

吴有训的科学贡献

THE SCIENTIFIC CONTRIBUTIONS OF WU YOUXUN

• 吴有训科学论著、讲演、文稿、谈话集 •

SCIENTIFIC PAPERS, LECTURES AND TALKS OF WU YOUXUN

郭奕玲 沈慧君 编

鹭江出版社

〔闽〕新登字 08 号

吴有训的科学贡献

• 吴有训科学论著、讲演、文稿、谈话集 •

郭奕玲 沈慧君编

*

鹭江出版社出版

(厦门市莲花新村香莲里 15 号 邮编 361009)

福建省新华书店发行

福建省地质印刷厂印刷

(福州市塔头路 19 号 邮编 350011)

开本 787×1092 1/16 15.5 印张 10 插页 349 千字

1997 年 7 月第 1 版

1997 年 7 月第 1 次印刷

印数: 1—1300

ISBN 7-80610-535-2
N·1 定价: 53.00 元

如有发现印装质量问题请寄承印厂调换

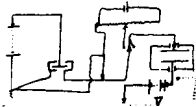


吴有训教授
(1897—1977)

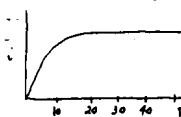
Electrometer more sensitive as regards potential
Electroscope " " to current.

- (c) Ionization Chamber.
1st. Construction.
2nd. Absorbing gas in chamber.

- (d) Arrangement of the Apparatus



- (e) i against V



- 1st. $>1V$ $i \propto V$
2nd.
3rd. saturation current i_s
 $V =$ saturation voltage.
4th. For uniform ionization,
 $i_s \propto$ mass of the gas

5. Gases ions.

- (a) Loss of ions by Recombination, action of E and Diffusion.

- (b) Recombination $\propto n_+ n_- = n^2$ $d =$ Coef. of Rec.
If no E & D, $\frac{dn}{dt} = -q - dn^2$ $q =$ no. of pairs formed per cc per sec.
For steady state, $\frac{dn}{dt} = 0$, $q = dn^2$

Name

47

the electron gas in Ag at $T=300^\circ K$, we find [assuming one free electron for each atom ($n_+ = 5.84 \times 10^{22}$)] by (6) that A is about 2300; in this case, therefore, the gas is degenerate to a high degree. Thus we must use (5), but even this gives the still high value $A \approx 210$. The electron gas in metals is therefore in all cases highly degenerate - its properties are essentially different from those of an ordinary gas.

The most important characteristics of the Fermi-Dirac distribution in form $F(\epsilon)$ are the slightness of the dependence of $dN/d\epsilon$ temp. & the occurrence of zero-pt. energy. The latter is closely connected with the Pauli principle. In this state each cell can only have a single occupant; in the state of lowest energy, all the cells of small energy are occupied, and the limit of filling up of the system of cells is given by the no. of cells. We characterize this limit by the momentum p_F of the cell, up to which the filling up reaches; it is found from the formula for the no. of cells:

$$2 \frac{4\pi p_F^3 V}{3h^3} = N \quad \left\{ \begin{array}{l} \text{For W, } \epsilon_F = 5.77 \text{ eV} \\ K, \epsilon_F = 2.10 \text{ "} \end{array} \right. \quad \left\{ \begin{array}{l} \text{assuming one free} \\ \text{electron per atom} \end{array} \right.$$

or $p_F = h \left(\frac{3N}{8\pi V} \right)^{1/3} = h \left(\frac{3n}{8\pi} \right)^{1/3}$

The limiting energy ϵ_F is then given by

$$\epsilon_F = \frac{p_F^2}{2m} = \frac{h^2}{2m} \left(\frac{3n}{8\pi} \right)^{2/3} = 5.77 \times 10^{-19} \text{ ergs} = 3.63 \times 10^{-19} \text{ ergs}$$

thus we can put approximately

$$d = -\frac{h^2}{2mkT} \left(\frac{3n}{8\pi} \right)^{2/3} = -\frac{\epsilon_F}{kT}$$

The distribution form, which is approx. valid for large values of A , i.e. for low temp., is then

$$F(\epsilon) = \frac{8\pi V}{h^3} \frac{(\frac{2m}{h^2})^{3/2}}{e^{(\epsilon - \epsilon_F)/kT} + 1}$$

I. Conduction of Electricity thru gases.

1. Gases in the normal state
C.T.R. Wilson's expt. Loss of charge per sec. $= 10^{-6} V$, V being the vol. of the vessel. [$q_m = 5.4 \times 10^{-18} q_e$]

2. Ionizing Agent: X-rays, radioactive subs, etc.

3. Ionization theory of Gaseous conduction.

- 1st. Convey of current by gaseous ions moving in opposite directions.
2nd. Diff. bet. electrolytic & gaseous conduction.

4. Measurement of ionization.

- (a) Principle $\therefore q = C \cdot V$
 $i = \frac{dq}{dt} = C \cdot \frac{dV}{dt}$

- (b) Measuring Instruments.

- 1st. Electrometer

$$\text{Theory: } \phi = k(T - T_0) \left(V_N - \frac{T + T_0}{2} \right)$$

$$\sim V_N T_N$$

$$\text{Calibration: Measure } C \dots \text{ (Arrange for getting } T_N)$$

$$C = \frac{q}{V_N} \text{ (Average for getting } T_N)$$

$$\text{General Results} = \text{plot}$$

More sensitive types:

- 2nd. Electroscop

Calibration of Wilson's Tilted Electroscop

- 3rd. Comparison of Relative sensitiveness of the Electrometer and electroscop.

48

- (c) Thermionic Emission on the basis of the new electron theory. (Sommerfeld.)

According to the Fermi-Dirac statistics, the velocity and energy distribution laws are given by

$$dN = V d\mathbf{v} = 2 \frac{4\pi V}{h^3} \left(\frac{2m}{h^2} \right)^{3/2} \epsilon d\epsilon \quad (1)$$

$$= 2 \frac{4\pi V}{h^3} \left(\frac{2m}{h^2} \right)^{3/2} \frac{1}{2} \sqrt{\frac{2m}{h^2}} v^2 dv \quad (2)$$

where $N =$ no. of particles in V , and $n =$ no. per unit vol. and $\epsilon = \frac{1}{2} m v^2 = E_{kin}$. Also

$$dN = F(\epsilon) \epsilon d\epsilon$$

$$\therefore F(\epsilon) = 2 \frac{4\pi V}{h^3} \left(\frac{2m}{h^2} \right)^{3/2} \frac{1}{2} \sqrt{\frac{2m}{h^2}} \quad (3)$$

The constant α or more usually $A = e^{\alpha}$ is called the "degeneracy parameter". If α is very great, and therefore A very small (compared to 1), we can neglect the 1 in the denominator. A is determined from the cond.

$$\int dN = \int F(\epsilon) \epsilon d\epsilon = N = n_+ V$$

In this case we find ($A \ll 1$)

$$A = \frac{2\pi^2 (2mkT)^{3/2}}{h^3} \quad (4)$$

and

$$dN = 2 \left(\frac{4\pi V}{h^3} \right) \left(\frac{2m}{h^2} \right)^{3/2} A e^{-\frac{\epsilon}{kT}} \epsilon d\epsilon$$

i.e. passes over into the classical statistics.

In the case when $A \gg 1$, we find an approximate expansion of the form

$$\log A = -\alpha = -\frac{\epsilon_F}{kT} \quad (A \gg 1); \quad (5)$$

this is the case of degeneracy of the electron gas. For

手。茲將并擬定下列辦法：
 一、于決定購買儀器具後，由主任代買
 生費。批發之款，由全折合美金
 或美金法，由清華全計科匯寄。
 （代買總數不得過一千五百美金）
 查其不減實可靠，留任本系助
 教，照所批辦法，實可為本系節
 省經費。特函請准本系托其

（用全簡） 中華民國三十四年十月八日

廷聖者本系因教授應用光學，
 擬購置德製光學儀器數件，
 藉作表演之用。本系畢業生
 龔祖同君（留美公費生）現任德
 習應用光學，由兵工廠派赴德國
 工廠實習，批其君來信，
 以此彼購買，除折扣外，尚可
 登記易克，則實所尚不及定作之

（用全簡） 中華民國三十四年十月八日

君代購應用光學儀器數件
 共值不過國幣千元，再由校
 中寄還龔君。如何希
 示復為荷。此致
 梅校長
 主任吳有訓
 十月八日

（用全簡） 中華民國三十四年十月八日

吳有訓的中文手迹

（一封关于购置仪器的信件）

这是吴有训作为清华大学物理系主任于1936年10月8日写给清华大学梅贻琦校长的亲笔信，申请批准托龔祖同在德国购买光学仪器之事。

龔祖同(1904—1986)，1930年清华大学物理系毕业后，留校任助教，1933年考取第一届留美公费生，1934年赴德国留学，擅长光学设计，后来成了我国著名光学专家。

正之我师 敬正

杨振宁谨呈 一九六二年一月

年前晤 A.H. Compton 教授。他问我师近况何如，并谓我师是他一生中最为得意的学生。

著名物理学家、诺贝尔物理奖获得者杨振宁教授在寄送自己的新著《基本粒子发现简史》(Elementary Particles — A Short History of Some Discoveries in Atomic Physics, Princeton, 1962) 给老师吴有训先生时，在书的扉页上写道：

正之我师 敬正

生 振宁谨呈

一九六二年一月

年前晤 A. H. Compton 教授。他问我师近况何如，并谓我师与 Alvarez 是他一生中最得意的学生。

阿尔瓦雷斯 (L. W. Alvarez, 1911—) 是著名美国高能物理学家，1968 年因在高能物理方面的贡献，特别是通过发展氢气泡室和数据分析技术发现许多共振态而获得诺贝尔物理奖。他于 1932 年从芝加哥大学物理系毕业，留校继续攻读研究生，1934 年获理学硕士学位，1936 年获博士学位，导师就是康普顿。他在当研究生期间跟随康普顿研究宇宙射线，和其他人一起发现了宇宙射线的东西效应。阿尔瓦雷斯成果卓著，深受康普顿喜爱。

前 言

这本书取名为《吴有训的科学贡献》，有两方面的含意：一方面是指吴有训本人在科学研究中对科学的直接贡献，他在康普顿效应和 X 射线散射方面的工作是有历史意义的；另一方面是指吴有训对中国科学事业的贡献。他以毕生精力致力于我国科学人才的培养和科学机构的建设，为后人留下了许多宝贵的经验。本书上编的内容主要是吴有训发表的科学论文。这些论文曾经以英文发表，编者将其译成中文，并适当作了说明。这些说明除了以脚注的形式出现，还采用附录的形式，以便读者阅读和了解其历史背景。本书下编的内容主要是吴有训对科学人才培养、科学研究的指导思想、科学研究工作的规划和管理等方面所写的文章、报告和谈话，编者也在脚注和附录中作了说明。所以，本书正文基本上都是吴有训本人的作品。在这个意义上，本书实际上是又一本吴有训文集，也可以说是同时出版的《吴有训论文选集》的姊妹篇。因此，我们在这本书上加了一个副标题——《吴有训科学论著、讲演、文稿、谈话集》。

本书名为《吴有训的科学贡献》，却在很多地方涉及到其他科学家的贡献。因为吴有训在为科学作出贡献时，并不是孤立的一个人。要说清楚吴有训所作的贡献，就必须首先说明康普顿效应的发现经过和发现康普顿效应的历史意义。我们的体会是：要认识一位科学家的贡献，不能孤立地只提他一个人的工作，而应该把他放在历史的长河和社会的大环境中进行分析。从整个过程来看，对康普顿效应的研究起过重要作用的科学家可以列举出一大串名单，吴有训只是其中的一位。中国人和国际上著名的科学家在文献上并列，这在 20 世纪末的今天早已是十分平常的事，可是，那是在 20 世纪二三十年代，中国人刚刚进入现代科学的领域。吴有训，这位初登科坛二十多岁的中国学者，没有辜负全国父老的嘱托，奋发图强，作出了让外国人惊讶的业绩，显示了中国人的聪明才智，大长了中国人向科学进军的士气，开了中国人通向科学高峰的先河。由于这是最早的最突出的事例之一，特别值得后人永志不忘，因此有必要比较突出地、但却是恰如其分地介绍我们这位科学前辈的事迹，以便后人从吴有训对科学所作出的贡献得到启迪，获取动力，受到鼓舞，努力实现他那一代人梦寐以求的理想！

康普顿效应的发现是现代物理学发展中的重大事件，大学物理教材一般都会涉及有关的内容。很多物理教师在讲授这一课题时都要提到吴有训的工作，但往往苦于找不到确切的资料，只能人云亦云。希望这本书能起到为广大物理教师提供原始素材的作用。

为了尽可能客观，我们比较多地引述了外国科学家的述评。值得指出的是，科学家在评述别人的工作时，通常都是就事论事，极少夸张不实之词。也许读者觉得过于平淡，然而这就是科学界惯用的语言。

吴有训是中国现代科学的开创者之一。我们这本书对他在科学和科学事业上的贡献，研究得还很不够，有待进一步深入。

编 者

1996 年 10 月

吴有训的科学生涯

吴有训是我国著名的科学家、教育家和社会活动家。他以毕生精力致力于物理学研究、科学人才的培养和科学管理工作,对我国科学和教育事业作出了重要贡献。

吴有训,字正之,1897年4月26日生于江西省高安县东南8公里处的石溪吴村的一个商人家庭里。幼年在私塾读书,1912年进高安县的瑞州中学,后随学校并入江西南昌第二中学,1916年以优异的成绩毕业于南昌二中,同年考入南京高等师范学校理化部,在那里受教于刚从美国哈佛大学归国的胡刚复。胡刚复曾从事X射线研究,熟悉国际上物理学发展动态。吴有训在胡刚复的指导下,对X射线有了基本了解,为后来的发展打下了良好基础。由于在农村养成了勤劳朴实的作风,他对动手实验有浓厚的兴趣,在实际工作中表现出超群的才能;同时他对学习锲而不舍,有顽强的钻研精神。1920年从南京高等师范学校毕业,回江西在南昌二中任教,后又到上海中国公学担任短期的物理教员。在胡刚复的指点下,1921年他以优异的成绩考取了江西官费留学,1922年1月赴美入芝加哥大学学习。

吴有训在芝加哥大学赖尔森(Ryerson)物理实验室师从著名物理学家A. H. 康普顿(A. H. Compton)。正好这时康普顿刚刚发现光子与电子相互作用的康普顿效应,并且遇到了一些学术上的争论。吴有训配合康普顿,对康普顿效应进行了大量研究。他在1925年以题为《康普顿效应》的博士论文获得了博士学位。随后,在芝加哥大学继续进行研究工作。他以精心的实验、细致的研究和严密的分析,为康普顿效应的确认作出了如下几项重大贡献:

1. 证明了康普顿效应的普遍性。吴有训做了多种物质的X射线散射曲线,证明只要散射角相同,不同物质散射曲线中的变线极大值的偏移与物质成分无关。

2. 驳斥了对康普顿效应的各种否定。由于经典物理学的观念根深蒂固,康普顿效应一经提出,就遭到人们的怀疑和非难。有人认为实验证据不够充分,有人提出别的实验结果,作出新的解释,企图否定康普顿效应的真实性。正在这个关键时刻,吴有训针对这些错误论据进行了一系列的实验研究,他和同事们一起,以大量确凿的事实驳斥了诸如“三次辐射”、“箱子效应”等反对意见,终于使康普顿效应得到了确证。详情可阅本书的附录一和附录二以及有关的译文。

3. 发展了X射线散射理论。吴有训测定了不同物质对X射线的散射中变线和不变线之间的强度比随原子序数变化的关系,证明康普顿效应中的不变线确是由于散射过程中电子获得的能量不足以使它脱离原子所引起,从而为进一步探明康普顿效应的机理提供了实验依据。他还对X射线受单原子气体、多原子气体以至于受晶体的漫散射提出了创见,为深入研究X射线散射作出了自己的贡献。

康普顿效应的发现是近代物理学发展过程中的一个里程碑。1927年康普顿因发现康普顿效应荣获诺贝尔物理奖,而吴有训也因此闻名中外。德国哈莱(Halle)自然科学院

推举他为院士,并颁发了荣誉证书。吴有训的工作得到了他的导师康普顿的高度评价。康普顿晚年曾对著名物理学家杨振宁说:他一生两位最得意的学生就是吴有训和阿尔瓦雷斯(L. W. Alvarez),他始终不能辨别他们两人谁的天分更高(请参阅本书前言前面杨振宁教授给吴有训先生寄赠新著时的手书)。

当时中国正处于半封建半殖民地的年代,落后挨打受欺负,有的中国人也妄自菲薄,瞧不起自己。吴有训却奋发图强,在世界科学发展的前沿上取得了优异的成果,使外国人刮目相看。他的工作说明了中华民族在科学上是能够屹立于世界民族之林的。

通过博士论文答辩后,吴有训作为康普顿的助教留在芝加哥;但他回国心切,谢绝了康普顿的恳切挽留,毅然放弃国外优越的工作条件和待遇,于1926年秋回到中国。

吴有训回国后,先在江西南昌筹建江西大学,1927年8月受聘为南京第四中山大学物理系副教授兼系主任;1928年经叶企孙推荐任清华大学物理系教授,1930年因叶企孙出国休假,任物理系代系主任,1934年被正式任命为物理系系主任,1937年2月又接叶企孙任理学院院长。吴有训和叶企孙一起,在很困难的条件下,坚持一面教学,一面开展科学研究,使清华大学物理系在很短的时间里走向正轨,逐步形成初具规模的物理学基地。

叶企孙和吴有训在清华大学提倡重基础,重质量,重启发、忌灌输,理论与实践并重,民主办系,团结协作,形成了一套卓有成效的教学方针,为我国高等理科教育的发展提供了很好的经验(详见本书下编《清华大学理学院概况》与《清华大学物理系概况》两文)。

1937年抗日战争爆发,身为理学院院长的吴有训和几位学校负责人一起,率领学校师生员工南下西迁。清华大学与北京大学和南开大学在长沙组成临时大学;不久又西迁云南昆明,更名为国立西南联合大学。吴有训出任西南联合大学理学院院长兼清华理学院院长及物理系主任等原职,直到1945年8月抗日战争胜利。他在抗日战争年代里负责筹建清华金属研究所,并兼任所长。在极其困难的条件下,吴有训带领一批同事,齐心协力,艰苦奋斗,竟在一年左右的时间里就使研究所初具规模,开始研究工作。他为我国金属物理学学科培植了一批优秀骨干人才,从而为以后的发展奠定了坚实的基础。

在抗战时期吴有训还坚持开展物理学会活动。在他主持下,中国物理学会工作始终不辍,这些活动不仅大大活跃了战时我国西南地区物理科学的学术交流,更向世界展示我国科学和教育工作者团结抗日、自强不息、艰苦奋斗、不屈不挠的爱国主义精神风貌。

吴有训于1940年当选为中央研究院评议员,并接受评议会的委托创办院刊《科学记录》(Science Record)。这时正值抗战处于最艰苦的时期,吴有训克服了重重困难,终于使《科学记录》出版问世。这是一本学术专刊,专载战时国内在自然科学领域有创造性的研究论文,用外文出版,向国外发行。它使国外人士了解中国科学家在艰苦卓绝的条件下还在坚持科学研究,得到了广泛的赞誉。

就在抗日战争的年代里,清华大学率先恢复了研究生院。吴有训任理科研究所所长,一些优秀学生得以复学继续深造,从而为国家培养了一批科研骨干。

1945年抗日战争胜利,吴有训出任中央大学校长。这所大学前身就是他的母校南京高等师范学校。他出于对母校的深厚感情,希望把中央大学真正办成一所科学民主的高

等学府。在他当校长的两年多时间里, 他为学校做了许多实事, 使中央大学的面貌有很大改变。但是这时的中央大学已经成为官办大学, 是官僚政客争权夺利的场所, 对此吴有训十分反感。后来他就借出国赴美考察之机, 长期不归。国民党政府多次函电催归, 吴有训都置之不理。直到全国即将解放之际, 他才返回祖国。

在美国期间, 吴有训与人合作, 研究了锺同位素的人工放射性问题, 随后联名发表了两篇论文, 题目分别为《锺受慢中子感生的活性》与《来自 ^{77}Ge 与 ^{71}Ge 的辐射》。

1949年初, 吴有训接受上海交通大学的聘请, 任物理系教授。他坚决拒绝国民党政府赴台的邀请, 留在上海迎接解放。是年7月中, 吴有训到达北平, 出席全国自然科学工作者代表会议筹备会, 在会上当选为常务委员。不久, 受命担任上海交通大学校务委员会主任。这年年底, 出任华东军政委员会委员、文教委员会副主任和华东教育部部长。

1950年, 吴有训调任中国科学院近代物理所所长。同年底, 中央人民政府作出决定, 任命吴有训为中国科学院副院长。从此, 吴有训开始了27年中国科学院领导岗位的生涯(请参看本书附录七)。

吴有训在物理学界享有崇高的声望, 他曾经多次担任中国物理学会会长或理事长。1958年, 中国科学技术协会成立, 吴有训当选为中国科协副主席。

吴有训有强烈的爱国主义思想。全国解放前, 他热情支持青年的抗日救亡运动和反饥饿、反内战游行。他爱护学生, 珍重人才, 为人正直善良, 平易近人, 深得学生和同事敬爱。

解放后他多次率领中国科学院代表团出国访问, 也经常出面接待外国来华访问的专家学者。他总是精神抖擞, 举止雍容, 不卑不亢, 落落大方地周旋在各国科学家之间, 为中国科学界树立了良好的形象。他在晚年有更多机会跟外籍华人联系, 总是亲自接待, 热情地宣传新中国的各项成就, 常常博得客人们的钦佩和赞扬。

吴有训在繁忙的活动中, 还担任《中国科学》和《科学通报》的主编, 每期都要亲自逐篇审定, 一丝不苟, 表现了高度的负责精神。

1977年11月30日, 吴有训逝世于北京, 享年80岁。

吴有训的一生是光辉的一生, 他为我国的科学事业和教育事业贡献了毕生精力, 是永远值得后人景仰的科学先驱。

编 者

1996年12月

THE SCIENTIFIC CONTRIBUTIONS OF WU YOUXUN

• SCIENTIFIC PAPERS, LECTURES AND TALKS OF WU YOUXUN •

FOREWORD

Prof. Wu Youxun (also known as Y. H. Woo) was a world-renowned physicist, one of the pioneers and founders of modern physics in China. He had been professor and head of the Department of Physics and dean of the School of Sciences of Tsinghua University. He was also an academician and vice president of the Chinese Academy of Sciences. His scientific achievements were mainly in the fields of Compton effect and X-rays scattering.

This book consists of two parts. The first part contains papers of Prof. Wu Youxun on Compton effect and X-rays scattering, which are translated from English into Chinese, and complemented with some notes on the historical backgrounds. The second part contains his lectures and papers on scientific education and scientific research, and is complemented with some notes on his educational and scientific activities.

目 录

吴有训先生手迹

杨振宁教授给吴有训先生寄赠新著时手书

前言

吴有训的科学生涯 (I)

上 编 吴有训的科学论著

方解石晶体反射之 X 射线的吸收测量	(3)
钨 $K\alpha$ 线受轻元素散射的波长	(6)
当被轻元素散射时钨 $K\alpha$ 线的波长	(7)
检验包装箱子对散射 X 射线光谱的效应	(9)
康普顿效应与三次辐射	(10)
康普顿效应中变线与不变线之间的强度分布	(12)
X 射线受反冲电子散射的强度	(13)
康普顿效应	(23)
康普顿效应中变线与不变线间能量之分配	(33)
康普顿效应中变线和不变线的强度比	(40)
康普顿效应中不变线的消失	(41)
荧光 X 辐射 $K\alpha$ 双线的强度分布	(42)
关于康普顿谱线之间的强度分布	(43)
X 射线受单原子气体总散射的强度	(49)
X 射线受汞蒸气的散射	(52)
关于 X 射线受单原子气体总散射的强度	(54)
X 射线受气体总散射的强度 I	(63)
X 射线受气体总散射的强度 II	(66)
温度与 X 射线受晶体的漫散射	(70)
X 射线受多原子气体的散射	(78)
X 射线受单原子气体的散射	(84)
X 射线受气体和晶体的散射	(91)
关于 X 射线受双原子气体散射的说明	(95)
附录一 康普顿效应的发现及其意义	(98)
附录二 三次射线与箱子效应	(110)

附录三 变线与不变线的强度分布·····	(122)
附录四 X 射线的散射·····	(128)
附录五 两份有关吴有训科学贡献的复印件·····	(138)

下 编 吴有训的讲演、文稿及谈话

清华大学理学院概况·····	(143)
清华大学物理系概况·····	(144)
学术独立工作与留学考试·····	(146)
关于理学院的一些看法·····	(149)
关于过去和现在中国物理学工作的几点意见·····	(152)
在中国科学院东北分院 1953 年科学研究工作计划会议上的讲话 ·····	(155)
在中国科学院上海区检查工作总结会议上的讲话·····	(157)
中国科学院所长会议物理学数学组会议总结·····	(171)
中国科学院所长会议化学组会议总结·····	(176)
在中国科学院物理学数学化学学部成立大会上的报告·····	(180)
在科学报告会上的讲演·····	(189)
富兰克林的生平和他在科学上的贡献·····	(199)
中国科学院数学物理学化学学部工作报告·····	(202)
十年来的中国物理学·····	(211)
我国固体物理的发展与任务·····	(218)
在传达广州科学技术工作会议情况的大会上的讲话 (节录) ·····	(225)
谈学科规划工作·····	(227)
附录六 吴有训在清华大学·····	(229)
附录七 吴有训在中国科学院·····	(235)
编后记·····	(241)

上 编

吴有训的科学论著

方解石晶体反射之 X 射线的吸收测量^①

本项研究的目的是:(1)用精确吸收测量法判定,X 射线经晶体反射会不会发生波长改变;(2)探讨在晶体反射前后,同一波长的 X 射线的吸收有无明显差别。

1. ^② 波长变化的测定

根据康普顿教授的 X 射线散射量子理论¹,由于散射,波长会有变化,其大小为

$$0.0242(1 - \cos\theta)A. U. \quad (1) \quad \textcircled{3}$$

其中 θ 是初始射线和散射射线之间的夹角。如果 X 射线经晶体的反射是一种散射现象,反射后波长似应有类似的增大。如果散射角 θ 足够大,初始射线和反射射线的吸收系数的相应变化应该可以检测得到。

本实验中,笔者用的是布拉格(Bragg)光谱仪和安装钼靶的库利奇(Coolidge)管^④。通过管子的电流大约为 1 毫安,来自变压器和整流管组成的整流电源,这电源产生在 50000 伏(峰值)下的断续直流电流。

所用辐射是经方解石反射的第 4 级钼 $K\alpha_1$ 线,相应的散射角约为 55° 。根据(1)式计算波长相应的变化为 $\delta\lambda = 0.0105A. U.$ 。一片铝箔,厚 0.05 厘米,用作吸收体。吸收体先置于靶和晶体中间的 A 点,然后移到晶体和电离室中间的 B 点。由于变压器的初始电压是

① 这是吴有训在芝加哥大学赖尔森实验室写的第一篇论文,题为“Note on Absorption Measurements of the X-rays Reflected from a Calcite Crystal”,递交日期为 1924 年 3 月 4 日,发表在美国《国家科学院会刊》(Proc. Nat. Acad. Sci.)第 10 卷(1924 年)第 145—148 页。

康普顿在《X 射线与电子》(1926 年)第 178 页引述了吴有训的这篇论文。维恩(W. Wien)与哈姆斯(F. Harms)主编的《实验物理学手册》(Handbuch der Experimentalphysik)第 24 卷第 1 分册(1930 年)第 220 页也引述了此文。

康普顿与阿里森在他们合作的《X 射线的理论与实验》(A. H. Compton and Allison, X-rays in Theory and Experiment, Nostrand, 1935)一书第 516 页中引用了吴有训这篇文献,同时引用了本文参考文献 7,并且写道:“莫塞莱与达尔文早期实验以及吴有训更近的实验证明:不管吸收屏是放在直射束的途中的 A 点,还是放在被反射的光束的途中的 B 点,(吸收)都没有区别。”

② 原文漏排序号,现补上。

③ A. U. 表示埃格斯特朗(Ångstrom)单位,1A. U. = 10^{-10} 米。

④ 有关库利奇 X 射线管,可参看本书第 103 页。

由市电供应,不可避免会使管子两端的电压有微小变动。辐射强度也发现会逐渐改变,这是因为起动后的最初几分钟加热而造成了靶点移动。为了尽量减小这些效应,观测是在相当长的时间里连续进行的。所以,几次测量取平均,误差会趋于消失。

测量结果如下:

$\mu A/\rho$	$\mu B/\rho$	实验差值	计算差值
5.275	5.278	0.003 ± 0.003	0.32

其中 $\mu A/\rho$ 和 $\mu B/\rho$ 分别代表 A 点和 B 点的质量吸收系数。从数据看来,在概然实验误差内质量吸收系数对于初始射线和被反射射线是相同的。所以可见,与(1)式所得比较,X 射线经晶体反射,波长没有变化。

负结果与江赛(Jauncey)和爱卡特(Eckart)²用光谱法测量及库仑康夫(Kulenkampff)³用照相法所得是相符的;尽管这些作者所用的初始射束比本项工作的初始射束具有更大的波长和更小的散射角。

(1)式的推导是基于每一量子是被单个电子散射的假设之上。波长的理论变化与 m 成反比,其中 m 是散射物体的质量。然而,如果是晶体反射的情况,则干涉代表射线同时被一组电子所散射,所以波长的变化应该可以忽略不计⁴。

2. 吸收系数变化的测量

康普顿教授证明,如果 X 射线的吸收可用经典电动力学解释,在“真实吸收”和散射之外,还有一项应出现在总吸收的表达式中。他在某些假设的基础上,发现这一“转化了的”辐射产生的原子吸收系数与由 J. J. 汤姆生理论计算的散射系数 σ_0/ν 具有同一数量级。这一原子“转化系数”近似地可表为

$$\alpha/\delta = R' \gamma \sigma_0/\nu \quad (2)$$

其中 R' 是一个数量级与 1 可比拟,但却小于 1 的量, γ 是一个决定谐振数量的常数。

导出(2)式的论证是基于在 $t=0$ 时入射波突然开始的假设。被这一波列激发的电子作受迫振荡,而这振荡又可分成两个振动,一个具有入射波的频率,另一个相当于电子的自由振荡。第一类振荡引起散射,第二类振荡则产生待研究的“转化了的”辐射。但如果入射波的振幅不是突然开始,而是逐渐增至最大,然后渐渐减小,就如同波列从晶体反射的情况一样,因此转化为吸收电子的自然振荡的能量是非常小的。可以证明⁵,被均匀间隔且有相似组分的 n 层原子组成的完全晶体所反射的原子转化系数,比起波束在未被晶体反射之前的原子转化系数,是一个可忽略的分数。

所以,有可能通过测量同一波长的辐射被晶体反射前后的总吸收检测到这一转化吸收。

以前,莫塞莱(Moseley)与达尔文(C. G. Darwin)⁷曾经发现,用一给定的铝片,不管它是放在截住反射前全部辐射的位置,还是放在截住反射之后经过选择的辐射的位置,晶