室里,夏天多蚊蝇,冬天少煤火的情况下完成.许多论文都是在点着的柏油灯下,在粗糙的稿纸上写成.特别是,王淦昌在困难的环境下,结合自身的特点,积极思考,大胆创新,寻找新的研究方法,在理论研究与实验工作之间“搭桥”,即使用现在眼光视之,仍不失为科技工作者学习的光辉典范.笔者撰此文回忆和赞扬以王淦昌为代表的中国前辈科学家“苟利国家生死已,岂因祸福避趋之”的忘我的精神,并非崇尚艰苦、简陋的条件,而是认为目前中国科研条件与前辈科学家相比,已不可同日而语.在这样的研究条件下,年轻研究者更应寻找适合自身特点的新方法,争取有所建树,而不是盲目抱怨,为少有优秀科研成果涌现寻找藉口.

致谢 感谢中国科学院理论物理研究所刘寄星研究员对本文提出的建议和修改意见

1)此云室为王淦昌自己设计,并利用废旧材料、因陋就简制作起来的.据王淦昌的学生回忆,没有橡皮膜,就找一个破球胆代替.在云室制作成功后,王淦昌非常高兴,还指导学生认识云室中的粒子径迹.关于此云室的情况,可参见胡济民、许良英等.编的《王淦昌和他的科学贡献》一书,散见于各回忆文章中.

## 参 考 文 献

- [ 1 ] 张奠宙. 杨振宁教授谈中国现代科学史研究. 科学, 1991, 43(2) 83 [ Zhang D Z. Prof. Yang Z N discussed the research on the modern history of science in China. Science. 1991, 43(2) 83 (in Chinese) ]
- [ 2 ] 吴永清主编. 追求卓越——王淦昌年表. 北京: 经济科学出版社, 1999. 89 [ Wu Y Q ed. Pursuing excellence——Wang G C's Chronological Table. Beijing: Economics Science Press, 1999. 89 (in Chinese) ]
- [ 3 ] 钱临照. 一位实验与理论兼长的物理学家. 见: 胡济民, 许良英等编. 王淦昌和他的科学贡献. 北京: 科学出版社, 1987. 125 [ Qian L Z. A Physicist of Being Good at Both Experimental and Academic Research. In: Hu J M, Xu L Y et al. ed. Wang G C and His Scientific Contributions. Beijing: Science Press, 1987, 125 (in Chinese) ]
- [ 4 ] 竺可桢. 竺可桢日记 II. 北京: 人民出版社, 1984. 1190 [ Zhu K Z. Zhu K Z's Diary II. Beijing: People Press, 1984. 1190 (in Chinese) ]
- [ 5 ] 王淦昌. 科学, 1992, 44(1) 45 [ Wang G C. 1992, 44(1): 45 (in Chinese) ]
- [ 6 ] 段昇兵. 中国科学技术史料 2004 25(3): 199 [ Duan Y B. On the Title of Joseph Needham in Wartime China. China Historical Materials of Science and Technology, 2004 25(3): 199 (in Chinese) ]
- [ 7 ] 李约瑟著. 傅惠生译. 李约瑟游记. 贵阳: 贵州人民出版社, 1999. 323 [ J. Needham. Fu H S translated. Needham's Travel Notes (Science Outpost). Guiyang: Guizhou People Press, 1999. 323 (in Chinese) ]
- [ 8 ] 科学消息. 科学, 1945, 28(1) 83 [ Science News. Science, 1945 28(1) 83 (in Chinese) ]
- [ 9 ] Needham J. Science in Kweichow and Kuangsi. Nature, 1945, 156 497
- [ 10 ] 虞昊, 黄延复. 中国科技的基石——叶企孙和科学大师们. 上海: 复旦大学出版社, 2000. 102 [ Yu H, Huang Y F. The Cornerstone of Science and Technology in China——Ye Q X and Science Masters. Shanghai: Fudan University Press, 2000. 102 (in Chinese) ]
- [ 11 ] 李瑞芝等编. 核物理学家——王淦昌. 北京: 原子能出版社, 1996. 27 [ Li C Z et al. ed. A Nuclear Physicist——Wang Gan-chang. Beijing: Atomic Energy Press. 1996. 27 (in Chinese) ]
- [ 12 ] Wang K C. On Atmospheric Radio-Activity and Peiping Weather. The Science Reports of National Tsing Hua University, Series A, (1931—1932), 1 119
- [ 13 ] 范岱年, 卞方. 王淦昌传略. 见胡济民, 许良英等编. 王淦昌和他的科学贡献. 北京: 科学出版社, 1987. 228 [ Fan D N, Qi F. A Brief Biography of Wang Gan-chang. In: Hu J M, Xu L Y et al. ed. Wang G C and His Scientific Contributions. Beijing: Science Press, 1987. 228 (in Chinese) ]
- [ 14 ] Frisch O R. Lise Meitner, 1878—1968. Biographical Memoirs of Fellows of the Royal Society, London, 1970, 16: 405
- [ 15 ] 赛姆 R L 著. 戈革译. 丽丝·迈特纳——物理学中的一生. 南昌: 江西教育出版社, 1999. 191 [ Sime R L. Ge G translated. Lise Meitner: A Life in Physics. Nanchang: Jiangxi Education Press, 1999. 191 (in Chinese) ]
- [ 16 ] 吴健雄.  $\beta$  衰变的历史. 见: 冯端, 陆琰主编. 半个世纪的科学生涯——吴健雄、袁家骝文集. 南京: 南京大学出版社, 1992. 303 [ Wu C S. The History of  $\beta$  Decay. In: Fen D, Lu T ed. The Scientific Careers of half a century——Selected Papers and Lectures of Chien Shiung Wu and Luke C. L. Yuan, Nanjing: Nanjing University Press, 1992. 303 (in Chinese) ]
- [ 17 ] 施士元. 从核物理黄金时代谈起. 见: 胡济民, 许良英等编. 王淦昌和他的科学贡献. 北京: 科学出版社, 1987. 1 [ Shi S Y. Talking from the Golden Ages of the Nuclear Physics. In: Hu J M, Xu L Y et al. ed. Wang G C and His Scientific Contributions. Beijing: Science Press, 1987. 1 (in Chinese) ]
- [ 18 ] 钱三强. 徜徉原子空间. 天津: 百花文艺出版社, 2000 [ Qian S Q. Wandering at Atomic World. Tianjing: Baihua Literature Press, 2000 (in Chinese) ]
- [ 19 ] Segre E. From X-Rays to Quarks, Modern Physicists and Their Discoveries, Berkeley: University of California, 1980. 184
- [ 20 ] 钱临照. 物理, 1982, 11(8): 449 [ Qian L Z. Wuli (Physics). 1982, 11(8) 449 (in Chinese) ]
- [ 21 ] 许良英. 恩师王淦昌先生对我的启迪 and 爱护. 见: 胡济民, 许良英等编. 王淦昌和他的科学贡献. 北京: 科学出版社, 1987. 208 [ Xu L Y. Honorable Tutor Wang G C Bestowed Edification and Cherishing. In: Hu J M, Xu L Y et al. ed. Wang G C and His Scientific Contributions. Beijing: Science Press, 1987. 208 (in Chinese) ]
- [ 22 ] 谢俊民. 王淦昌老师的言教和身教. 见: 胡济民, 许良英等编. 王淦昌和他的科学贡献. 北京: 科学出版社, 1987. 28 [ Xie J M. The Verbal Instruction and Personal Example of Tutor Wang G C. In: Hu J M, Xu L Y et al. ed. Wang G C and His Scientific Contributions. Beijing: Science Press, 1987. 28 (in Chinese) ]
- [ 23 ] 程开甲. 抗战期间内迁中的浙江大学物理系与王淦昌先生. 见: 胡济民, 许良英等编. 王淦昌和他的科学贡献, 北京: 科学出版社, 1987. 118 [ Chen K J. The Physics Department of Zhejiang University and Tutor Wang G C during the removal in Anti-Japanese War. In: Hu J M, Xu L Y et al. ed. Wang G C and His Scientific Contributions. Beijing: Science Press, 1987. 118 (in Chinese) ]
- [ 24 ] Crane H R, Helpen J. Phys. Rev., 1938, 53 790
- [ 25 ] Crane H R, Helpen J. Phys. Rev., 1939, 56 232
- [ 26 ] Wang K C. Phys. Rev., 1942, 61 97
- [ 27 ] 李炳安, 杨振宁. 王淦昌先生与中微子. 见胡济民, 许良英等编. 王淦昌和他的科学贡献. 北京: 科学出版社, 1987. 13 [ Li B A, Yang Z N. Mr. Wang G C and Neutrino. In: Hu J M, Xu L Y et al. ed. Wang G C and His Scientific Contributions. Beijing: Science Press, 1987. 13 (in Chinese) ]
- [ 28 ] Allen J. Phys. Rev., 1942, 61 692
- [ 29 ] 刘宏葆, 何亚平. 自然辩证法通讯, 1994, 16(94): 46 [ Liu H B, He Y P. Journal of Dialectics of Nature, 1994, 16(94): 46 (in Chinese) ]
- [ 30 ] Konopinski E J. Review of Modern Physics, 1943, 15 210
- [ 31 ] Wang K C. Phys. Rev., 1947, 71: 645
- [ 32 ] Wang K C. Nature, 1945, 155 574
- [ 33 ] Wang K C. Nature, 1946, 157 549
- [ 34 ] Wang K C. Science Record, 1945, 1
- [ 35 ] 严济慈. 序. 王淦昌. 见: 王淦昌论文选集. 北京: 科学出版社, 1987 [ Yan J C. Preface. In: Wang G C. Selected Works of Wang Gan-chang, Beijing: Science Press, 1987 ]