

编者按 2003年3月《物理》曾简要介绍了几位现尚健在的老一辈女物理学家,并向她们祝贺“三·八”国际劳动妇女节,受到读者的好评。值此“三·八”国际妇女节再次来临之际,本期特发表一篇介绍两位中国女物理学家对20世纪统计物理学发展所作历史性贡献的文章,以鼓励中国女物理学工作者攀登高峰,青胜于蓝,同时也希望读者关注我国女物理学工作者,向《物理》投寄更多反映我国女物理学工作者事迹与风貌的文章。

## 两位中国女物理学家对非平衡统计物理学的重要贡献\*

刘 寄 星<sup>†</sup>

(中国科学院理论物理研究所 北京 100080)

**摘 要** 介绍了两位中国女物理学家王明贞和王承书在20世纪中叶对统计物理发展所作出的重要贡献。王明贞与乌伦贝克(Uhlenbeck)1945年在Review of Modern Physics上发表的有关布朗运动的综述文章<sup>[1]</sup>不仅详尽地分析了耦合谐振子的布朗运动特性,而且对随机过程做了完整的科学分类,至今仍被科学界采用。王承书对气体分子动理论所作的大量研究结果<sup>[2-7]</sup>特别是她与乌伦贝克提出的处理多原子分子气体输运系数的王承书-乌伦贝克方程,以及她对麦克斯韦气体的线性化玻尔兹曼方程碰撞算子本征值与本征函数的结果,已经成为现代动理学理论的经典内容。两位中国女物理学家通过她们在物理学史上留下的科学工作,为当代中国妇女攀登科学研究高峰树立了榜样。

**关键词** 布朗运动,耦合振子,玻尔兹曼方程,王承书-乌伦贝克方程,索南多项式,麦克斯韦气体,稀薄气体,气体动理论

## Important contributions of M. C. Wang and C. S. Wang Chang to non-equilibrium statistical physics

LIU Ji-Xing<sup>†</sup>

(Institute of Theoretical Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080, China)

**Abstract** In the middle of the 20th century two Chinese women physicists, Ming-Chen Wang and Cheng-Shu Wang Chang made great contributions to statistical physics. The famous review article “On the theory of the Brownian motion II” by Ming-Chen Wang and G. E. Uhlenbeck published in Rev. of Mod. Phys. in 1945 provided a complete scientific classification of stochastic processes which is still adopted by the scientific community as the standard classification. The Wang-Chang-Uhlenbeck (WCU) equation proposed jointly by C. S. Wang-Chang and Uhlenbeck became the fundamental kinetic equation for the treatment of transport properties of multi-atomic gases with internal degrees of freedom in the physics literature. These important scientific contributions are analyzed and reviewed.

**Key words** Brownian motion, coupled oscillator, Boltzmann equation, WCU equation, Maxwell gas, Sonine polynomial, rarified gases, kinetic theory of gases

统计物理学是理论物理的重要分支,它的基本内容是针对由大量分子(包括原子、电子、辐射场等)所组成的体系,建立物质微观运动规律与物质

宏观热力学特性之间的联系。从1738年伯努利

\* 2004-02-25 收到

† E-mail: ljx@itp.ac.cn

(Bernoulli D)首先提出分子运动论,经过克劳修斯、麦克斯韦、玻尔兹曼和吉布斯等四位19世纪伟大物理学家的奠基性工作,直到20世纪初,描述物质平衡态和非平衡态的统计物理学才基本建立起来。20世纪初,以吉布斯引入的系综描述被物理学界广泛接受为标志,统计物理学逐渐分成用系综法描述系统平衡态性质的平衡态统计物理和用分布函数描述系统随时间演化的非平衡态统计物理学两大方向。在被称为物理学世纪的20世纪,这两个方向都得到长足的发展和运用。在平衡态统计物理方面,重要的进展表现在量子统计的建立、合作现象研究的深入开展、相变和临界现象普适规律的发现等。在这方面进展作出贡献的中国物理学家,早期有张宗燧、王竹溪,20世纪50年代有杨振宁、李政道、张承修等人<sup>1)</sup>。非平衡态统计物理方面,主要围绕物理动理学方程<sup>2)</sup>、布朗运动理论、非平衡统计模型等问题,取得了巨大进展。最早参与这方面研究,在国际物理学界取得声誉的中国人,是王明贞和王承书这两位女物理学家。由于各种原因,尽管她们50多年前的学术文章至今仍被广泛引用,国内也相继有介绍她们成就的文章出版<sup>[8-13]</sup>,但她们二人的贡献在国内仍很少为人特别是为青年一代物理学家所知。笔者早就有意写一篇文章,专门介绍这二位先辈物理学家的的工作。值此“三·八国际劳动妇女节”之际,应《物理》约稿,将对她们二人有关研究工作调研所得的一些材料写出,一祝贺现已97岁高寿的王明贞先生节日快乐,二纪念已故世近十年的王承书先生。全文分作四节,在简述20世纪非平衡态统计物理发展概貌的背景后,分别介绍她们对此一学科的具体贡献,最后谈几点感想。期望从事物理学工作的我国青年一代,特别是青年女物理工作者学习二位先辈的榜样,作出更优秀的科学工作。

## 1 20世纪非平衡态统计物理发展概述

20世纪是非平衡态统计物理迅速发展并取得广泛应用的世纪。在此一世纪中,非平衡态统计物理的内容得到极大的充实和扩展。首先,由克劳修斯、麦克斯韦、玻尔兹曼在19世纪创立的分子动理论从仅能处理稀薄单原子气体被发展到能处理固体、液体和气体非平衡输运特性的输运理论,并广泛应用于化学、生物学和化工、航空航天、能源、环境、大气等科学技术领域;其次,布朗运动理论成为非平衡态统计物理的重要内容,使得人们不仅能够精确处理

受随机环境影响体系的运动规律,而且促进了随机过程数学理论与物理学的紧密结合,在天文、化学、生物、通信、计量以及其他领域得到大量应用。

Max Dresden在Brown, Pais与Sir Pippard主编的全面总结20世纪物理学发展的三卷本巨著《20世纪物理学》第8章中,曾把20世纪非平衡统计物理的发展分为1901—1940年、1940—1975年、1975年至世纪末三个时期加以论述<sup>[14]</sup>。三个时期中具有里程碑意义的事件各不相同。第一时期的里程碑事件是布朗运动基本理论方法的确立,计算气体输运系数的Chapman-Enskog展开法的建立,Onsager倒易关系和涨落-耗散定理的提出;第二个时期的突出进展,表现在对玻尔兹曼方程的各种推广,BB-GKY系列动理学方程链的建立,久保亮伍线性响应理论的提出,闭路格林函数方法的使用,布朗运动普遍理论方法的建立和广泛应用。第三个时期的重要标志,在动理学方向是对BBGKY系列方程链研究的降温和经典玻尔兹曼方程研究的重新加强;在布朗运动理论方向是对量子布朗运动和量子朗之万方程研究的兴起;在研究方法上是计算机技术的广泛应用。同时,构成此一时期特征的还有混沌运动的研究,分形理论的应用和非平衡态统计物理向生命科学的深入渗透。

纵观20世纪非平衡态统计物理发展的历程,不难看出动理学理论和布朗运动理论始终是三个时期发展的主线。王明贞和王承书先生正是在20世纪非平衡态统计物理发展的第二个时期,在两条主线的发展中作出了自己的贡献。

## 2 王明贞对布朗运动理论的贡献

1905年爱因斯坦首先对布朗运动提出理论解释之后,朗之万(1908)、Smoluchowski(1906)、Fokker(1914)、普朗克(Planck,1917)等人发展了有关

1)张宗燧1938—1939年在固溶体研究中将Bethe统计模型推广到含次近邻相互作用并导出具有长程序系综的位形数;王竹溪1938年将Bethe的二元合金超格点模型推广为普遍理论,并给出形式普遍解;1952年李政道、杨振宁提出关于相变的两个定理并引入格子气模型;1952年杨振宁导出正方二维Ising模型的自发磁化强度表达式;1952年张承修导出长方二维Ising模型的自发磁化强度表达式,发现临界指数与长方格点时相同,是为临界指数普适性发现之先声。

2)Kinetic theory过去被译为“运动论”或“动力论”,本文按中国物理名词委员会新审定的译法,译为“动理(理)论”。详细说明见赵凯华主编《英汉物理学词汇》北京:北京大学出版社,2002.第1页。

布朗运动的理论,分别提出处理随机过程的朗之万方程方法和描述布朗粒子随机概率函数规律的 Fokker-Planck 方程方法. 在 20 世纪非平衡统计物理发展的第一个时期,利用朗之万方程和 Fokker-Planck 方程研究并解决许多物理实例,但这些实例显得相互孤立. 处理布朗运动的系统理论方法的建立,留给了下一个时期.

从 1940 年到 1975 年的第二个时期内,布朗运动理论研究方面出现了三篇经典性论文. 第一篇是 Kramers 1940 年发表的讨论由涨落环境产生的势场束缚的粒子逃逸概率的文章,这篇文章把朗之万方程与 Fokker-Planck 方程联系起来,提出了一个系统处理布朗运动的 Kramers 方程<sup>[15][3]</sup>. 第二篇是 Chandrasekhar 于 1943 年发表的一篇综述论文,该文系统详尽地总结了有界或无界随机行走过程,对胶体统计实验结果与 Smoluchowski 的理论预言进行了认真比较,并将涨落概念应用于天文学问题<sup>[16]</sup>. 第三篇文章便是王明贞与乌伦贝克的文章<sup>[1][4]</sup>. 在这篇文章中,作者根据王明贞 1942 年在 Michigan 大学的博士论文的部分结果以及他们二人 1943—1945 年在 MIT 辐射实验室理论组从事噪声分析的科学研究,总结了乌伦贝克与 Ornstein 1930 年发表第一篇布朗运动理论综述<sup>5)</sup>以后的发展,集中对高斯型分布随机场中的布朗运动作了系统的分析. 这篇文章对布朗运动理论的基本贡献在于:

(1) 早于他人,详尽完整地给出了耦合谐振子的布朗运动理论结果,对于噪声分析,特别是线性无源电路热噪声分析具有指导意义;

(2) 这篇文章第三节给出了对随机过程最为系统和完整的分类,此一分类已成为所有后续讨论的标准分类,被普遍采用<sup>[14][17]</sup>.

王明贞与乌伦贝克合作的这篇文章,连同前面提到的 Chandrasekhar 的文章,后来被收入 Wax 编辑的一本题为《噪声与随机过程选集》的书中<sup>[18]</sup>,广为流传. SCI 引用统计表明,截止到 2002 年,该文的引用数已达 1300 次以上,而且被引用的时间分布很平,从 1980 年到 2002 年,这篇文章每年都被引用约 20 次以上. 这充分说明了王明贞先生近 60 年前发表的这一工作的科学价值.

王明贞对统计物理的另一贡献,是她第二次赴美工作期间于 1952 年发表的关于非高斯链聚合物分子统计理论<sup>[19]</sup>. 在她和 Guth 联名发表的这篇工作中,将 James 与 Guth 1941—1943 年发表的被高分子科学界誉为“高分子统计理论奠基性工作之一”

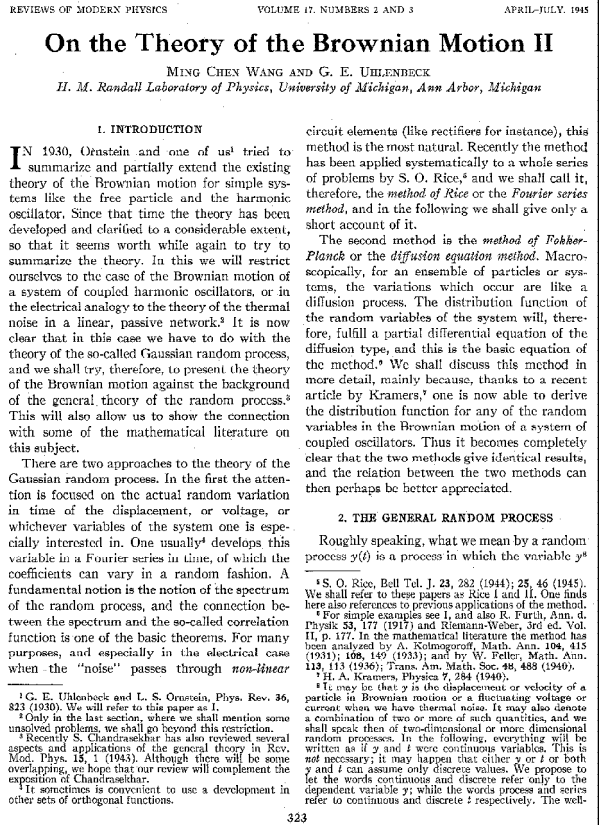


图 1 王明贞与乌伦贝克文章的首页

的计算<sup>[20]</sup>扩展到更困难也更接近实际的非高斯网络情况. 该文发表后,至今仍被引用. 统计表明,对这篇文章的引用频次从 20 世纪 90 年代后明显增多,似与 1990 年后软物质物理研究的兴起有关. 高分子统计理论是 20 世纪统计物理学应用的一大成就,现已成为软物质物理研究的一个核心方向,王明贞是我国物理学家在此方向上开展研究的先驱者.

- 3) Kramer 这篇文章曾长期被科学界忽略,1990 年代以后人们才发现其重要性. 大量物理现象,诸如化学动力学、半导体电子输运、约瑟夫森结、驱动系统中的噪声激活逃逸等等,均可用 Kramers 方程描述. 该文的 SCI 引用统计数已达 3600 次以上.
- 4) 这篇文章是我国物理学家在 Review of Modern Physics 上最早发表的三篇文章之一,其他两篇分别为 Kaufmann A R 与潘孝硕等的“Paramagnetic Alloys Au-Fe and Au-Ni”, Rev. Mod. Phys., 1945, 17: 87; Pauli W 和胡宁的“On the Strong Coupling Case for Spin-dependent Interactions of Scalar-and Vector-Pair Theories”, Rev. Mod. Phys., 1945, 17: 267.
- 5) 指 Uhlenbeck G E, Ornstein L S. Phys. Rev., 1930, 36 823, 乌伦贝克认为王明贞与他的这篇文章是该文的续篇,故有文章标题中之“II”.



王明贞 理论物理学家,1906年10月3日出生于江苏苏州。1926—1930年先入金陵女子大学后转燕京大学物理系学习。毕业后继续在燕京大学物理系工作学习,1932年获燕京大学硕士学位。1932—1938年在金陵女子文理学院数理系任教。1938—1942年赴美在密执安大学物理系作研究生,1942年获博士学位。1943—1945年在美国MIT辐射实验室从事雷达研究。1947—1949年回国任云南大学物理系教授。1949—1952年二度赴美在Notre Dame大学从事理论物理研究。1955年归国后一直在清华大学任物理学教授。

王明贞先生自少年时代开始,为争取妇女解放,经历了种种磨难,自强不息。1955年归国后,由于其他原因,虽不能再继续她擅长的理论物理研究,但她为培养我国物理人才作出了重要贡献,受到学生们的爱戴。文化大革命中,王先生曾以62岁高龄,蒙冤入狱近6年之久,而爱国之心不减。她在90岁生日时所许的心愿是在她“有生之年,两岸统一”。王明贞先生是现尚健在的我国杰出女物理学家中最年长的一位。

### 3 王承书对气体动理论的贡献

气体动理论的发展经历了漫长的历史。1858年,克劳修斯提出平均自由程概念后,麦克斯韦于次年提出分布函数概念并利用平均自由程概念提出输运方程,求得麦克斯韦气体<sup>6)</sup>的输运系数(热导系数、粘滞系数、扩散系数等)。1872年玻尔兹曼提出气体非平衡态速度分布函数满足的非线性微分积分方程——玻尔兹曼方程,证明了有名的H定理并求出了气体平衡态的速度分布函数为麦克斯韦-玻尔兹曼分布。玻尔兹曼方程的提出是非平衡态统计物理理论的重要里程碑。如果能够对其求解,则可求出气体的各种输运系数。然而,由于此方程的非线性,使得求解极为困难。在此之后的约50年中,除了对于麦克斯韦气体之外,没有人能解出这个方程。1912年,德国数学家Hilbert发表文章指出,玻尔兹曼方程等价于第二类积分方程,对于此类方程已有一系列严格的数学理论。在Hilbert工作的基础上,两位青年物理学家,瑞典Uppsala大学的研究生Enskog D和英国格林韦治天文台的Chapman S从1912年至1916年独立开展了玻尔兹曼方程求解的艰苦探索,终于建立了一套逐级求解的办法,被称为Chapman-Enskog展开法。这个方法以Knudsen数<sup>7)</sup>作为小参数展开,取零级近似的分布函数解,可得到理想流体的欧拉方程,取分布函数的一级近似,可得到描述黏性流体运动规律的Navier-Stokes方程和其他宏观输运方程,并求出各种输运系数。1935年,Burnett D得出对应于分布函数二级近似的宏观方程——Burnett方程。Chapman-Enskog方法的建立是20世纪非平衡态统计物理发展第一时期最重要的成就之一,从此开始了气体动理论用于物质输运现象的蓬勃研究。1939年,Chapman和Cowling出版了有关此

一理论方法研究成果的权威著作<sup>[21]</sup>。

但是,由于玻尔兹曼方程只考虑两体碰撞,并作了分子混沌性假定,只适用于稀薄中性单原子气体,不能用于具有长程库仑力作用的电离气体和具有内部自由度的多原子分子气体输运性质的研究,迫切需要对其进行修正。对应于具有长程库仑力作用的等离子体的修正玻尔兹曼方程,首先由朗道于1936年得到<sup>[22]</sup>。而对应于多原子气体的修正玻尔兹曼方程,则是在第二次世界大战后,由王承书和乌伦贝克导出的<sup>[21]</sup>。

王承书于1941年赴美留学。1945年在乌伦贝克指导下获博士学位后,一直与乌伦贝克合作,从事气体动理论与稀薄气体输运性质的研究。从1945年到1956年回国之前,她在非平衡态统计物理领域作出了大量开创性工作<sup>[2-7]8)</sup>,她的贡献主要有:

(1)与乌伦贝克一起,用对分子转动和振动能级作量子力学考虑而分子平动仍保持经典考虑的半经典方法,通过修改玻尔兹曼方程碰撞项,导出适用于具有内部自由度的多原子气体的修正玻尔兹曼方程。用Chapman-Enskog方法解修正方程,研究了多原子分子气体的输运性质,得出单原子分子气体所没有的新粘滞系数-体积粘滞系数,而且发现,多原子分子气体导热系数与单原子气体有显著差别<sup>[21]</sup>。

6)所谓麦克斯韦气体是特指分子间相互作用排斥力正比于分子间距离负五次方的气体,实际气体分子间力并不遵从负五次方律。

7)Knudsen数是气体分子自由程与气体流动的特征尺度之比。

8)王承书所作的有关气体动理论和稀薄流体的论文,离开美国回国之前均为Michigan大学研究报告。这些工作是她回国许多年后由乌伦贝克择其要者正式发表的。文献[2—7]中只列出正式发表的论文及与之相应的研究报告,不包括其全部工作。想要知道她全部工作目录者,可参阅本文末“致谢与致歉”中提到的应纯同教授所译书中的前言。



王承书(1912—1994) 理论物理学家 原籍湖北武昌,1912年6月26日生于上海。1934年毕业于燕京大学物理系,1934—1936年在燕京大学物理系作研究生,获硕士学位。1941年赴美,1945年获密执安大学博士学位。1946—1956年在密执安大学从事气体动理论和稀薄气体输运性质研究,期间两次在普林斯顿高等研究院工作。1956—1958年任中国科学院近代物理研究所研究员兼北京大学物理系教授。1958—1960年任中国科学院原子能研究所聚变研究室副主任。1961—1978年相继担任多种职务,研究和主持研究铀同位素分离。1978—1994年相继任核工业部研究员、核工业部科技局总工程师、部科技委常委。兼任清华大学工程物理系教授和大连工学院物理系教授。1981年被选为中国科学院数理学部委员。1994年6月18日在北京逝世。

王承书是我国杰出的女理论物理学家,1961年后为我国铀同位素分离理论和技术发展、战略武器的研制成功作出了特殊贡献,是我国铀同位素分离理论的奠基人。同时,她热心物理学教育,为国家培养了大量专业人才。

(2)对线性化玻尔兹曼碰撞算子的本征函数和本征值进行了透彻研究,严格证明了麦克斯韦气体情况下线性化玻尔兹曼碰撞算子的本征函数就是索南(Sonine)多项式。尽管麦克斯韦气体本身的物理意义不大,王承书得到的这一严格数学结论对于理解麦克斯韦气体在气体动力学发展史上表现的特殊性,对于理解Burnett为何在求解线性玻尔兹曼方程时引入索南多项式作展开给出了有益的提示<sup>[6]</sup>。

(3)在讨论气体中声波色散时,把计算推进到三级近似,发现麦克斯韦气体的“高矩声波”<sup>[4]9)</sup>。

(4)1948年在稀薄气体输运性质研究中<sup>[3]</sup>,发现了Chapman和Cowling专著<sup>[21]</sup>中热流矢量两个系数表达式的错误<sup>10)</sup>,指出该错误导致钱学森与Schamberg<sup>[23]</sup>在计算空气中声波色散时比实际值小了6—7倍,从而使他们得出色散效应观察不到的错误结论。修正后的结果表明,此一效应应属实验可观察范围。

(5)对激波层厚度等高速空气动力学问题进行开创性探索,引起大量后续研究<sup>[5]</sup>。

王承书的以上贡献,得到国际同行的高度评价和持续不断的引用,引发了大量后续研究,至今不绝。她和乌伦贝克导出的多原子分子动理学方程,被称为王承书-乌伦贝克方程(Wang-Chang-Uhlenbeck(WCU)equation),广泛应用于高温气体、化学流体和原子分子物理研究中。她的研究成果特别是前两项贡献已成为国内、外出版的有关输运理论专著和教材的经典篇章<sup>11)</sup>而长传后世。

#### 4 从王明贞、王承书科学功绩所想到的

二位先辈物理学家半个世纪之前对统计物理所

作出的历史性贡献,无疑使我们对她们产生崇敬之情,同时也令人深思。在旧中国歧视妇女的恶劣环境下,二位女士奋斗不息,在国内取得接受高等教育的权利。之后又通过不懈努力,长期在异国他乡刻苦钻研,终于在理论物理学这一十分困难的所谓纯粹科学领域作出能流传后世的工作,不能不使人敬佩。敬佩之余,自然会问,她们为什么能作出那样好的工作?我们应该从她们身上学习什么?有三点粗浅感想,提出来就教于本文的读者。

##### (1)客观条件与主观努力

彭桓武先生在《学生和先生》<sup>12)</sup>一文中总结自己学习的经验时,说过“学问主动,学友互助,良师鼓励,环境健康”四句话,四句话里一句半话讲主观努力,两句半话讲客观条件。二位王先生能成功,看来也离不开客观条件和主观努力两个因素。从前文的叙述不难看出,她们的客观条件之一是有良师乌伦贝克。乌伦贝克就像他自己的老师,玻尔兹曼的学生 Ehrenfest 当年对待当学生时的他和 Goudsmit 一

9) Grad H 在1963年讨论同一问题时(Phys. Fluids, 1963, 6: 147)没有给出高次矩声波,后来丁鄂江和黄祖洽修正了 Grad 的错误,得出高次矩声波存在的结论。物理学报, 1984, 33: 772; 1985, 34: 65)。

10) 在1952年出版的该书第2版中,专著作者改正了王承书指出的错误。

11) 例如:Chapman 和 Cowling 的经典名著 *The Mathematical Theory of Non-Uniform Gases*, 1970(第3版)的10.331节, 17.6节; Hirschfelder J O, Curtis C O 和 Birds R B. *Molecular Theory of Gases and Liquids* (Wiley 1954, corrected printing 1964)第7章第6节; Cercignani C. *Mathematical Methods in Kinetic Theory* (2nd edition) (Plenum Press, 1990)第3章第5节; 黄祖洽, 丁鄂江.《输运理论》(科学出版社, 1987)的第4章第5节; 应纯同.《气体输运理论及应用》(清华大学出版社, 1990)的第11章第2节等。

12) 刊于《彭桓武诗文集》。北京: 北京大学出版社, 2001. 79—84

nomena: i.e. we will derive theoretical expressions for the coefficient of heat conductivity, which characterizes the stationary heat flux under the influence of a constant temperature gradient and the coefficients of shear- and dilatational viscosity which characterize the stationary pressure tensor which is connected with a stationary hydrodynamic motion of the gas. The special relaxation problems which are connected with non-stationary phenomena as e.g. the propagation of sound waves, will not be considered in this paper.

2. The Boltzmann Equation

The central problem in the theory of the transport phenomena is the determination of the local distribution function

f(c, i; r, t) (1)

which is defined in such a way that f(c, i)dc is the numberdensity of molecules having the velocity c (= u, v, w) in the element dc = du dv dw round c in the velocity space and having an internal state specified by the set of quantumnumbers i. This distribution-function is a "local" distributionfunction, because the constants occurring in the distributionfunction, related to the numberdensity n, the average velocity or mass velocity c\_0 and the temperature T are local quantities i.e. they may be slowly varying functions of position in space r and time t. Thus these variables r, t occur as parameters in the distribution function (1).

These quantities, the local density n, the local temperature T and the local massvelocity, c\_0, can be obtained from the distribution-function by using the relations:

n = integral f(c, i) dc (2a)

n\*c\_0 = integral f(c, i)\*c dc (2b)

n\*u(T) = integral f(c, i)\*(1/2\*m\*c^2 + E\_i) dc (2c)

where C = c - c\_0 is the peculiar velocity, i.e. the molecular velocity relative to the mass velocity and u(T) is the average energy per molecule in equilibrium as a function of temperature.

In general the distribution function has to be determined by solving the Boltzmann equation:

partial f/partial t + r\*V\_c f + F\*V\_f = (partial f/partial t)\_coll (3)

where F represents an eventually present external force acting on the coordinates of the centre of gravity of the molecules only. The expression for (partial f/partial t)\_coll, representing the rate of change of f due to collisions, may be derived as follows:

Consider two streams of molecules with numberdensities f(c, i)dc and f(c\_1, j)dc\_1 respectively and let the initial relative velocity be g = c\_1 - c. The average number of collisions per unit volume per unit time, leading to a change of this relative velocity to the final value g' = c'\_1 - c' being directed in a space angle sin chi dchi dpsi with respect to g and leading to a change of the internal state of the molecules from i, j to k, l is given by

f(c\_i)f(c\_j)\*sigma(g'ij; g'kl) sin chi dchi dpsi dc dc\_1. (4)

The quantity sigma(g'ij; g'kl) is a scattering cross section for inelastic collisions, which has to be determined on the basis of the quantum mechanical theory of collisions, but a more close discussion falls outside the scope of this paper.

It is important that the quantum mechanical analogon of the principle of microscopic reversibility † leads to

g\*sigma(g'ij; g'kl) dc dc\_1 = g'\*sigma(g'kl; g'ij) dc' dc'\_1 (5)

which makes it possible to write for

(partial f/partial t)\_coll = sum\_i sum\_k sum\_l integral [f(c'k)f(c'l) - f(c\_i)f(c\_j)] \* g\*sigma(g'ij; g'kl) sin chi dchi dpsi dc\_1. (6)

The equation (3) combined with (6) represents the Boltzmann-equation for a gas of molecules with internal degrees of freedom. The method

† Note added in 1963. The assumption (5) is only rigorously true in cases where no degeneracy exists. For the particular case of rotational internal degrees of freedom. The spational degeneracy requires a modification of this assumption (compare the investigations of Gioumousis, Heitler and Snider, ref. 7, 8 of the foreword). The modifications appear to have however no further consequences for the final expressions for the transport coefficients.

图2 王承书与乌伦贝克 de Boer 文章中有关 WCU 方程推导部分的缩小复制件

样<sup>13)</sup> 将二位王女士领入玻尔兹曼学派之大道 热情鼓励 潜心教诲 大力扶持<sup>14)</sup> 终使二位成为卓有建树的理论物理学家. 反观现世某些“导师”视学生为工具 将学生科学成绩据为己有之陋行 实乃天上地下. 还有一个客观条件是她们在 Michigan 大学学习衣食不愁 她们都得到了一位对亚洲妇女充满同情的犹太裔慈善家 Levy Barbour 先生所设立的 Barbour 奖学金四年的资助<sup>15)</sup>. 在这样的客观条件下, 二位通过自己不懈努力 终获成功. 关于二位努力的具体情况, 请参阅文献 [8, 10] 所列的《中国科学技术专家传略》理学编, 物理学卷 1, 卷 2 所载之两篇传记 相信读后当有所获.

(2) 赤心报国者志在高远

上面列举的二位王先生的科学成绩, 都是在她们四十岁前所作. 然而, 她们都在自己科学事业处于高峰之际, 不顾当时美国政府的刁难阻挠, 于 1950 年代中期毅然回到经济、生活、科研条件十分困难的新中国. 回国后, 二人均兢兢业业在各自的工作岗位, 或为国育才, 或为国防科研献身. 育才者如烛, 燃尽自身, 历经磨难, 竟至无端入狱六年, 而到老不悔. 献身者如火, 处处发光, 从坐火车译书<sup>16)</sup>, 到为核燃料分离而离家别子, 远赴大漠基地, 成国家功臣而待

13) 指 Ehrenfest 鼓励年青的乌伦贝克 和 Goudsmith 发表电子自旋论文之科学界美谈. 他不仅替他们投稿, 而且在他们怀疑自己做错了要收回稿件时劝阻鼓励他们, 说出了“上帝是允许青年人犯错误的”的名言, 遂有电子自旋的发现.

14) 特指乌伦贝克为王承书工作出版付出的持续努力, 王的多数工作都是乌伦贝克在王离美回国后在自己担任主编的 Studies in Statistical Physics 丛书发表的. 否则, 王的文章只以研究报告存在, 难为学术界广为知晓. 为了让人知道王承书在这些工作中所起的作用, 乌伦贝克在文献 [2] 的前言和 1980 年发表在 Annual Review of Fluid Mechanics 1—9 页的文章中对王的独立贡献多方肯定, 读之令人感动.

15) 曾经在东南亚作过传教士的 Levy Barbour 1914 年在 Michigan 大学设立 Barbour 奖学金, 专门资助未婚亚洲妇女学习研究自然科学, 此一奖学金至今仍在. 看来此奖学金颇重学识, 王承书明告校方自己为已婚之身提出申请, 也获批准. 笔者查阅文献, 发现中国 1931—1945 年在美国获博士学位之女物理学家 除吴健雄一人 1940 年毕业于加州大学外, 其余 6 人皆出于 Michigan 大学物理系 (除二位王先生分别于 1942 和 1945 获博士学位外, 其他四人为: 1931 年的顾静徽, 1932 年的冯丽荣, 1937 年的何怡贞, 1939 年的吴芝芝) 而据江才健所著《吴健雄传》云, 吴当初赴美时拿的也是 Michigan 大学的录取书. 看来 Barbour 奖学金可能是个答案. 驰函询问, 尚未有果, 暂存此说. 有知者若可赐教, 不胜感激.

16) 指王承书 1958—1960 年组织原子能研究所核聚变研究室期间, 曾赴苏联考察, 她利用坐火车的时间译出刚解密的美国磁约束核聚变计划《谢尔伍德计划》一书, 由科学出版社出版后供国内研究者参考.



G. E. 乌伦贝克 [ George Eugene Uhlenbeck ( 1900—1988 ) ] G. E. 乌伦贝克 1900 年 12 月 6 日出生于印尼雅加达 ,1907 年随家回到荷兰海牙。1920 年在莱顿大学毕业后师从 Ehrenfest 研究原子光谱 ,1922 年获硕士学位 ,1927 年获博士学位。在此期间 ,他与同学 Goudsmit S A 因于 1925 年发现电子自旋而名著于学界。1927 年赴美在密执安大学任教 ,1939 年被聘为理论物理学教授 ,直至 1960 年。1935—1939 年期间回到荷兰任 Utrecht 国立大学教授。1942—1945 年在美国 MIT 辐射实验室从事雷达系统研究。二次大战后 ,他回到荷兰 ,相继在莱顿大学和阿姆斯特丹大学任教。1961—1974 任美国 Rockefeller 大学教授 ,1974 年退休。1988 年 10 月 31 日在美国科罗拉多州 Boulder 家中逝世。

乌伦贝克是对 20 世纪物理学发展有杰出贡献的物理学家 ,是一个被人称为“没有得过诺贝尔奖的诺贝尔奖获得者”。他一生以作为 Ehrenfest 的学生和玻尔兹曼的“徒孙”为荣 ,在统计物理特别是动理论和布朗运动理论方面有重大贡献 ,对推动玻尔兹曼开辟的气体动理论发展起了特别重要的作用。

后辈青年如慈母<sup>17)</sup>。还是建议读者读上面提到的两篇传记 ,外加高玉兰所撰颇有文采的一篇有关王承书的文章<sup>[12]</sup>。读之可知何谓爱国 ,何谓有志。报国者猛志常在 ,有志者可达高远。二位王先生成功之道 ,恐在其中。也劝当今一些小有成绩便傲视先辈 ,自以为不得了 ,热衷于把自己当“高价商品”的所谓“优秀人才” ,不妨暂放身价 ,也读一读这两篇文章。读后如能与二位先辈比上一比 ,再扪心自问一番 ,恐怕也会有些益处。

### (3) 攀高峰巾帼不让须眉

发感想总有尽时 ,最后再说一点。二位先辈在理论物理上所取得的成就 ,证明了我中国历史上各族妇女们用自身业绩证明了无数次的一个真理 ,巾帼可胜须眉。中国物理学会女性工作委员会的统计表明 ,我国女物理学工作者的数目在减少 ,颇令人担忧。本人倒是不忧 ,原因是相信“中华儿女 ,代有才人”八个字。六亿巾帼 ,岂无俊才?值此“三·八”国际劳动妇女节之际 ,谨将本文献给在物理学战线上工作的女同胞 ,特别是新一代女物理学工作者们。相信王明贞和王承书二位先辈女物理学家的精神 ,会在你们身上得到发扬光大。衷心祝愿中华女儿在攀登物理学研究高峰中 ,青胜于蓝。

致谢与致歉 致谢者 ,感谢清华大学工程物理系应纯同教授多年来在介绍王明贞、王承书二位先辈生平和科学成就上所做的大量工作 ,尤其感谢他努力收集王承书先生的科学出版物并翻译成书(应纯同与张存镇译《气体运动论——王承书论文选集》,北京 :原子能出版社 ,1994) ,这本印数只有 600 本的书使我读到了在中国任何一个图书馆都难以找全原文的王承书先生的主要论文 ,特此致谢。致歉者 ,本文成稿仓促 ,

为赶“三·八”妇女节排版在即 ,不得不打破“为文不改十遍不示于人”的教诲 ,只改了三遍就匆匆交稿。“为文失审 ,必有错漏” ,明知其弊而为之 ,特预先向读者致歉 ,并望发现错误后不吝指出。

### 参 考 文 献

- [ 1 ] Wang M C ,Uhlenbeck G A. Rev. Mod. Phys. ,1945 ,17 323
- [ 2 ] Wang Chang C S ,Uhlenbeck G E ,De Boer J. de Boer J ,Uhlenbeck G E eds. Studies in Statistical Mechanics ( Vol. II). Amsterdam :North-Holland Publishing Co. ,1964. 241 ; Wang Chang C S ,Uhlenbeck G E. Reports CM-443( 1948 ) ,UMH-3-F and CM-681( 1951 ) U MH-3-F ,University of Michigan ,USA
- [ 3 ] Wang Chang C S ,Uhlenbeck G E. Studies in Statistical Mechanics ( Vol. V ). Amsterdam :North-Holland Publishing Co. ,1970. part I ,Chapt. 1 ;Univ. Michigan Report ,1948
- [ 4 ] Wang Chang C S. Studies in Statistical Mechanics( Vol. V ). Amsterdam :North-Holland Publishing Co. ,1970. Part 1 , Chapt. 2 ;Univ. Michigan Report ,1948
- [ 5 ] Wang Chang C S ,Uhlenbeck G E. Studies in Statistical Mechanics ( Vol. V ). Amsterdam :North-Holland Publishing Co. ,1970. Part 1 ,Chapt 3 ;Univ. Michigan Report ,1948
- [ 6 ] Wang Chang C S ,Uhlenbeck G E. Studies in Statistical Mechanics ( Vol. V ). Amsterdam :North-Holland Publishing Co. ,1970. Part 1 , Chapt. 4 ;Univ. Michigan Report ,1952
- [ 7 ] Wang Chang C S ,Uhlenbeck G E. Studies in Statistical Mechanics( Vol. V ). Amsterdam :North-Holland Publishing Co. ,1970. Part 1 ,Chapt. 5 ;Univ. Michigan Report ,1956
- [ 8 ] 应纯同 ,卓韵裳 ,沈克琦 ,戴念祖主编. 中国科学技术专家传略( 理学编 ,物理学卷 2 ). 北京 :中国科学技术出版社 ,2001. 12—20 [ Ying C T , Zhuo Y S. Shen K Q , Dai N Z eds. Biographies of Chinese Scientists and Technology Experts. Chinese Physicists ( Vol. 2 ). Beijing :Chinese Science and Technology Press ,2001. 12—20( in Chinese ) ]

17)笔者有幸在中国科学院原子能研究所作研究生时 ,于 1966—1968 年期间 ,经段存华同志介绍 ,多次登门向王承书先生请教等离子体跨磁场输运问题。此时的王先生虽已年过半百 ,但她分析问题的清晰 ,思路之敏捷令人钦佩 ,其记忆力也远远超过二十多岁的我。尤为难忘者 ,是她对于后辈学生的我表现出的慈母般的关怀。作此文时王先生已逝世近十年 ,然其谆谆教导后辈之情景 ,犹如昨日。特为记。

- [ 9 ] 应纯同. 戴念祖主编. 20 世纪上半叶中国物理学家论文集粹. 长沙: 湖南教育出版社, 1993. 191—501[ Ying C T. Dai N Z ed. Selected Papers of Chinese Physicists of the First half of 20th Century. Changsha: Hunan Education Press, 1993. 191—501( in Chinese ) ]
- [ 10 ] 诸葛福. 沈克琦主编. 中国科学技术专家传略( 理学编, 物理学卷 1 ). 石家庄: 河北教育出版社, 1996. 516—526[ Zhu G F. Shen K Q ed. Biographies of Chinese Scientists and Technology Experts. Chinese Physicists( Vol. 1 ). Shijiazhuang: Hebei Education Press, 1996. 516—526( in Chinese ) ]
- [ 11 ] 应纯同. 戴念祖主编. 20 世纪上半叶中国物理学家论文集粹. 长沙: 湖南教育出版社, 1993. 782—800[ Ying T C. Dai N Z ed. Selected Papers of Chinese Physicists of the First half of 20th Century. Changsha: Hunan Education Press, 1993. 782—800( in Chinese ) ]
- [ 12 ] 高玉兰. 核科学家的足迹. 北京: 原子能出版社, 1993. 27—49[ Gao Y L. Foottraces of Nuclear Scientists. Beijing: Atomic Energy Press, 1993. 27—49( in Chinese ) ]
- [ 13 ] 诸葛福, 黄更生. 现代物理学知识, 1993( 5 ): 18[ Zhu G F, Huang G S. Knowledge of Modern Physics, 1993( 5 ): 18( in Chinese ) ]
- [ 14 ] Brown L B, Pais A, Sir Pippard B eds. Twenty Century Physics( Vol. 1 ). Bristol & New York: IOP and AIP, 1995. 585—633
- [ 15 ] Kamers H A. Physica, 1940, 7: 284
- [ 16 ] Chandrasekhar S. Rev. Mod. Phys., 1943, 15: 1
- [ 17 ] Risken H. The Fokker-Planck Equation-Methods of solution and applications. Berlin: Springer-Verlag, 1984. 26—28
- [ 18 ] Wax N ed. Selected Papers on Noise and Stochastic Processes. New York: Dover, 1954
- [ 19 ] Wang M C, Guth E. J. Chem. Phys., 1952, 20: 1144
- [ 20 ] James H M, Guth E. Phys. Rev., 1941, 59: 111; James H M, Guth E. J. Chem. Phys., 1943, 11: 455
- [ 21 ] Chapman S, Cowling T G. The Mathematical Theory of Non-Uniform Gases. London: Cambridge Univ. Press ( 1st ed. 1939, 2nd ed. 1952, 3rd ed. 1970 prepared in cooperation with Burnett D )
- [ 22 ] Landau L D. Physik Z. Sowjetunion, 1936, 10: 154
- [ 23 ] Qian H S, Schamberg R. J. Acous. Soc. America, 1946, 18: 334



· 中国物理学会通讯 ·

## IUPAP 女物理工作者工作组 2003 年年会

IUPAP 女物理工作者工作组( Working Group on Women in Physics, 简称 WGWIP )于 2003 年 11 月 10—11 日在伦敦英国物理学会总部举行年会, 这是该组 2000 年成立以来的第 5 次小组会议. 与会者包括来自五大洲 8 个国家的共 10 名小组成员, 以及东道主英国物理学会的女性工作专员. 我国代表、中国物理学会女性工作委员会主任吴令安出席了会议. 会议由组长 Marcia Barbosa( 巴西 )主持. 会议情况主要如下:

( 1 ) M. Barbosa 汇报了 WGWIP 一年来的工作, 主要是组织和评审了资助发展中国家女性参加国际会议的差旅资助基金申请( 共 20 人获得资助, 其中中国 1 名 ).

( 2 ) Judy Franz( IUPAP 秘书长 )汇报了 WGWIP 经费支出与预算.

( 3 ) 各国代表汇报了本国的情况. 我国吴令安介绍了中国物理学界女性工作者的情况. 2003 年中国物理学会女性工作委员会正式成立. 2003 年, 李方华院士获得欧莱雅—联合国教科文组织世界杰出女科学家成就奖, 为广大女性树立了楷模. 近两年来物理学专业女研究生的比例明显上升, 但其中的部分原因是女大学生就业越来越困难.

( 4 ) 会议讨论并决定了 2004 年再次资助参加国际会议的女性, 计划共 25 名, 每人 800 美元.

( 5 ) 会议讨论了如何帮助非洲女物理工作者, 即建立联络网、召开非洲国家女性交流会议、筹集经费等事宜.

( 6 ) 讨论了 2005 世界物理年的准备工作, 将向各国物理学会发信函, 提醒它们各种活动及筹委会应有女性参加. Beverly Hartline( 美国代表 )介绍了在奥地利的预备会议情况, 所建议的国际活动包括: 与物理有关的故事比赛、物理学

史及物理与社会的流动展览、环球光照( 从某点发出一束激光, 第二个点接收到光之后再发送一束光给第三点, 如此下去直到绕地球一周 )、面向小学的“玩具与物理”活动、制作记录历史上当天的物理事件的日历、选拔 2005 名 10 到 19 岁之间的未来物理学家( 男女人数均等 )等等.

( 7 ) 英国物理学会介绍了已开展的有关工作: 资助事业暂时中断的研究人员参加学术会议, 调研事业暂时中断的原因, 组织检查工厂、实验室和大学的工作环境, 收集工业部门女物理工作者的统计数据, 参观那些女生选修物理最多的学校, 促进女中学生参观大学. 为庆祝 2005 世界物理年, 英国物理学会已委托编排以物理为题材的芭蕾舞剧, 拟在足球俱乐部开展相关活动, 在公共汽车上张贴宣传画以及在公园里办大型展览等.

( 8 ) 会议还讨论了 2005 年在巴西举办第二届女物理工作者国际会议的可能性、经费来源、参加人数、会议内容、日程表、特邀报告名单等.

( 9 ) 欧莱雅公司代表向大家介绍了公司资助的各种女科学家基金项目, 并表示将继续赞助 WGWIP 的差旅资助基金, 并且应能资助非洲女物理工作者的会议以及巴西的国际会议.

我国物理学会女性工作委员会成立已有一年, 该委员会的成立旨在让中国女性更多地参与物理学事业, 在公平、和谐的环境中充分发挥才智, 同时也为广大女性物理工作者提供互相交流、互相帮助的平台. 欢迎各位物理工作者关注并积极参与女性工作委员会组织的活动( 详情请访问中国物理学会网站 [www.cps-net.org.cn](http://www.cps-net.org.cn) ).

( 中国科学院物理研究所 吴令安 )