

# 以中国人名命名的物理学名词

秋 埔

(续前)

## 五 卢鹤绂不可逆性方程

去年的七月,《香港新晚报》连续三次发表青子的文章,比较详细地介绍了中国著名物理学家卢鹤绂先生的历史贡献。在这篇题为《揭露原子弹秘密第一人——卢鹤绂与原子弹秘密》文章中,认为卢鹤绂是“第一个揭露原子弹秘密的人”,也是“第一次在国内全面介绍核裂变的实验发现和理论认识及其大规模利用的可能性”的人。该文还介绍卢鹤绂于1946年研究出估算原子弹和原子堆的临界大小的简易方法,“所得结果同后来得知的事实相符合,国际上承认卢氏为第一个公开发表者”。该文认为卢鹤绂在1955年《物理学报》第11卷发表《关于热能中子所致铀二三五分裂时发出的中子数目的讨论》论文,“在世界上这是第一次公开发表用费米气统计模型估算铀二三五核裂变时发出的中子数,比美国黎赫曼全面的计算要早”。文章还说,卢鹤绂赴美担任1979年至1980年度美国康涅尔荣誉访问教授,“这是该校聘请的第17位康涅尔荣誉访问教授,在远东地区他则是唯一的一位。”

如上所说,卢鹤绂在国内外自然享有很高的声誉。特别是以他名字命名的不可逆性方程,在世界物理学史上留下光辉的一页。

### (一) 扩充纳维-斯托克斯方程

英国物理学家斯托克斯(George Gabriel Stokes 1819—1903)从1842年起,相继提出可压缩流体的稳恒流动理论和流体流动的摩擦理论。1845年,他和法国的C、L、M、H、纳维等人分别独立地推导出粘滞流体的动力学方程(被称为纳维-斯托克斯方程),这项基本性的贡献被认为是奠定了传统流体动力学的基础。1851年,斯托克斯推导出固体小球在粘滞流体中以匀速缓慢移动时所受的阻力为  $F = 6\pi\eta av_0$  (式中 $v_0$ 为小球速度, $\eta$ 为粘滞系数, $a$ 为小球半径),这是小球在流体中受重力作用自由降落最终稳恒速度的近似公式,被称为斯托克斯公式。他把连续媒质观点应用于弹性固体平衡及运动理论时,区分了形变与容变两种弹性模量。

然而,斯托克斯提出的理想流体粘滞流动理论,是建立在以第二种粘滞性为零的假设基础上的。因此,在实际运用中存在不少缺陷。长期以来,众多物理学家进行修正工作,但收效甚微。从1950年起,中国物

理学家卢鹤绂全力以赴投入了流体动力学的研究。《现代物理知识》杂志主编吴水清,在《自然杂志》1991年14卷12期发表题为《驰骋在物理世界——记卢鹤绂教授》一文中,详细地介绍了卢鹤绂在这一领域的历史性贡献。据该文介绍,卢鹤绂考察了在流体动力学中影响容变压缩的一切因素,认为除了弹性恢复之外,还有不能恢复的弛豫过程。当流体受到外力作用产生容变以后,决不会一切恢复常态,必然有一部分能量被逐渐退化为废热而不可逆。他指出,把能量耗散只归结为第一种粘滞性、从分子过程来看是不够的。他认为,第二种粘滞性决不为零,只有这样才更符合热力学第二定律。于是,卢鹤绂就在当年发表著名的论文《容变粘滞性之唯象理论》,刊登在中国《物理学报》第7卷第5期上。他在这篇划时代的文章中,提出了容变粘滞性理论,首次推出容变弛豫方程,并对纳维-斯托克斯经典流体动力学方程进行了扩充,以容纳容变粘滞性,取得了能解释声吸收反常现象的结果。

### (二) 首次命名“卢鹤绂不可逆性方程”

第二年,即1951年,卢鹤绂另一篇重要论文《从声现象研究体积粘滞性和压缩性》,在《美国声学学会月刊》上发表,引起了轰动。他在这篇文章中,首次把容变粘滞理论在声学上的应用范围,巧妙地延伸到全部频率,并且详尽地阐述了它的原理以及推算结果。

同年,卢鹤绂在中国《物理学报》上发表了《容变粘滞性与声之速度及吸收》一文,进一步从理论上将适用于一种分子的弛豫过程推广到有几种弛豫过程同时存在的情况。同期杂志还发表了他的《可压缩流体之逃逸函数》一文,从他自己推广了的流体动力学基本方程,导出包括容变粘滞性效应的流体耗散函数。后来,卢鹤绂在《往事回忆》长篇文章中,简略地介绍了自己的研究过程。他说:

“解放后,我推算了比原子核的传统均匀模型更优越的最早期壳模型,首次肯定核半径公式应改为  $R = 1.23 \times 10^{-13} A^{1/3}$  厘米,以《关于核模型》为题,发表在美国《物理评论》1950年2月期416页上。我还进一步研究发展了我的可压缩流体的粘滞弹性理论,我首先把这个容变粘滞性理论在声学上的应用范围从低频率延伸至全部频率,将其原理

及所推算出的结果,以《从声现象研究体积粘滞性和压缩性》为题,发表在《美国声学月刊》1951年1月期12至15页上.这一论文的发表引起了世界有关方面的重视.”“同年,我还在中国《物理学报》1至13页上发表了《容变粘滞性与声之速变及吸收》一文,把这个理论从适用于单一一种分子弛豫过程推广到有多种弛豫过程同时存在的情况.同期杂志上还发表了《可压缩流体之逃逸函数》一文,从我的可压缩流体动力学方程推导出包括容变粘滞性在内的流体耗散函数”.

卢鹤绂精心研究的可压缩流体粘滞性理论,引起国内外强烈反响.1951年,美国著名理论物理学家马卡姆(J. J. Markham)、拜尔(R. T. Beyer)和林赛(R. B. Lindsay)在权威的《现代物理评论》杂志上,发表了题为《流体中声音的吸收》文章,极力推崇卢鹤绂提出的弛豫压缩基本方程,在世界上首次命名为“卢鹤绂不可逆性方程”(见图 a, b) 他们认为:

“在液体中,这个方程比在气体中更复杂,上述的概念必须加以推广,最直接办法中的一个是最近卢鹤绂提出来的.他在这个方法中直接使用了体积,令  $S_0$  为  $-\Delta V/V$  的静态数值,  $S_\infty$  为  $-\Delta V/V$  在很高频率时的

In liquids, the process is more complicated than in gases and the above concept must be generalized. One of the most direct means is that recently presented by Hoff Lu (H13) in which he used the volume directly.

By letting  $s_0$  be the static value of  $-\Delta V/V$ ,  $s_\infty$  be the value of  $-\Delta V/V$  at very high frequencies, and  $s$  be the value of  $-\Delta V/V$  at instant  $t$ , Hoff Lu's equation of irreversibility becomes:

$$d(s-s_0)/dt = (s_0-s)/\tau. \quad (8.27)$$

Using (8.27) one can obtain the acoustical equation of state for a single relaxation process. The assumption is made that the equation holds for liquids and gases. In general, however, (8.27) depends on the thermodynamic path selected.

The approach of Mandelstam and Leontovich (M1) shows an advance in that they relate the problem more closely to thermodynamics.<sup>17</sup> Thermodynamics enters in Eqs. (8.24) to (8.27) only explicitly and these equations do not seem to give a deep insight into the problem. Mandelstam and Leontovich, on the other hand, consider a system with three (in the simplest case considered) independent variables. They select  $T$ ,  $p$ , and  $\xi$ .  $\xi$  is not defined precisely. It may be related to the population of the states or to an internal temperature. Since  $T$  and  $p$  are being used, the thermodynamic function chosen is, the Helmholtz free energy  $F$ .<sup>18</sup>  $F$  is a function of  $T$ ,  $p$ , and  $\xi$ —i.e.,  $F(T, p, \xi)$ . Conventional thermodynamics applies when

$$\partial F/\partial \xi = 0. \quad (8.28)$$

(b) 原文 371 页(局部)

数值,并且令  $S$  为  $\Delta V/V$  即时负值,卢鹤绂不可逆性方程为

$$d(S - S_\infty)/dt = (S_0 - S)/\tau.$$

用这个方程可以得到单一弛豫过程的声学方程.”

(三) 卢鹤绂不可逆性方程永彪史册

卢鹤绂关于弛豫压缩基本方程的一系列论文,很快传到日本和西欧各国,一些权威的专著也纷纷引述.笔者有幸在卢鹤绂先生家中看到,德国巨著《物理学大全》和伯格曼名著《超声学及其在科学技术上的应用》,也引用了他的不可逆性方程.

42 年后的 1993 年,青子在《香港新晚报》上发表文章,称之为“创造贡献”,并证实:

“1951 年后,卢鹤绂先后发表的《从声现象研究体积粘滞性和压缩性》、《容变粘滞性与声之速度及吸收》、《可压缩流体之逃逸函数》等科学论文,引起了世界各地的重视,在欧美各有关专著和刊物文献上都有所引用.”

当本刊主编吴水清向卢鹤绂教授进行书面采访时,曾问他“最满意的科研成果是什么”,他毫不犹豫地回答:“卢鹤绂不可

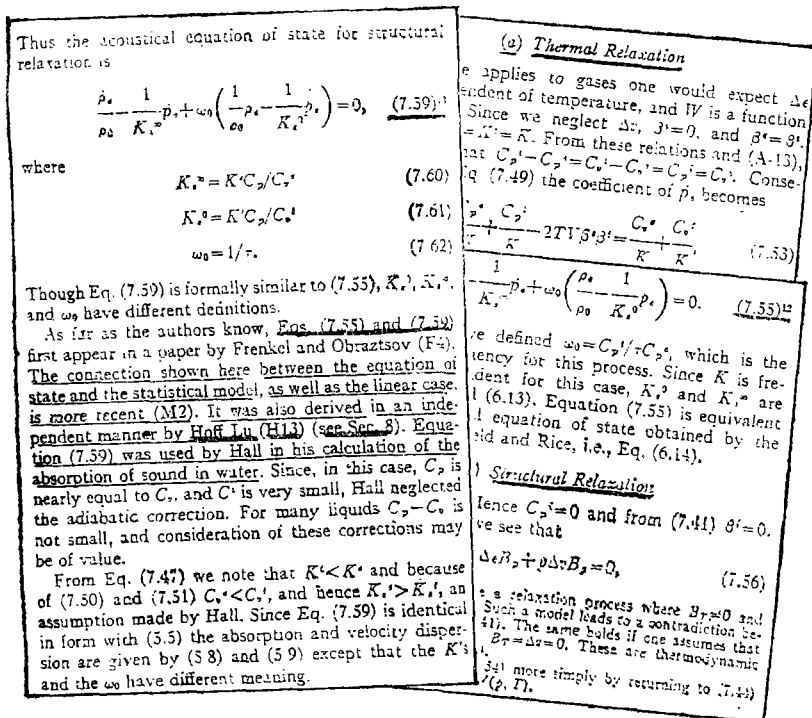


图 美国《现代物理评论》1951 年末期发表马卡姆等人文章评论“卢鹤绂不可逆性方程”  
(a) 原文 367 页(局部)

# 纪念张文裕先生

叶 铭 汉

## 编者按:

叶铭汉先生曾任中科院高能物理所所长,与张文裕先生有过很深的交往。这里刊载的文章,是他在中科院高能所举办的“钱三强、张文裕、朱洪元、萧健四位物理学家纪念会”上的讲话稿,后经作者修改后应约在本刊发表。

张文裕先生离开我们快二年了。他和他的事业永存。他那为中华崛起而奋斗的精神将永远激励无数后来者。本刊发表叶先生文章,以表达我们对张老的怀念之情和永久的思念。

我们敬爱的张文裕先生,我国著名物理学家,中科院高能物理研究所名誉所长,不幸在1992年11月5日离开我们,到今天已经一年多了。他是我国高能物理和宇宙线研究的主要奠基人之一。多年来他孜孜不倦地为建立我国高能物理实验基地而呕心沥血,贡献了他晚年的全部精力。现在北京正负电子对撞机和北京谱仪已经运行了五年,高能物理实验已作出了国际先进水平的成果,我国高能物理实验有了自己的基地,在世界高能物理实验研究中可以说已有一席之地,实现了张先生毕生的心愿。

张文裕先生1910年1月9日生于福建惠安县。1931年毕业于北京燕京大学物理系,1932年获硕士学位并留校工作。1934年考取英庚款公费留学英国,第二年到剑桥大学卡文迪什(Cavendish)实验室攻读博士学位,在导师卢瑟福教授指导下从事核物理研究。由卢瑟福教授领导的卡文迪什实验室,是当时国际上最重要的核物理研究中心之一,核物理研究的一些重要结果都出自这个实验室。张先生在那里工作了差不多四年时间,作出了不少十分重要的核物理实验研究成果。

张先生一开始在该实验室埃里斯(C. D. Ellis)组工作,用不同能量的 $\alpha$ 粒子轰击铝和镁,观察复合核的形成与 $\alpha$ 粒子能量的关系以及所形成的复合核的衰变特性。当时对于原子核的结构还不很清楚,玻尔

(N. Bohr)提出了原子核液滴模型,张先生的实验验证了玻尔的模式。

后来到考克饶夫(J. D. Cockroft)组进行研究工作。大家知道,用加速器产生的粒子来进行核物理研究是由考克饶夫开始的。张先生用加速的氦核来轰击 ${}^7\text{Li}$ ,研究所生成的 ${}^8\text{Li}$ 的衰变机制。实验发现 ${}^8\text{Li}$ 先衰变至 ${}^8\text{Be}$ , ${}^8\text{Be}$ 立即衰变为两个 $\alpha$ 粒子。尽管别人已先用氦核轰击 ${}^7\text{Li}$ ,但未能发现 ${}^8\text{Be}\rightarrow 2\alpha$ 的衰变。

张先生的另一项工作是利用以质子轰击锂、铍和硼所产生的 $\gamma$ 射线和利用以氦核轰击这些靶核所产生的中子来轰击氧、铜、溴、银、铟和镓等,研究 $(\gamma, n)$ 、 $(n, p)$ 、 $(n, \alpha)$ 等反应。当时对于这些反应的研究刚刚开始。张先生发现了一些新的放射性同位素。其中应特别指出的是 ${}^{16}\text{O}(n, p){}^{16}\text{N}$ 过程,张先生首先发现的这一产生放射性同位素 ${}^{16}\text{N}$ 的过程,是现在辐射防护和反应堆设计中的重要问题之一,因为这一反应过程使空气、水带有放射性。可以这样说,张先生在卡文迪什实验室所作的这些核物理实验研究在当时都是最前沿的,开创性的。

1937年7月抗日战争开始,张先生报国心切,立即写信给国内主管英庚款的董事会申请提前回国,但董事会要求他必须获得博士学位后才能回国。1938年底,张先生完成毕业论文得到博士学位后回到祖国。

在四川大学工作了一个短一段时间后,张先生转到昆

## 逆性方程'的论证."

我们认为:卢鹤绂不可逆性方程,在世界物理学史上起着不可磨灭的作用,应当以此感到由衷的自豪。

## 参 考 文 献

- [1] 卢鹤绂,现代物理知识,1992,4(1):25
- [2] 卢鹤绂,莱州文史资料,1990,(4):30—32
- [3] 卢鹤绂给吴水清信,1993,10.27

- [4] 吴水清,自然杂志,1991,14(12):939—940
- [5] 青子,香港新晚报,1993,7
- [6] 沙恩,现代物理知识,1992,4(3):2
- [7] 朱洪元,中国大百科全书(物理卷),1987,7
- [8] 卢鹤绂给吴水清信,1993.11.20
- [9] Markham, Beyer, Lindsay. Absorption of Sound in Fluids 1951