

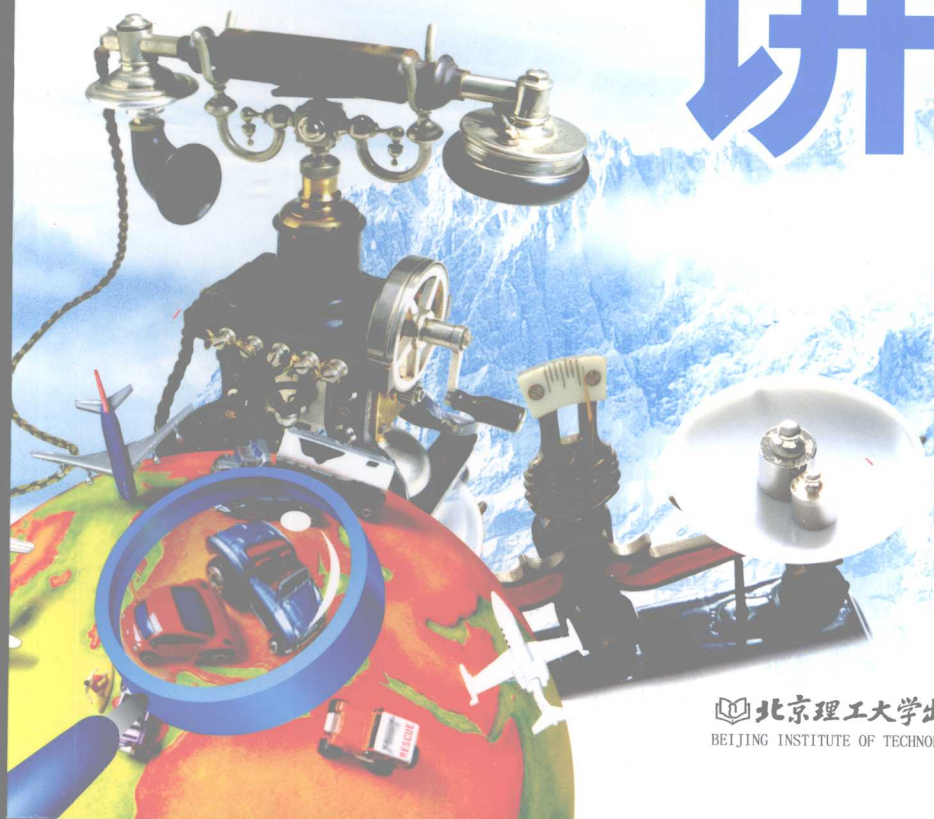
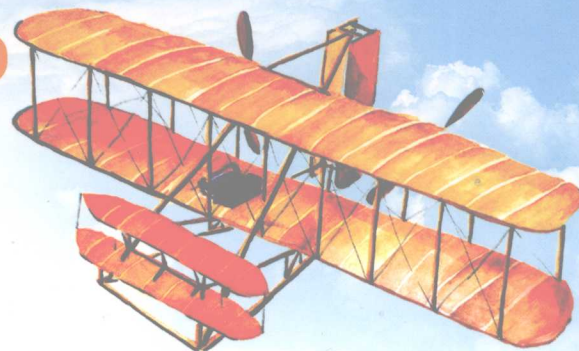
天文、地理、生物、物理、化学……尽在其中

科学家

北京青少年科技俱乐部活动委员会 编著

KEXUEJIAJIANGKEXUE

讲科学



[第4辑]

 北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

天文、地理、生物、物理、化学……尽在其中

科学家讲科学

北京青少年科技俱乐部活动委员会 编著



[第4辑]

 北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

图书在版编目 (CIP) 数据

科学家讲科学. 4/北京青少年科技俱乐部活动委员会编著. —北京:
北京理工大学出版社, 2008. 6

ISBN 978 - 7 - 5640 - 1428 - 5

I. 科… II. 北… III. 科学知识 - 中学 - 课外读物
IV. G634. 73

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 015070 号

科学家讲科学 (第 4 辑)

出版发行 / 北京理工大学出版社

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010)68914775(办公室) 68944990(批销中心) 68911084(读者服务部)

网 址 / [http:// www. bitpress. com. cn](http://www.bitpress.com.cn)

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京圣瑞伦印刷厂

开 本 / 880 毫米 × 1230 毫米 1/24

印 张 / 8. 25

字 数 / 170 千字

版 次 / 2008 年 6 月第 1 版 2008 年 6 月第 1 次印刷

印 数 / 1 ~ 5000 册

定 价 / 25. 00 元

责任校对 / 陈玉梅

责任印制 / 李绍英

图书出现印装质量问题, 本社负责调换

“科学家讲科学”丛书

编委会

主任 王绶琯

编委 (以姓名汉语拼音音序为序)

陈运泰 陈佐忠 范春萍 胡亚东 李宝泉

聂玉昕 王谷岩 吴忠良 尹传红 周琳



前言

王琰珩

小学、初中学生的科学素质培养，关系到“科教兴国”的基础，是目前我国教育和科普工作中的一项重要而艰巨的任务。

两年前在一次科学家茶话会上，几位科学家提出：面对这样的任务，科学界能够做些什么？自己能够做些什么？经过几番讨论，有了一个构想：编写一套适应高小、初中教师和学生的需要、以阐明科学思想和科学方法为主的科普丛书。

目前，高小、初中阶段的科学素质教育，仍是一个需要积累经验、力求完善的课题。为此编写的教材和以介绍博物知识为主的科普读物，一直得到重视并不断有所增益。而以阐明科学思想和科学方法为主的读物，尽管更加贴近素质教育，却相对薄弱。本套丛书的目的就是尝试使这个薄弱的方面得到一些加强。

科学思想和科学方法，有理念的乃至哲学的一面。而实践体验，则必须结合具体的“一事一物”。这使得这方面的科普不同于系统知识和博物性质的科普。但是，科普的内容归根结蒂是出自科学家的工作，而科学家的工作——研究科学，正是针对着“一事一物”运用其科学思想和科学方法的过程。因此，一个科学家，特别是“身经百战”的科学家，对古今科研事例，包括对自身科研经历的体验，梳理一下表达出来，就会是对科学思想和科学





方法很好的普及。

于是我们把编写的方式定为“科学家讲科学”，并以此作为丛书的名称。这种构思得到了北京理工大学出版社的支持。我们陆续组织了不同学科、热心于青少年科普的科学家们草拟结构、分工编写，邀请同行们参加撰稿，并于2004年出版了第一辑作为实验本。现对第一辑进行修订，与其后组织的稿件一同出版，共结成5辑。每辑包括30余篇适于中小学教师使用，并适合于中学生阅读的科普短文。文稿的编撰原则是每篇讲述一项科学知识和过程，并在正文之外加旁注和跋作为导读，着重阐明其中的科学思想和方法，以引发读者思考和探究。

书中文章各自独立，一事一讲，互不牵制。不同学科之间在篇数上保持大致的平衡。文章分两类，一类是新的创作，是主体；另一类是若干科普佳作的直录。两者的正文均保持作者自己的风格，作者以及编者利用旁注和跋以实现导读和提示。

思想和方法都是发展的。我们希望帮助读者领悟，但更重要的是启发读者思考。科学思想和科学方法都是用于科学问题的处理，而处理问题的途径从来都不会是独一无二的，都必须依靠判断和选择。所以我们主张在导读中不但不会回避，而且要尽力表达不同的观点。有了分歧和比较就有了更加宽阔的思考空间，而往往是从思考碰撞出的火花中人们找到了发展的种子。

当前，我国中小学的科学素质教育任重而道远，对教师队伍的科学素养和创造性劳动提出了更高、更迫切的要求。希望这套丛书能够成为奋斗在中小学教育第一线的老师们乐于相携、便于咨询的伙伴。





CONTENTS

录

(第4辑)

创新探索

张青莲教授与元素周期表/郭正谊/1

天地奥妙

日冕物质抛射/汪景琇/10

宇宙深处的迷星/何香涛/18

聆听地球的旋律/陈运泰 吴忠良/21

重量与质量/胡文瑞/25

蝇眼·雷达·计算机/王谷岩/29

生命活动的自动控制/王谷岩/33

探源究理

太阳系空间探测的意义/卞毓麟/37

“毒”草为什么会“变坏”? /蒋高明/46

球状闪电之谜/王龙/52

善事之器

如何知道太阳的内部构造? /林元章/58

用化学研究生命/王谷岩/63

让信息乘上快速“交通工具”

——浅谈调制和解调技术/陈佳圭/68

前瞻溯望

小天文台也能做大事/李元/73

面对自然灾害/陈运泰等/77

人们对光合作用的认识/张其德/82

X射线的发现

——100多年前的一篇记者访问记/郭奕玲 沈慧君/88





科学现在时

用射电望远镜寻找地外文明/王绶琯/95

国际上基因工程发展的几个动向/吴晓东/98

让北京成为一座森林之城/蒋高明/102

弧线球中的物理学/阎守胜/108

太空生活中的科学/李龙臣/112

青霉素变脸/孙万儒/117

体验与启示

科学的责任/张开逊/125

发现我国第一例睡眠呼吸暂停/张开逊/128

警示与反思

中国的科学为什么落后? /吴忠良/130

小明求知

绿色塑料有多绿? /宋心琦/134

光活化农药的故事/宋心琦/136

铁丝在纯氧中燃烧时产生的是“钢花”

还是“碳花”/宋心琦/140

棒冰为什么外面甜里面淡/宋心琦/143

为什么老鼠掉进加有洗衣粉的水中会被淹死? /宋心琦/146

分子计算机的发明也能缓解能源问题/宋心琦/148

行万里路

极地生命面面观/位梦华/149

读万卷书

希望“寂静的春天”永不会来

——读绿色经典《寂静的春天》/刘静玲/164





“我为什么没有发现相对论” / 陈克艰 / 168

献给好奇者的乐趣

——荐《圆的历史：数学推理与推理宇宙》 / 李大强 / 173

专 家 导 游

走进北京自然博物馆 / 王绍芳 / 175

注：文中旁注和后跋（“提示”，
“思考”，“讨论”等）标有“*”号
者为编者所加。



张青莲 教授 与 元素周期表

● 郭正谊

张青莲，1908年7月31日出生于江苏省常熟县支塘镇的一个小康家庭。1922年，当时14岁的张青莲离开家乡，乘船来到苏州读书。考入苏州桃坞中学（现苏州市第四中学）。住校求学，进入初中二年级。

那时学校按中英文讲授的课程分班，由于在入学前读过一年英文专修科，不久，张青莲英文跳了一级，但他在中文班里，老是写不好作文，老师的批语常常是“乏味”两字，有一次作文只得了60多分，勉强及格。到了毕业前一年，校长找他谈话，希望他能利用暑假补习一下功课。张青莲的父亲因此领他拜一位秀才为师。在先生的精心教诲下，张青莲挥汗苦读了两个月，啃完了《史记》等指定的古籍，写了100多篇作文。当他秋季回校后，作文便考了80多分。

桃坞中学英语教学要求学生精读原著，能流利地用英语进行日常的交流对话，因此张青莲在学校求学期间受到了良好的英文训练。桃坞中学的一位外籍牛津大学硕士教张青莲英文，直接就以《旧约圣经》上的文学故事作教材。高三时他还读了《双城记》，这部小说开头一段精练地概括了英法社会酝酿着的变化，那语言是如此的生动传神，竟使张青莲至老未忘。

经过无数个日日夜夜的刻苦学习，在1926年高中毕业离校前夕，张青莲囊括了学校中英文作文两项竞赛的第一名。当时，中文作文竞赛的题目是“为学无止境”，后来这成为他一生治学的写照。



郭正谊：1933年5月26日生，北京市人，在北京大学从事同位素研究，并从事科普写作，任科普研究所研究员，副所长。

广泛的文化修养是从事任何工作的重要基础。

国语和外语都是科学研究所必需的功底。

图1 张青莲像（胡亚东摄）

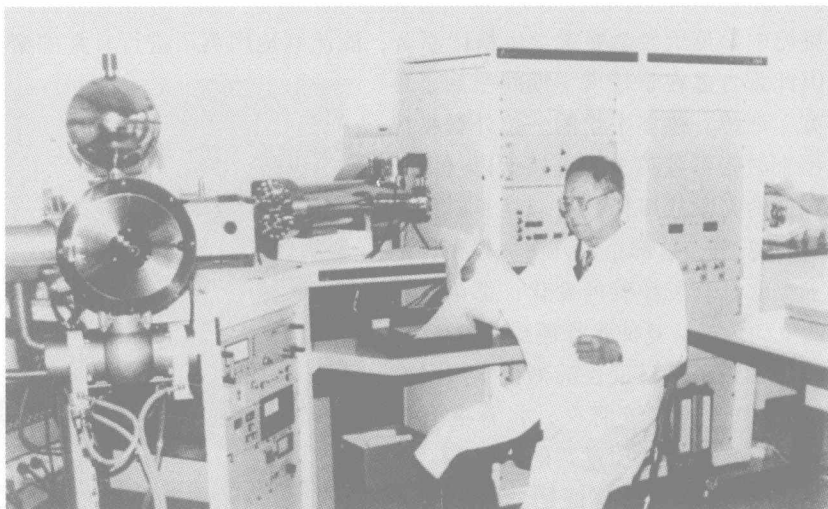




他在中学时就开始了全面发展的学习生活。

图2 张青莲在做质谱实验工作

张先生始终怀念他的中学生活。1992年,苏州市第四中学90周年校庆前,张青莲专程回母校探望师生,在联欢会上,张青莲兴致勃勃地回忆道:“当时我在学校当过干事、秘书、理科级长,这使我的工作得到了锻炼。经验证明,从小学到大学以至研究生阶段的整个学习体系中,高中3年是关键。这时,学科爱好和职业选择已经定向,而道德品质和人生观也基本成型。高中毕业意味着青年人在各个方面已经初步成熟,有一定的独立思考能力,遇到分歧能作判断,遇到困难能去克服。”他深情地回忆道:“桃坞中学的教育,既严格而又活泼。教师着重引导启发,培养学生自学能力。学校还重视劳逸结合,星期天开展各项文体活动,如足球比赛,篮球比赛,游览园林。当时,留园和湖园每年举行春兰夏兰展览会,学校常组织学生前去观赏。”张青莲还向母校赠送了他的专著。应母校的邀请,他欣然挥毫为新落成的实验大楼题词。张青莲中学时代勤奋好学的精神,和他对国家科学事业做出的巨大贡献,正激励着苏州市第四中学如今在校的每位师生。





当年的苏州桃坞中学即圣约翰大学附中。1926 年张青莲高中毕业时因成绩优异，原可免费直升圣约翰大学，但由于 1925 年该校美籍校长侮辱我国国旗，爱国师生纷纷愤而离校并组建私立光华大学。这一爱国行动得到张青莲的支持，他放弃圣约翰免费入学的机会而考入光华大学。他考虑到化学系毕业后，除可在中学谋职外，还可以搞小型化学工业，因而选择了化学。在光华大学他只用 3 年半的时间，就读完了所需的学分，毕业时以第一名的身份获得银杯奖。

大学毕业后，张青莲曾在常熟孝友中学任教（英语）一年。1931 年考入清华大学研究生院，在高崇熙教授指导下完成了研究稀有元素领域的论文 3 篇，最后以优异成绩获得庚子赔款公费出国留学机会，1934 年秋进入柏林大学物理化学系。他师从无机化学家李森菲尔特（E.H.Riesenfeld）。导师根据张青莲已有的科研基础，建议他以重水的研究作为博士论文的题目。他在购得挪威生产的第一批重水商品后，立即开始了重水临界温度的测定研究。当时用的是微量法，石英玻璃毛细管内径 0.3 毫米，恒温器温度要达 645 开。他在导师的指导下，夜以继日地奋力工作，于短期内完成了重水的临界温度的测定。虽然重水的凝固点和沸点都高于轻水，但所测得的重水临界温度却比轻水低 2.7 摄氏度，这似乎是一种反常现象。这个结果于 1935 年春发表在德国《物理化学》杂志上，4 年后为德国另一学者用精密的常量法所验证。

1935 年冬，张青莲收集了柏林和瑞典的雪水样品，首次测出其中半重水及重氧水的含量，结果显示均低于普通水中的含量，且雪中的含量差大于雨中的含量差。在此基础上，通过查阅同位素取代水在河湖、海洋、动植矿物中的含量数据，他首次提出了氢氧同位素在地球各界中的分布理论，对后来的实验及理论研究，有着深刻的影响，这实际是稳定同位素地球化学的奠基之作。

张青莲在两年的重水研究中，共发表论文达 10 篇，这些文章与美国实验室同行的工作构成了早期重水性质研究的经典文献。在发表文章时，李森菲尔特与张青莲都表现出谦让作风，争着把对方的姓名放在自己的前面，体现了师生间在学术上的互相尊重。

1936 年，李森菲尔特受到纳粹迫害，教职被撤销，但张青莲仍坚持跟他

张青莲在清华大学时已经有了良好的实验训练，到德国后就可以驾轻就熟地从事科学工作。





从事研究工作。同年6月,张青莲获得柏林大学博士学位。李森菲尔特被迫离开德国到瑞典皇家科学院物理化学研究所工作,张青莲随同去瑞典作访问学者,又共同工作了一年。他用气体混合物作为同位素混合气体的模拟物,通过膜壁进行扩散分离的研究。

在留学西欧的3年中,张青莲在做研究工作的同时,还从许多权威科学家,如化学动力学创始人博登斯坦(M.Bodenstein, 1871—1942)、诺贝尔奖获得者哈恩(O.Hahn, 1879—1968)等的讲学中得到不少教益。他在柏林聆听了来访的第一流科学家包括诺贝尔奖获得者的学术报告,并在瑞典听取获奖报告;还参观了赫尔兹(G.Hertz, 1887—1975)、斯维德贝格(T.Svedberg, 1884—1971)、西格班(K.M.Siegbahn, 1886—1978)三位获奖者的实验室以及著名的剑桥卡文迪什实验室和巴黎的居里镭学研究所。

张青莲在瑞典时收到当时国内中央研究院化学研究所所长庄长恭的电报,聘其为副研究员。这个聘任是庄长恭从杂志上看到他的文章后决定的,在当时这对于一个素昧平生的青年人来说是很罕见的。由此可见,张青莲在早期的科研工作中已充分显露出他作为科学家的素质和才华。

1937年7月,张青莲取道大西洋、北美洲、太平洋辗转回到上海,时值日本侵华战争初期,化学所被迫停止工作。1939年,昆明西南联合大学化学系聘张青莲为教授,他取道越南赴昆明就职。当时西南联大虽集中了国内众多知名学者,但条件却十分艰苦,科研工作难以开展。然而张青莲和化学系主任杨石先分配给他的两名中英庚款研究助理一起,用从国外带回的110克重水(当时所用的重水正是张青莲从欧洲省吃俭用买回来的,而且一直留用到新中国成立后)和一些石英玻璃仪器,完成了两篇重水性质的论文,其一是首次将测定重水密度时的温度提高到50摄氏度,纠正了当时文献中靠近此温度之下密度有一最大值的假设;同时还完成了有关重水动力学效应的论文两篇。在采用乙醇铝水解法制取纯净的重乙醇时,因昆明海拔高而要测定其正常沸点,他自制了一套恒压器。但当时纯试液只有1毫升,要在标准温度计读数恒定的一刹那读取数据,要求熟练的技巧和有条不紊的操作步骤。他亲自完成了这一测定,首次精确地测得重乙

当时重水是很贵重的化学品。





醇的沸点和密度，此结果已被收入拜尔斯姐《有机化学手册》。

1943年，在战争所造成的艰难困苦条件下，西南联大化学系的所有科研工作被迫停止。当负责中美学术交流的吴有训向张青莲征集论文时，他立即应允在3个月内交出一篇论文。他考虑到，25摄氏度时碘在四氯化碳和水中的分配常数是教科书中引用的一项经典数据；若用重水代替轻水，研究此分配常数的同位素效应，该是一件有意义的事。于是自装一套恒温槽，每两天做一次碘浓度的实验。其中一天准备器材，翌晨自煮一壶开水提到实验室，注入恒温槽中，使水温迅速达到所要求的温度。恒温后转动封管使达平衡，然后取出重水相2毫升、有机相1毫升，用标定过的硫代硫酸钠溶液测定两相中各自的碘浓度，得到轻水重水中分配常数的变异为85:103的结果，如期完成了他自己的许诺。

1946年清华大学迁回北平复校，校内化学馆已被日本侵略军洗劫一空。张青莲在此情况下，仍然坚持科研工作。他和助教首次将重水密度的测量量程提高到95摄氏度，并外延至100摄氏度，所得到精密数据的论文，原按通讯稿投寄英国《自然》杂志，但编辑部却把它转入正文栏，表明这一工作的重要性。

1956年，中国决定独立自主地发展原子能事业，为此成立了专家组，张青莲负责稳定同位素的研究开发任务。于是就在北京大学化学系成立了稳定同位素专业，组建了稳定同位素实验室，招收了以研究生为主的学员加以培训。在张青莲教授的亲自指导下，首要的是培训动手能力，高真空技术，吹玻璃技术……都要找名师教授，再就是查阅国际文献的本事，每个人都作了数千张文献卡片。稳定同位素实验室很快就掌握了各种同位素特别是重水的分析方法，恒温技术可以到万分之五度。1959年，张青莲的研究生独立完成了重水生产用的催化剂的研制和生产工作，经化工部鉴定后决定建立中国第一座重水实验生产厂。1963年，标号为Y5的中国的自产重水问世了。

与此同时，20世纪60年代初，因苏联撤走专家和不再提供技术资料，锂同位素分离工厂一度陷于瘫痪。张青莲应邀到了工厂，在了解该厂情况以后，担任了工厂技术顾问。调来他培训过的研究生参加分离锂同位素的研制任务。终于在1965年冬召开了氘化锂-6成品鉴定会，微带蓝彩的无色透明立方晶

20世纪40年代中国处在非常困难的情况下，科学家们仍能忘我地进行研究，是一种理想的追求。

张青莲在稳定同位素如氘、锂等方面的研究是中国当时唯一的高水平工作，为后来的两弹一星打下了基础。





*真正的科学家从来在名利上看得很淡,他们所关心的是手中从事的工作。

体,这就是氢弹的燃料。不久我国氢弹爆炸试验成功,仅距原子弹爆炸后两年零八个月时间,世界为之震惊。

事隔十余年,香港的报纸上以大半版的篇幅介绍张青莲的科学成就,说中国氢弹的元勋应该有张青莲。问到张青莲先生本人,张先生淡然一笑,接着就讲了一个笑话:一个人吃到第三个馒头饱了,就后悔不该吃前两个馒头,我们就是那前两个馒头,有什么好争的?不要图虚名,要多干实事。

1979年作为中国化学会5人代表团的成员(卢嘉锡、钱人元、黄维垣、胡亚东),张青莲赴赫尔辛基参加第27届国际纯粹与应用化学联合会学术大会,成功地维护了中国化学会在该国际组织中的代表权。在会上作了题为“氢氧同位素丰度测定”的报告。1983年第32届国际纯粹与应用化学联合会代表大会在哥本哈根举行,他以国家代表的资格参加原子量与同位素丰度委员会,在会议上以渊博的知识和精辟的见解赢得好评,被选为衔称委员(Titular member, 1983—1989),他是我国第一个获得此荣誉的化学家。这一学术活动引起了他对原子量质谱测定的兴趣,发展成为他晚期的研究领域。

1985年他曾以题为“从事同位素化学研究工作50年”的文章,对自己半个世纪以来的科研成就进行了总结。但这还不是张青莲教授科研生涯的终结,而此后的科学成就更为震惊世界。那就是新的原子量的精密测定!

关于相对原子质量进行精确测定问题,我们有必要回顾一下历史:

相对原子质量基准的选择是测定相对原子质量的重要基础。回顾一下科学家们走过的路程:最早的相对原子质量基准是由道尔顿提出以氢的相对原子质量1作为基准,接着贝采里乌斯以氧的相对原子质量100为基准,1860年斯达(J.S.Stas, 1813—1891)提出以氧的相对原子质量16为基准,并测定了多种元素的精确相对原子质量,其精度可达小数点后4位数字,与现在相对原子质量已相当接近。这一基准在化学领域沿用了整整一个世纪(1860—1960)。

1919年,阿斯顿制成了第一台质谱仪,随即在71种元素中发现了202种同位素。这使得人们对原子的认识加深了一个层次。

可是在1929年美国化学家乔克(W.F.Giauque, 1895—1982)等人在天然





氧中发现了 ^{16}O 、 ^{17}O 、和 ^{18}O 三种同位素后，使以氧的相对原子质量等于 16 作基准发生动摇。根据阿斯顿的意见，应该用 ^{16}O 为 16 作为相对原子质量的基准，为物理学界采纳，但化学界仍采用天然氧为 16 作相对原子质量的基准。由于基准不一致，因此，物理相对原子质量和化学相对原子质量就不一致，化学相对原子质量略小些，物理相对原子质量 = $1.000\ 275 \times$ 化学相对原子质量。

由于物理和化学关心的对象不尽相同，特别是建立了原子核的质子-中子模型以后，1947 年 T.P.Kohman 建议将具有特定结构的原子核叫作“核素”(nuclide)。质子数相同的核素是同位素 (istope)，中子数相同的核素是同中素 (isotone)，核子数相同的 (但质子数及中子数不同的) 核素是同量异位素 (isobar)。核素的概念已在核物理界普遍使用。但在化学界因以元素为主要研究对象，所以仍然习惯于将同位素与核素通用。

1979 年国际相对原子质量委员会提出新定义：一种元素的相对原子质量是“该元素 1 mol 质量对同位素 ^{12}C 1 mol 质量 $1/12$ 的比值”。即相对原子质量的真实含义是元素的相对原子质量，元素的平均相对原子质量是元素各核素的相对原子质量与其百分含量 (丰度) 乘积的加和。地球上元素的天然同位素分布并非恒定，元素相对原子质量并不是自然界的一种常数，国际相对原子质量委员会 (ICAVV) 根据地球上天然来源试样的测定结果，一般每两年公布一次新的国际相对原子质量表，这是世界各国化学家们的共同贡献。

现代测定相对原子质量的方法主要有化学方法和物理方法 (质谱法)。用质谱法测定相对原子质量精度高，所以现代相对原子质量几乎都是由质谱法测定。

质谱分析时用 $^{12}\text{C} = 12$ 为标准；另有 ^1H ， ^2D ， ^{16}O 为主要副标准：

$$^1\text{H} = 1.007\ 825\ 037\ (10)$$

$$^2\text{D} = 2.014\ 101\ 787\ (21)$$

$$^{16}\text{O} = 1599\ 491\ 464\ (5)$$

用质谱法测定原子量是最准确可靠的方法。首先是绝大多数的元素都有几个同位素，要测定元素中的同位素的百分含量 (丰度) 就要用质谱法，而每种同位素的相对原子质量也是用质谱法测定最准确，这样人们在确立了 ^{12}C 标准

同位素在周期表中处于同一个位置，如 ^1H 、 ^2H 、 ^3H 等。





张青莲教授在做科学研究时,事无巨细都要亲自动手,值得我们学习。

后,不断修订新的原子量。但这也不是一帆风顺的,绝不是有一台精密的质谱仪就可以测定出准确的原子量来。

张青莲教授分析了前一段原子量测定的事实,1990年决定开始对一些元素的原子量进行精密测定。

张青莲教授自己讲:首先是要有一个明确的理念,然后是准备实验对象的原材料,(到化学试剂商店买来的试剂是不能作试样的)应该是有产地保证书的原产材料,而且要有3~5个不同来源的材料;然后是设计精密的实验将原产材料转化成可供质谱计分析的试样。这是最困难的一步,第一,原产材料样品的量很小,一般最多在500毫克左右(富集同位素),不仅要除去杂质,还要防止丢失主要的元素。第二,更重要的是,如果原产材料中含有同量异位素的元素,就一定要把这种“干扰”元素剔除干净。只有这一步完成了,才能开始准备元素原子量测定,而这一切前期的工作,都由张青莲教授自己设计、实施,并由北大化学系的钱秋宇教授完成其中的精密化学工作。

10多年来张青莲教授共测定了10个元素的原子量新值,已经载入元素周期表中作为中国科学家的贡献。

张青莲教授测定的10个元素的新原子量值

元素	原子量新值	被取代的旧值	论文发表 年代(年)	国际确认 年代(年)	注
In	114.813 (3)	114.82 (1)	1991	1991	首次采用我国测值,非校准法 与 Heumann 并列,非校准法
Ir	192.217 (3)	192.22 (3)	1992	1993	
Sb	121.760 (1)	121.757 (3)	1993	1993	校准法
Eu	151.964 (1)	151.965 (9)	1994	1995	校准法
Ce	140.116 (1)	140.115 (4)	1995	1995	校准法
Er	167.259 (3)	167.26 (3)	1998	1999	校准法
Ge	72.64 (1)	72.61 (2)	1999	1999	校准法
Dy	162.500 (1)	162.498 (3)	2001	2001	校准法
Zn	65.409 (4)	65.39 (2)	2001	2001	校准法
Sm	150.363 (8)	150.36 (3)	2002	2005	校准法

