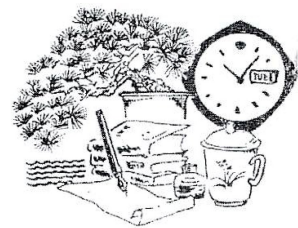


物理学史中的九月

1929年9月5日: 夸克模型建构者
盖尔曼诞生



萧如珀¹ 杨信男² 译

(1. 自由业; 2. 台湾大学物理系 10617)

1932年查德威克(James Chadwick)发现中子,确立原子核是由质子和中子组成后,物理学家认为基本粒子只有四种:光子、电子、质子和中子。第二次世界大战后,新粒子不断地在宇宙线和能量越建越高的新加速器中被发现,看似杂乱无章,令物理学家困惑不已,而出现了“粒子园”之词。盖尔曼(Murray Gell-Mann)经由对称性的考虑,提出夸克假设,得到实验证实,使得组成宇宙的基本粒子美丽、简单有序的景象得以呈现。

1929年9月5日,盖尔曼出生于纽约市曼哈顿,父母是犹太人,来自当时由奥匈帝国统治的乌克兰切尔

诺夫策市(Chernivitsi),育有二子。小时候,年长九岁的哥哥常带他到树林里看动、植物,尤其赏鸟^①,开启他对生物的兴趣。盖尔曼对他父亲有关词源和语言的藏书也深为着迷,播种下他一生对语言学的热爱。

盖尔曼从小过目不忘,聪明过人,有神童之誉。进小学后,便有“活百科全书”的绰号。十四岁就以第一名自中学毕业,随即获奖学金进入耶鲁大学就读。

盖尔曼出生时正逢美国股市大崩盘,引发了世界性经济大恐慌。他父亲原经营一间语言学校,经济大恐慌后不久,语言学校倒闭,只好到一间玩具进口商工作,再转入银行当小职员,薪水非常微薄。盖尔曼说:“我家当时经济非常拮据”。



盖尔曼(图片来源: Wikimedia Commons)

进入耶鲁大学后,盖尔曼的父亲要他主修工程,以确保毕业后有好工作,但他倾向选择考古学或语言学,最后妥协为物理。盖尔曼说:“那是为了博得老人家的欢心”,但他很快发现物理令人着迷。所以他后来说:“我父亲是对的”。

1948年,盖尔曼在耶鲁获得物理学士,再进入麻省理工学院攻读博士,只花了三年,便在魏斯科普夫(Victor Weisskopf)的指导下,完成《偶合强度和核反应》博士论文,时年21岁。他旋即应奥本海默(J. Robert Oppenheimer)之聘到普林斯顿高等研究所。

盖尔曼在1952年1月转赴由费米(Enrico Fermi)主持的芝加哥大学核研究所(今称 Enrico Fermi Institute)。因为费米的关系,那里成了国际物理重镇,是很多年轻物理学家向往的地方,有如20世纪20年代的玻耳研究所(Niels Bohr Institute)。盖尔曼与费米两人研究室且在同一走廊上。

第二次大战结束不久, π 介子、K介子和 Λ^0 重子等相继在宇宙线中被发现,再加上布鲁克海文国家实验室(Brookhaven National Laboratory)的粒子加速器——宇宙质子同步加速器(Cosmotron)建造完成,开启了粒子物理脱离核物理自成一领域的序幕。 π 介子很快被确认为汤川秀树在1935年所假设媒介核相互作用的玻色子,而掀起极大热潮。但K介

子和 Λ^0 重子等则完全令人摸不着头绪。由于它们在云雾室 (cloud chamber) 中留下类V字形的轨迹,即衰变后二个粒子留下的轨迹,所以被泛称为V粒子。

V粒子令物理学家困惑的原因是,它们在宇宙线中出现的机率不低于 π 介子的1%,算是多的,可是半衰期 $\geq 10^{-10}$ 秒,这相对于具强作用不稳定粒子半衰期 $\approx 10^{-23}$ 秒而言是很长的,为什么呢? 20世纪50年代初期所有的粒子物理学家都在问。

盖尔曼及大阪城市大学的西岛和彦 (Kazuhiko Nishizima) 和中野董夫 (Tadao Nakano) 在1953年11月分别对该问题提出了解释,答案是这些V粒子具“奇异性”,而且是可以整数计量的,叫“奇异数”。这个新的量子数,在强及电磁交互作用中守恒,在弱交互作用中则否。所以在宇宙线中经由强交互作用粒子间的相互碰撞可以产生成对的奇异粒子,但这些奇异粒子不能经由强作用衰变,所以半衰期相对长。奇异数的引进,在日后盖尔曼所提出的粒子分类法及夸克模型中,是很关键的一步。

1955年盖尔曼应加州理工学院之聘,成了费曼 (Richard Feynman) 的同事,研究室还相邻。起先两人有合作研究,在1958年发表一篇重要论文,认为弱相互作用应具V-A的形式。不过该想法其实是先由苏达尔山 (E.C.G. Sudarshan) 和马沙克 (R.E. Marshak) 提出的。但时间一久,盖尔曼和费曼之间出现了瑜亮情节,上述论文也成为二人唯一共同发表过的论文。

世界各地的高能加速器,主要在美国,不断地发现新粒子,到了1960年初已逾百个。因此有粒子物理学家怨叹说,多出现一个新粒子,就越显出我们的无知。但许多人坚信,一定存在有深一层的对称性可以将这些众多的粒子连结起来,而成为当时理论物理学家主要努力的目标之一。

终于盖尔曼和以色列物理学家奈曼 (Yuval Ne'eman) 在1961年分别独立地提出了解释,他们的理论经盖尔曼取名为“八重法”(Eightfold way),源自佛教法轮有八根轮辐,但其要义其实跟佛法无

关,只是盖尔曼喜欢耍花样而已。“八”来自盖-奈二人主张8个质量最低的重子和介子分别可对应于SU(3)群的八重表相,就如同质子和中子对应于同位旋 2 SU(2)群的基本二重表相。

SU(3)和SU(2)的不同是因为加入了“奇异数”这个量子数。换句话说,描述在由质子和中子组成的核物理世界中,其理论应该对同位旋空间的转动具不变性 (invariance)。如果强交互作用在SU(3)空间具转动不变性,则观测到的重子、介子及其各种不稳定的共振态都会对应于SU(3)群的某个表相。根据“八重法”理论,除了有对应于八重表相的重子之外,也应该存在有对应于十重表相的重子。1964年,实验上果然发现 Ω^- ,补齐了重子十重表相,是“八重法”理论的一大胜利。1969年盖尔曼也因之获颁诺贝尔物理奖。

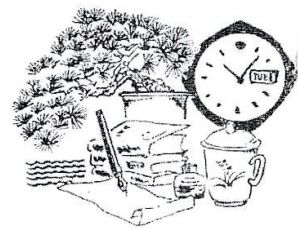
1964年,盖尔曼进一步主张重子可视为由对应于SU(3)群的基本三重表相的次粒子所组成,这些次粒子的自旋为1/2,所带的电荷只为电子的 $\pm 1/3$ 或 $\pm 2/3$ 。当时茨威格 (George Zweig) 也有类似的想法,但论文并没发表。喜欢花样的盖尔曼起先想用鸭的叫声“kwork”来命名夸克,当时他并不太确定这个新词的实际拼法,直到他在乔伊斯 (James Joyce) 的小说《芬尼根的守灵夜》(Finnegans Wake) 中看到“夸克”这个词:向麦克老大三呼夸克! (Three quarks for Muster Mark!),便决定采用。

原先盖-茨均不认为自然界存在有“夸克”粒子,而只当它为一个数学量,但1968年斯坦福直线加速器中心 (SLAC) 的实验显示质子内部有点状物体,间接支持夸克的存在。该实验主要成员并因之获颁1990年诺贝尔物理奖。

在夸克模型中,为了使组成重子的三个夸克波函数不违反泡利 (Wolfgang Pauli) 的不兼容原理,物理学家为夸克引进一个新的自由度“色”,一般以蓝、绿及红辨别之。1973年盖尔曼及弗里奇 (H. Fritzsch)、卢泰勒 (H. Leutwyler) 三人进一步提出以“色荷”为场的源头的规范场论,即为今日强相互作用

物理学史中的十月

1847年10月1日 米歇尔
发现一颗彗星
(译自 *APS News* 2006年10月)



萧如珀¹ 杨信男² 译

(1. 自由业; 2. 台湾大学物理系 10617)

米歇尔(Maria Mitchell)是美国第一位女性专业天文学家,于1847年10月一夕成名,当时她是第一位发现一颗新彗星,并绘制出其轨道,后来成了知名

的“米歇尔小姐彗星”。

1818年,米歇尔出生在美国麻萨诸塞州南土克特(Nantucket)一个贵格会大家庭,父亲是教师,后来

用基本理论“量子色动力学”(Quantum Chromodynamic, QCD)之始。回顾从奇异数、八重法、夸克以至量子色动力学,无处不见盖尔曼的身影,称他为强相互作用理论QCD的“祖师爷”,应是恰如其分。不过也有人指出,历史对盖尔曼相对的好,因为那些理论构想同期也有他人提出。

就如大部分聪明绝顶的人一样,盖尔曼也是个非常自负、自信,脾气不好的人。格罗斯(David Gross, 2019年美国物理学会会长、2004年诺贝尔物理奖)就说过:“当我还是个年轻物理学家时,盖尔曼对我而言,既鼓舞着我,但也令我生畏。他号称通晓一切的一切,而且通常是对的”。

盖尔曼在63岁(1993年)时便自加州理工学院退休,搬到新墨西哥州,积极参与圣塔菲研究所(Santa Fe Institute)的事务与研究活动,追求他年轻时对考古、语言、生物等的热爱,以理解学习和演化等复杂系统及现象的基本原理。他在1994年出版《夸克与美洲豹,简单与复杂中的探险》(*The Quark and the Jaguar: Adventures in the Simple and the Complex*)一书,是他对那些问题多年研究的看法与心得。

盖尔曼一生获奖无数,除了各知名科学奖项之外,也名列1988年联合国500环境保护奖。

盖尔曼在1955年与玛格丽特·陶(Margaret Dow)结婚,育有一女一子,玛格丽特·陶于1981年过世。盖尔曼在1992年再与诗人索斯威克(Marcia Southwick)结婚,但以离婚收场。2019年5月24日,盖尔曼在新墨西哥州的家中安详辞世。

(本文转载自台湾大学科学教育发展中心,网址: <http://case.ntu.edu.tw/blog/>)

注:

- ① 台湾是世界赏鸟最佳的地区之一,1994年4月盖尔曼访台,野鸟协会应他请求,安排了一趟他赴中部赏鸟之旅。
- ② 同位旋(isospin 或 isotopic spin)是由海森堡(Werner Heisenberg)于1932年在中子被发现后,援引自旋的观念所提出,他认为在电荷空间中,也有类自旋的量,叫“同位旋”。在量子力学中,以自旋为 $1/2$ 的电子为例,自旋被量子化后,在任一方向测量它,只能为半整数 $\pm 1/2$ 。海森堡主张,质子和中子是“同位旋”为 $1/2$ 的同一粒子,电荷为1或0只是分别对应“同位旋”不同分量 $\pm 1/2$ 的状态,因为核相互作用对在电荷空间中的转动应具不变性。根据这种想法,也可能有“同位旋” $= 0, 1/2, 1, \dots$ 的基本粒子。