

*Selected Papers of
Professor Hou Bo-Yu*

侯伯宇

论文选集

侯伯宇论文选集编委会 选编

图书在版编目(CIP)数据

侯伯宇论文选集 / 《侯伯宇论文选集》编委会选编. —西安: 西北大学出版社, 2011.9

ISBN 978-7-5604-2974-8

I. ①侯… II. ①侯… III. ①理论物理学—文集 IV. ①041-53

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第190308号

侯伯宇论文选集

《侯伯宇论文选集》编委会 选编

出版发行: 西北大学出版社

地址: 西安市太白北路229号

邮编: 710069

电话: 029-88302966

经销: 全国新华书店

印装: 万裕文化产业有限公司

开本: 787×1092 1/16

印张: 42.75

版次: 2011年9月第1版

印次: 2011年9月第1次印刷

字数: 800千字

书号: ISBN 978-7-5604-2974-8

定价: 198.00元

纪念侯伯宇先生

侯伯宇先生是我多年的老朋友,是我主持的中国高等科学技术中心的顾问委员会委员,为中心的发展作出过重要积极的贡献。

伯宇先生是极有成就的物理学家、教育家,一生致力于理论物理、数学物理研究。在群表示论、量子反常、二维可积场、规范场、共形场、统计模型、量子群等领域做出过众多很出色的创新工作。他以研究物理为自己人生理想,勤奋万分,工作到生命的最后一刻。伯宇先生献身于祖国的科学与教育事业,培养了大量优秀人才;同时,为促进高层次研究人员培养,伯宇先生曾积极参与中国博士后研究制度的建立。

伯宇先生在半个世纪的研究生涯中,发表论文二百余篇。这本选集收录了他的部分代表性论文,使人们对伯宇先生在物理学领域的贡献有初步的了解。文集的出版,也是我们对伯宇先生一个永久的纪念。

李政道

2011年8月15日

序

侯伯宇与我们都是张宗燧先生的学生。自 1963 年他以 33 岁的年龄在中国科学院数学研究所当研究生开始(据说他是当年年龄最大的研究生),在将近半个世纪的经历中,我们见证了他对理论物理事业的执著。只要有可能,他就会拿起理论物理的文献。甚至在东北参加“四清”,及在“文化大革命”中在小站部队农场接受“再教育”时,他也是常常捧着书本,这在当时显得与环境气氛很不协调,很可能会受到批判,他好像也不在乎。他的这种对于理论物理研究孜孜不倦的精神坚持一生,始终不渝。听说,直至最后在医院已病重不起时,他还在读书,还一心想着正在研究的课题,令人敬佩万分。

侯伯宇潜心于量子场论和数学物理的研究,工作于这些方面的最前沿,在群表示理论、磁单极子、可积场论模型、量子反常、量子群、统计模型和共形场论等方面取得了一系列极为重要的成果,得到了国内外理论物理界的高度评价。他是我国理论物理事业的优秀学术带头人之一,为我国理论物理队伍培养了一大批人才,特别是到西北大学后,对于得到广泛认可的我国理论物理“西北军”的形成,作出了重大贡献,他的学生遍布全国乃至国外。

《侯伯宇论文选集》选编了他的部分论文。在他逝世一周年之际出版这本论文集是很有意义的:一方面,这是他的学术成就和学术风格的记录;另一方面,也将给他的同时代人提供一个永远的纪念,后辈青年也将从中得到教益。

戴元本 朱重远

2011 年 7 月 29 日

侯伯宇简介

侯伯宇(1930—2010年),北京人。西北大学终身教授,全国优秀共产党员,五一劳动奖章获得者,不幸于2010年10月6日病逝于西安。

侯伯宇,中国著名的理论物理学家和数学物理学家,他在粒子物理与场论、引力理论、统计物理、群论及表示、数学物理等领域进行了广泛深刻而持久的研究,取得了突出的研究成果,其中相当部分具有原创性、开拓性和前驱性,在国际学术界产生了重要影响,为我国的理论物理和数学物理的发展作出了不可替代的重要贡献。他学术思想活跃,学风严谨求实,工作勤奋刻苦,堪称年青人的楷模。他勤勤恳恳、默默耕耘、乐于奉献,为培养理论物理、数学物理的青年人才呕心沥血。

侯伯宇教授一生坎坷,历经磨难,但热爱祖国的信念始终如一。无论是在人生的低谷,还是在改革开放的年代,他总是将对祖国的赤诚情怀,融入自己的平凡工作中,成就了“中国人的骄傲”。

侯伯宇教授一生发表约三百篇论文,我们从中择选出50篇,编撰成集,纪念这位杰出的同仁、亲密的朋友和可敬的老师,弘扬他献身科学、潜心探索、淡薄名利、追求真理的科学精神。

侯伯宇教授一生从事的研究领域十分广阔,成果丰富。我们就选集的部分重要内容作一简单的介绍。但编委会才疏学浅,难以对其研究工作进行全面深入准确的介绍,尤其对其晚年的工作知之甚少。在对其学术贡献的评价中,如有差错遗漏,敬请读者、相关专家,以及侯伯宇教授生前的合作者和学生指正。

一、坎坷人生

侯伯宇出生于1930年9月11日,其父亲侯镜如是著名爱国人士,黄埔军校第一期毕业生,在东征时经周恩来和郭俊介绍秘密加入中国共产党。八年抗战中,侯伯宇跟随父母辗转各地,在动荡中完成中小学学业。苦难中国的屈辱在其幼小的心灵中埋下了忠贞爱国的种子。他从小热爱科学,喜欢音乐,学会的第一首歌就是八十九旅的军歌“只有铁,只有血,只有铁血才能救中国。救我同胞誓把倭奴灭,醒我国魂誓把奇耻雪……”终生不忘。

II

1947 年,侯伯宇(高一学生)考上清华大学,保留学籍。1948 年燕京大学举行优秀中学生保送考试,他考分第一,获得全额奖学金。但由于对物理的酷爱,他最终选定清华攻读物理。因北平战事,侯伯宇在清华仅读 4 个月后,就随家迁香港,转读台湾大学。不久,其父侯镜如经香港秘密渠道告知“不可停留台湾,立即去香港”。这样,在台湾大学物理系、化工系才读了 3 个月的侯伯宇,赶乘最后一班直通航轮奔赴香港。在港等待赴美签证时,他获悉清华大学已复课,立即回到北京再次就读清华大学物理系(1950.2—1951.1)。此后,抗美援朝战争爆发,侯伯宇毅然报名参干去东北,被安排突击学习俄文,准备为苏联军事顾问做随军翻译。停战后,他给高教部写信,得到了返校继续学习的机会。因经济建设缺俄文翻译,于是服从国家需要,奔赴鞍钢。其间各项工作都名列前茅。1955 年肃反,侯伯宇因家庭出身的“复杂性”和在台湾的“历史疑点”,被鞍山市委列为“重点”清查对象隔离审查,直至侯镜如找到全国肃反小组说明情况后,才得以解脱。此时他再次萌生回大学学习的意愿,但未获批准。后经北京市委副书记刘仁的直接干预,才将他的人事档案调回北京。可惜,此时侯伯宇已经错过北京高考,无奈之下他随即飞赴西安,考取当时全国唯一招收插班生的西北大学,开始了第三次大学生活。

侯伯宇自学能力极强。入读西北大学时,已自学完大学的主要课程。1958 年,他倦于政治运动,申请提前毕业,被分配到西安交通大学加速器专业,但再次因政治原因被交大转分到西安矿业学院(1958.9—1963.7)。自此,侯伯宇开始了他的物理数学研究,发表了学术研究的处女作。1963 年,他以几乎满分的成绩考取中国科学院数学所的研究生,师从张宗燧教授,与陈景润成为舍友。在“文革”初期,张宗燧被“批斗”,“白专分子”侯伯宇则成为“陪斗”,直至张“畏罪自杀”。“文革”后期,侯伯宇毕业留任数学所工作,被安排转向实用科研领域。当他得知家属的户口“绝不可能”调到北京,便于 1973 年 6 月回到西北大学,开始了在西北大学长达 37 年的科研、教学工作。

侯伯宇 1978 年晋升副教授,1980 年晋升教授。1980 年 2 月创建西北大学现代物理研究所,并任所长。他曾多次应邀赴美国耶鲁大学、纽约市立大学、纽约州立大学石溪分校、意大利国际理论物理中心、加州大学戴维斯分校、京都大学数理解析研究所、墨尔本大学、东京都立大学等访问。1988—1995 年侯伯宇被选为国际纯粹与应用物理学联合会(IUPAP)委员。

侯伯宇为西部理论物理的人才培养付出了大量心血。1981 年他受聘为国务院第一批博士生导师,他领导的研究所也是全国第一批授权的物理学科博士后流动站。几十年来,他指导、培养博士后 7 名、博士研究生 20 多名。他们之中有国家级突出贡献专家 1 人,获中国科

协、人事部、中组部的中国青年科技奖 3 人,获日本学术振兴会(JSPS) 科学基金 6 人次,获洪堡基金 7 人。侯伯宇以他杰出的贡献,于 1985 年获得全国优秀教育工作者称号和五一劳动奖章。

二、学术成就

1. 群论、格林函数

在上世纪 60 年代,侯伯宇与合作者一起从事有关群论等数学物理的研究,创造性地提出利用产生湮灭算子构造 $SU(N)$ 群正则基降级的变换算子,进而获得完整的正则基,纠正了前人的错误,解决了这一延续十余年的难题;创新地使用三贝塞尔函数的沿不同回路积分解决赫施菲尔德(J. Hirschfelder) 的交叠区同类项合并的问题,以及构造局域坐标系中的旋量球函数,极大地简化了计算。这些工作都为当时国际先进水平,他本人也受到国内理论物理开创者之一张宗燧教授的注意。

分子链的相互作用 Green 函数

1960 年,与同事文振翼注意到美国科学院院士赫施菲尔德等未能求得交叠区同类项合并的问题。他们创新地使用同一被积函数的不同回路积分给出各分区的表达式。将交叠区的三个贝塞尔函数按幂次级数递推表出,得到简化的递推式;同时运用边界条件的对称性限定并项为偶次,得到收敛级数,解决了这一问题。

局域坐标系中的旋量球函数及算子

中心辐射(散射) 以及从质心系观察的散射与辐射涉及辐射源、散射中心的极化,而极化依赖于方向角与径向距离的关系。通常人们按沿径向极化等量子数写的波函数的各分量沿固定观察系投影,分类合并后,再按径向投影,其计算甚为繁杂。侯伯宇建议采用始终按径向运算的方法,而固定系标架到球面局域三足标架的转动矩阵可直接表达旋量波函数(helicity 幅),将微商的横向作 Hodge 对偶,直接表出梯度、旋度等公式。将前人著作中各径向、横向多极辐射的繁杂结果直截了当地表示为用 Clebsch - Gordan 系数耦合到一起的已知的径向积分式。

$SU(N)$ 群不可约表示的正交归一基底与代数

1950 年,盖尔芳(I. Gelfand) 和泽特林(M. Tsetlin) 给出 $SU(N)$ 代数表示式,如何证明却一直都没有成功。1965 年,侯伯宇利用正负素根算子与钩算子的玻色实现,依次构成了从各盖尔芳正则基降到与它相邻的各低阶相邻正则基的降(升) 算子多项式,成功地完成各正则基的归一化,从而获得正交归一、完整的正则基;证明各正负素根算子表达为各子群内的钩因

IV

子及相邻子群间的不可约张量因子的乘积,改正了以往文献中从盖尔芳沿袭下来的相角符号错误。

2. 规范场论、量子场论及大范围拓扑性质

规范场论

侯伯宇教授是我国较早研究规范场、量子场及大范围拓扑性质的理论物理学家之一。早在上世纪 70 年代,他利用微扰论证明同阶费曼图内非物理粒子的规范贡献全部抵消、物理过程的规范无关性及任意规范的么正性。利用纤维丛理论研究磁涡流、单极的整体宏观量子数及其规范协变量、电磁荷流等的定域分布,导出 $SU(2)$ 规范场对称破缺所剩 $U(1)$ 磁荷的表达式,对应于陪集的第二同伦群。他还和合作者一起研究荷电粒子与单极作用体系的物理规律和效应。这些工作处于当时国际先进水平,获得 1978 年陕西省科技成果一等奖,作为合作者获得 1982 年国家自然科学三等奖。

量子规范场的反常与大范围拓扑性质研究

上世纪 80 年代中期,量子反常及其大范围拓扑性质为当时国际理论物理的研究热点,作为主要承担者,侯伯宇参加了量子反常及其大范围拓扑性质的研究。他独立提出和分析 3 上同调链(与捷奇夫(R. Jackiw)同时),给出反常系列整体特征数的继承性;证明流守恒反常、对易反常和 Jacobi 反常的微分继承式积分满足 Cech 双上同调关系,江口徹(Eguchi)在国际光子与轻子大会场论总结时评价这些工作“非常漂亮地运用了 Cech 方法,给出反常的整体特征数继承相等”;侯伯宇还发现结合律反常满足五角恒等式, Jacobi 反常的自洽条件是四重对易式,而不是 Malcev 代数,澄清了捷奇夫与朱米诺(B. Zumino)的争论。这项工作获得 1989 年国家自然科学二等奖。

3. 非线性可积系统

上世纪 80 年代初,孤立子的非局域对称性及相应守恒量为研究热点。1981 年底侯伯宇在耶鲁大学访问期间利用协变分解方法,得到了含谱参数的 Noether 守恒流,形成了有名的耶鲁预印本,谱参数的展开可以给出无穷多守恒流,满足 Kac - Moody 代数,曾被一些同行称为“H - 变换”;与合作者一起,利用拓扑磁荷流的生成元与 Hodge 对偶的电荷流的生成元扭转,合成得到非定域守恒流,并得到 Virasoro 型变换;与学生李卫一起得到可用来生成引力场由真空平庸解变到静轴对称及柱对称一切解的变换,被金奈斯雷(W. Kinnersley)等称之为“Hou - Li 变换”;特别是可以增减 Weyl 多级矩,从而实现了杰拉奇(R. Geroch)猜想,被金奈斯雷与朱里亚(B. Julia)先后用来构成四维引力及十一维伸缩超引力(M 理论)的渐进几乎处处平坦的整体解;侯伯宇还指出 4 维自对偶 Yang - Mills 场表为复化反自偶面的平联络

后不满足复二维主手征型“守恒律”,而是两个互对偶二维面上的 WZW 型方程,创新地给出自对偶 Yang – Mills 场的含双拓扑 WZW 项的作用量。

侯伯宇在该方面的工作具有鲜明的特色和原创性,其研究成果被称为“H – 变换”和“Hou – Li 变换”。上世纪 80 年代,“H – 变换”入选新华社编发的二十项《中国的骄傲——以中国人姓氏命名的现代科技成果》。该方面的研究于 1987 年获得国家教委科学技术进步奖一等奖。

4. 可积统计模型与量子代数研究

可积模型是可以解析求解的高度非线性和强关联的物理系统,它们在精确揭示物理体系的特性和临界行为等方面扮演着不可替代的角色。自 1987 年开始,侯伯宇转向了这一竞争激烈的研究领域,取得了一系列的研究成果。

有限格点与多体长程作用

椭圆函数型格点模型的求解及对称性研究是该领域多年悬而未决的基础难题。1982 年,斯克良宁(E. Sklyanin) 做出了 $n=2$ 椭圆量子代数, 1985 年谢雷德尼克(I. Cherednik) 试图推广到 $n>2$,但未成功。侯伯宇等发现了 $sl(n)$ 椭圆型转移矩阵的差分表示、建立其本征函数和本征谱;通过分离谱参量,成功构成 $n>2$ 椭圆函数型经典及量子代数,创先构成其循环表示及差分算子表示;随后,又成功地将此方法运用于各种统计模型,获得了一系列成果。侯伯宇等还创新性地研究了与可积系统相匹配的各种边界条件及相关的物理效应,形成了具有特色的研究团队,成为国内在国际上具有一定影响力的唯一研究组。

量子群研究

上世纪 80 年代末,量子群研究成为数学物理的热点,侯伯宇、侯伯元、马中骥合作将二子表示递降各顺序间所差 q 相角求和,得到由 q 系数构成的拉卡型 Clebsch – Gordan 系数以及对称关系;按照不同于原角动量理论的聚合顺序成功推得聚合型系数的 q 乘积式和 144 个系数的全部对称关系;证明拉卡系数满足辫子群与五角结合律。该项工作独立于基里洛夫(A. Kirillov) 与雷切迪金(N. Reshetikhin) ,明显而具体地推得各系数及其对称性与求和律,杰维斯(J. Gervais) 等指出这正是他们研究二维引力等聚合时所需的。

此方向的研究成果获得 1994 年陕西省科技进步一等奖(周玉魁) 及 2005 年陕西省科技进步二等奖。

5. 共形场与可积场论研究

共形场的对称性

上世纪 80 年代末,阿瓦雷兹 – 高默(L. Alvarez – Gaume) 讨论了极小共形场与量子群的

关系,但实际上并未证明。侯伯宇等最先利用 Dotsenko 库仑气积分中的单值行为计算极小共形场的辫子矩阵,证明其对成群为两个 $q - \text{SU}(2)$ 的直积;随后,又用积分表示直接推出 $\text{SU}(2)$ WZW 模型共形块的聚合与辫子矩阵,证明它们分别用量子群的两种 $q - 6j$ 系数表示,同时聚合法则受到共形场阶数限制的截断行为,这完全等同于 $q - \text{SU}(2)$ 的表示理论。

该方面的工作当时具有国际领先水平,在国内外具有鲜明的特色,其成果与其他工作一起获得 1994 年陕西省科技进步奖一等奖。

有质量量子代数的可积

如何将量子流代数从共形场推广到无穷多格点及有质量场是数学物理的难点之一。侯伯宇采用德里费尔德(V. Drinfeld)的扭曲 Hopf 代数可从 XYZ 格点的量子代数得到 RSOS 模型的量子代数,发现面模型在热力学极限下,满足既有动力学扭曲又有中心扩张的量子代数对称性,并明显求出该流;通过取双标度极限,得到一种新代数,它描述有质量场的散射关系;利用 Miura 变换获得有质量场的 W 代数及其顶角算子的双畸变玻色振子表达式。这些工作被京都学派及圣彼得堡学派等引为最初文献。

侯伯宇教授对理论物理学和数学物理学的贡献是多方面的。他时刻关注国际理论物理的研究前沿,直至去世前一月,仍在阅读最新文献,探讨几何 Langlands 纲领与拓扑场论方面的工作;他思维敏锐、洞察力强,善于发现和探索重要科学问题、新的研究领域和方向,做出杰出工作,研究新的理论基础和技术方法,富于创新精神;他勤奋刻苦,为同辈人中的佼佼者,堪称后辈的楷模。侯伯宇教授一生淡薄名利,两袖清风,自由穿行于理论物理的乐园……

Contents

纪念侯伯宇先生	/李政道
序	/戴元本 朱重远
侯伯宇简介	
1. 局部坐标系中的旋量球函数及算子(The Spinor Wave Functions and Operators in the Local Coordinate System) ,	
侯伯宇(Hou Bai-yu) ,	
物理学报(<i>Acta Physica Sinica</i>) 19 (1963) 341—359	/1
2. Green 函数及 δ 函数的三方向球函数展开式(Three Directional Expansion of Green Functions & δ Function) ,	
侯伯宇(Hou Pei-yu) ,	
物理学报(<i>Acta Physica Sinica</i>) 20(1964) 11—18	/20
3. Orthonormal Bases and Infinitesimal Operators of the Irreducible Representations of Group U_n ,	
侯伯宇(Hou Pei-yu) ,	
<i>Scientia Sinica</i> 6(1966) 763—772	/28
4. 在磁单极附近荷电粒子的波函数,	
冼鼎昌,侯伯宇,	
科学通报 22 (1977) 204—206	/38
5. 不可易规范场的规范不变守恒流(Gauge-Invariant Conserved Current of a Non-abelian Gauge Field) ,	
侯伯宇(Hou Bo-yu) ,	
物理学报(<i>Acta Physica Sinica</i>) 26 (1977) 433—435	/41
6. 各级微扰展开下自发破缺的规范无关性、么正性及可重整性(Gauge Independence, Unitarity and Renormalizability of a Spontaneously Broken Model in the Perturbation Theory) ,	
侯伯宇(Hou Bo-yu) ,	
物理学报(<i>Acta Physica Sinica</i>) 26 (1977) 317—331	/44
7. The Decomposition and Reduction of Gauge Field and Dual Charged Solution of Abelianizable Field,	

- Hou Bo-Yu, Duan Yi-Shi, and Ge Mo-Lin,
Scientia Sinica **21** (1978) 446—456 /59
8. 闵空间拓扑非平庸球对称场中零能费米子(Zero Energy Fermion in Topological
Nontrivial Spherical Symmetrical Field on Minkowski Space) ,
侯伯宇(Hou Bo-yu) ,侯伯元(Hou Bo-yuan) ,
高能物理与核物理(*Physica Energiae Fortis et Physica Nuclearis*) **3** (1979) 697—707 /70
9. Non-selfdual Instanton of Two Dimensional CP(N) ($N \geq 2$) Chiral Theory ,
Hou Bo-Yu, Wang Yu-Bin, Hou Bo-Yuan, and Wang Pei
Phys. Lett. B **93** (1980) 415—418 /81
10. Noether analysis for the hidden symmetry responsible for an infinite set of
nonlocal currents ,
Hou Bo-Yu, Ge Mo-Lin and Wu Yong-Shi,
Phys. Rev. D **24** (1981) 2238—2244 /85
11. Nonlocal Currents as Noether Currents Due to a Nonlocally Transformed Global
Symmetry ,
Hou Bo-Yu,
Commun. in Theor. Phys. (Beijing, China) **1** (1982) 333—344 /92
12. The Gyroelectric Ratio of Supersymmetric Monopole Determined by its Structure ,
Bo-Yu Hou,
Phys. Lett. B **125** (1983) 389—392 /104
13. A Correspondence between the δ -Model and the Liouville Model ,
H. Bohr, B. Hou, S. Saito,
IL Nuovo Cimento A **84** (1984) 237—248 /108
14. Some series of infinitely many symmetry generators in symmetric space chiral
models ,
Bo-yu Hou,
J. Math. Phys. **25** (1984) 2325—2330 /120
15. Gauge Covariant Formulation of Symmetric-Space Fields ,
Ling-Lie Chau and Bo-Yu Hou ,
Phys. Lett. B **145** (1984) 347—352 /126
16. The Third Order Cohomology Cycle for Gauge Group and the Anomalous
Associative Law for Gauge Transformation ,
Hou Bo-yu, Hou Bo-yuan,

-
- Chin. Phys. Lett.* **2** (1985) 49—52 /132
- 17.** Cohomology of Gauge Groups and Characteristic of Chern – Simons Type ,
GUO Han-ying, HOU Bo-yu, WANG Shi-kun, and WU Ke
Commun. in Theor. Phys. (Beijing, China) **4** (1985) 233—251 /136
- 18.** The Global Topological Meaning of Cocycles in a Gauge Group ,
BO-YU HOU , BO-YUAN HOU and PEI WANG ,
Lett. Math. Phys. **11** (1986) 179—187 /155
- 19.** Integrability properties of symmetric-space fields reduced from axially symmetric
Einstein and Yang–Mills equations ,
Ling-Lie Chau , Kuang-Chao Chou , Bo-Yu Hou , Xing-Chang Song ,
Phys. Rev. D **34** (1986) 1814—1823 /164
- 20.** Cohomology in connection space , family index theorem , and Abelian gauge
structure ,
Bo-Yu Hou and Yao-Zhong Zhang ,
J. Math. Phys. **28** (1987) 1709—1715 /174
- 21.** Virasoro Algebra in the Solution Space of Ernest Equation ,
BO-YU HOU and WEI LEE ,
Lett. Math. Phys. **13** (1987) 1—6 /181
- 22.** Generating functions with the new hidden symmetries for cylindrically Symmetric
gravitational fields ,
Bo-yu Hou and Wei Li ,
Class. Quantum Grav. **6** (1989) 163—171 /187
- 23.** Algebras connected with the Z_n elliptic solution of Yang–Baxter equation ,
Hou Bo-yu , Wei Hua ,
J. Math. Phys. **30** (1989) 2750—2755 /196
- 24.** The Riemann–Hilbert transformation for an approach to a representation of the
Virasoro group ,
Wei Li , Bo-yu Hou ,
J. Math. Phys. **30** (1989) 1198—1204 /202
- 25.** Exact solution of the Belavin ’ s $Z_n \times Z_n$ symmetric model ,
Bo-Yu HOU , Mu-Lin YAN and Yu-Kui ZHOU ,
Nucl. Phys. B **324** (1989) 715—728 /209
- 26.** Quantum Group Structure in the Unitary Minimal Model ,

- Bo-Yu HOU, Ding-Ping LIE and Rui-Hong YUE,
Phys. Lett. B **229** (1989) 45—50 /223
- 27.** The Crossing Matrices of WZW $SU(2)$ Model and Minimal Models with the Quantum $6j$ Symbols,
 Bo-Yu HOU, Kang-Jie SHI, Pei WANG and Rui-Hong YUE,
Nucl. Phys. B **345** (1990) 659—684 /229
- 28.** Clebsch-Gordan Coefficients, Racah Coefficients and Braiding Fusion of Quantum $sl(2)$ Enveloping Algebra (I),
 Bo-Yu HOU, Bo-Yuan HOU, Zhong-Qi MA,
Commun. Theor. Phys. **13**(1990) 181—198 /255
- 29.** Clebsch-Gordan Coefficients, Racah Coefficients and Braiding Fusion of Quantum $sl(2)$ Enveloping Algebra (II),
 Bo-Yu HOU, Bo-Yuan HOU, Zhong-Qi MA,
Commun. Theor. Phys. **13**(1990) 341—354 /273
- 30.** Modular invariance and the Feigin-Fuchs representation of characters for $SU_k(2)$ wzw and minimal models,
 Bo-Yu Hou and Rui-Hong Yue,
J. Phys. A: Math. Gen. **24** (1991) 11—21 /287
- 31.** Sine-Gordon and affine Toda fields as non-conformally constrained WZNW model
 Bo-Yu Hou, Liu Chao and Huan-Xiong Yang,
Phys. Lett. B **266** (1991) 353—362 /298
- 32.** Cyclic representation and function difference representation of the Z_n Sklyanin algebra,
 Bo-Yu Hou, Kang-Jie Shi and Zhong-Xia Yang,
J. Phys. A: Math. Gen. **26** (1993) 4951—4965 /308
- 33.** Function space representation of the Z_n Sklyanin algebra,
 Bo-yu Hou, Kang-jie Shi, Wen-li Yang and Zhong-xia Yang,
Phys. Lett. A **178** (1993) 73—80 /323
- 34.** Hamiltonian reductions of self-dual Yang-Mills theory,
 Bo-yu Hou and Liu Chao,
Phys. Lett. B **298** (1993) 103—110 /331
- 35.** Heterotic Toda fields,
 Liu Chao, Bo-Yu Hou,

-
- Nucl. Phys. B* **436** (1995) 638—658 /339
- 36.** Algebraic Bethe ansatz for the eight-vertex model with general open boundary conditions ,
Heng Fan, Bo-yu Hou, Kang-jie Shi, Zhong-xia Yang ,
Nucl. Phys. B **478** (1996) 723—757 /360
- 37.** An $\hbar$ -deformation of the W_N algebra and its vertex operators ,
Bo-yu Hou, Wen-li Yang ,
J. Phys. A: Math. Gen. **30** (1997) 6131—6145 /395
- 38.** Lagrangian Form of the Self-Dual Equations for $SU(N)$ Gauge Fields on Four-Dimensional Euclidean Space ,
HOU Bo-yu, SONG Xing-Chang ,
Commun. Theor. Phys. **29** (1998) 443—446 /410
- 39.** $\hbar$ (Yangian) Deformation of the Miura Map and Virasoro Algebra ,
XIANG-MAO DING, BO-YU HOU and LIU ZHAO ,
Int. J. Mod. Phys. A **13** (1998) 1129—1144 /414
- 40.** Algebraic Bethe ansatz for the supersymmetric t - J model with reflecting boundary conditions ,
Heng Fan, Bo-yu Hou, Kang-jie Shi ,
Nucl. Phys. B **541** (1999) 483—505 /429
- 41.** The twisted quantum affine algebra $U_q(A_2^{(2)})$ and correlation functions of Izergin-Korepin model ,
Bo-Yu Hou, Wen-Li Yang, Yao-Zhong Zhang ,
Nucl. Phys. B **556** (1999) 485—504 /452
- 42.** Impurity of arbitrary spin embed in the 1-D Hubbard model with open boundary conditions ,
Bo-yu Hou, Xiao-qiang Xi, Rui-hong Yue ,
Phys. Lett. A **257** (1999) 189—194 /472
- 43.** Elliptic Ruijsenaars-Schneider and Calogero-Moser Models Represented by Sklyanin Algebra and $sl(n)$ Gaudin Algebra ,
Kai CHEN, Heng FAN, Bo-yu HOU, Kang-jie SHI, Wen-li YANG and Rui-hong YUE ,
Prog. Theor. Phys. Supplement **135** (1999) 149—165 /478
- 44.** The dynamical twisting and nondynamical r -matrix structure of the elliptic Ruijsenaars-Schneider model ,

- Bo-yu Hou and Wen-li Yang,
J. Math. Phys. **41** (2000) 357—369 /495
- 45.** The Lax pairs for elliptic C_n and BC_n Ruijsenaars-Schneider models and their spectral curves,
Kai Chen, Bo-yu Hou and Wen-li Yang,
J. Math. Phys. **42** (2001) 4894—4914 /508
- 46.** Solitons on Noncommutative Orbifold T^2/Z_N ,
BO-YU HOU, KANG-JIE SHI, ZHAN-YING YANG,
Lett. Math. Phys. **61** (2002) 205—220 /529
- 47.** Non-commutative algebra of functions of 4-dimensional quantum Hall droplet,
Yi-Xin Chen, Bo-Yu Hou, Bo-Yuan Hou,
Nucl. Phys. B **638** (2002) 220—242 /545
- 48.** Algebraic Bethe ansatz for the elliptic quantum group $E_{\tau,\eta}(sl_n)$ and its applications,
B. Y. Hou, R. Sasaki, W. -L. Yang,
Nucl. Phys. B **663** (2003) 467—486 /568
- 49.** Affine $A_3^{(1)}$ $N = 2$ Monopole as the D Module and Affine ADHMN Sheaf,
HOU Bo-Yu and HOU Bo-Yuan,
Commun. Theor. Phys. (Beijing, China) **49** (2008) 439—450 /588
- 50.** Determinant representations of scalar products for the open XXZ chain with non-diagonal boundary terms,
Wen-Li Yang, Xi Chen, Jun Feng, Kun Hao, Bo-Yu Hou, Kang-Jie Shi and Yao-Zhong Zhang,
Journal of High Energy Physics **01** (2011) 006 /600
- 51.** 人世变而道长青——五十年治学路
侯伯宇 /626
- 附录 (发表文章汇总) /641

局部坐标系中的旋量球函数及算子*

侯 伯 宇

(西安矿业学院)

提 要

本文给出了各种表象的旋量球函数在局部坐标系中的表达式及其与固定坐标系的联系,并用此式讨论了光子、电子、双光子系波函数的各种性质。利用梯度算子及无穷小转动算子在局部系中的联系将旋量方程分离变量,得到了梯度公式。最后在局部系中探讨了散射问题,计算了 r 跃迁的角向积分。

研究标量场的中心对称问题时,最方便的是采用球极坐标系。研究旋量场时,通常仍然对固定极轴(量子化轴)取自旋矩的投影。这种不考虑具体地点的取分量方法往往掩盖了问题固有的对称性,使旋量场的表达式及计算过程不必要地复杂化。例如最简单的旋量——径向单位矢量 $\mathbf{r}_0$ 在球面上各点 (θ, φ) 的表达式为 $-\sqrt{4\pi}\psi_{1,1}^0(\theta, \varphi) = -\sqrt{4\pi} \cdot \sum_m C_{1,m;1,-m}^0 Y_{1m}(\theta, \varphi) u_{1,-m}(K)^{11}$, 分成的三个分量 $Y_{1m}(\theta, \varphi)$ 是随点而变的,也不易看出它是纵向的。因此有些作者^[2,3]引进了局部坐标系,但他们并没有详细讨论局部坐标系与固定球极坐标系间的明显变换式,一般文献中也不大采用局部坐标系。本文在第一节中导出了普遍变换式,引进了具有一定宇称及极化的旋量球函数。在三、四、五节中指出了通常的“电”及“磁”复极场,有确定宇称及动量矩的电子波函数以及汪容^[4]的双光子系波函数都可以由第一节的统一表达式得到。并且通过这些实例说明了在局部坐标系中旋量球函数的各种性质较为明显,构成符合某些选择律的波函数较为方便。在这种坐标系中容易理解过去关于双光子系的工作^[4,5,6,7,8],并发现有些工作中不够明确或错误的地方。

Гельфанд 等^[2]及 Любарский^[3]在局部坐标系中将旋量的一阶微分方程或二阶的 Maxwell 方程分离了变量求解。但由于或者是采用了固定系中的微分算子,或者是虽然采用了局部系中的微分算子,而最后仍旧用固定系中的无穷小转动算子来表示,演算过程较为繁复。本文第二节引进了局部系中的无穷小转动算子,找到了它与微分算子 ∇ 的横向分量的联系,从而得到了计算旋量球函数的微商的简单方法,这时只需利用广义球函数作为转动群不可约表示的正则基的特性,用不着具体的微分递推式。用此法将方程分离了变量,与文献[2],[3]比较,指出了其中的错误。还可以直接求得梯度公式,避免了过去(例如[9])求梯度时从固定极轴投影到局部轴再投影回固定极轴这种往返周折的过程。

第六节简单讨论了用局部坐标式计算散射问题的方法,与现有的从固定极轴球坐标

* 1961 年 8 月 14 日收到; 1962 年 7 月 21 日收到修改稿。

1) 式中各符号的含义请参看下节 (1.5) 式。本文中函数 Y 、 D 系数 C 、 W 的定义及位相及 Euler 角均依照文献[1]。