

与诺贝尔奖失之交臂

1927年，赵忠尧抱着振兴中国科学的宏愿，自费赴美国深造，考入美国加州理工学院研究生部，师从著名的物理学家，1923年诺贝尔奖得主密立根教授，攻读博士学位。这里，我们征得赵忠尧女儿赵维勤女士及作者的同意，以“与诺贝尔奖失之交臂”为题，从《核物理先驱——赵忠尧传》一书中摘录了有关章节，以飨读者。

——编者按

留学岁月接触世界物理学前沿

1927年秋天，赵忠尧告别祖国，带着简朴的生活用品，远涉重洋，走进了加州理工学院这所精美的大学校园，进入加州理工学院研究生部攻读博士学位，师从著名物理学家、刚刚在1923年获得诺贝尔物理学奖的密立根教授，开展实验物理研究。

位于加州南部洛杉矶市北帕萨迪纳的加州理工学院，是一所独具特色的世界著名学府。加州理工学院成立于1891年，属于私立大学。理工学院最早是由Throop先生在帕萨迪那市中心设立，取名Throop大学。虽有大学之名，实际上却只是一所工艺美术学院。不过，卑微的开始并没有阻碍它的发展。在1907年，学校解散了商业、师资训练和中小学等课程，只留下理工学院，提供电机、机械和土木工程学位课程，于是更形成了该校“小而精、小而美”的特色。1920年该校改名为加州理工学院至今。

美国加州理工学院是精英学府的典范，自创始以来一直秉承“小而精”的办学理念。加州理工学院的校园一点也不引人注目，不过占一个街区大小，周围是绿树掩映的居住区，不注意的话连墙上的校名都看不见，更无法想象这里会是个曾出现众多诺贝尔奖得主的卧虎藏龙之地。

在加州理工学院，科学是唯一的主题。这里有世界上最现代化的实验室，许多著名的物理学家、化学家都在这里做出了震惊世界的发现。加州理工的师资力量非常雄厚，所有课程都由教授来教。加州理工最著名的就是物理系。爱因斯坦在这儿放弃了他的“宇宙不变论”，而认可了“宇宙扩展论”；物理学家卡尔·安德逊在这里发现了正电子。

赵忠尧的导师密立根(Robert Andrews Millikan, 1868—1953)是美国著名的实验物理学家，1868年3月22日出生于伊利诺斯州的密立根，1887年入奥柏森大学后，从二年级起被聘在初等物理班担任教

员。他很喜爱这个工作，这使他更深入地钻研物理学，甚至在1891年大学毕业后，仍继续在初等物理班讲课，由此写成了广泛流传的教材。他于1893年取得硕士学位，同年得到哥伦比亚大学物理系攻读博士学位的奖金，成为该校造就出来的第一位物理学博士。1895年获得博士学位后留学欧洲。1896年回国任教于芝加哥大学。由于教学成绩优异，第二年他就升任副教授。

密立根以通过精巧的实验确定电子电荷而著名。他从1907年开始致力于改进威尔逊云雾室以测量粒子电荷，基本原理是通过施加电场使带电云雾受重力和电场力的合力作用，当电压增加到非常高时，只有极少数水滴才不会被强大的合力排斥出去，所谓“有几颗水滴留在机场中”，他认为这些水滴中的电荷量就是最小的电子电量。另一位著名的实验物理学家卢瑟福肯定了这种思路，但是指出水滴的蒸发可能会导致重力改变从而计算不精确。另有人指出这个测量结果可能是一些连续微小电量的平均值，并不能证明电子电量是离散的。密立根参考了这些意见，设计了油滴平衡实验，通过射线辐射突然改变油滴的带电量，测量油滴的加速度变化，以计算电荷量的增值。这些电荷量增值的最大公约数就是电子电量。油滴实验比水滴实验更精确，逻辑上更严密，从而证明了电子携带电量并非连续而是常数，并最终在1913年得到了精确的数值，使许多物理常数的计算获得了更高的精度，史称密立根油滴实验。他的求实、严谨细致、富有创造性的实验作风也成为物理界的楷模。与此同时，他还致力于光电效应的研究。经过细心认真的观测，1916年，他的实验结果完全肯定了爱因斯坦光电效应方程，并且测出了当时最精确的普朗克常数 h 。由于上述工作，密立根赢得了1923年度诺贝尔物理学奖。他还从事元素火花光谱学的研究工作，测量了紫外线

与 X 射线之间的光谱区，发现了近 1000 条谱线，波长直到 13.66 纳米，使紫外光谱远远超出了当时已知的范围。

密立根教授在宇宙射线方面也做过大量的研究。他提出了“宇宙射线”这个名称，研究了宇宙粒子的轨道及其曲率，发现了宇宙线中的 α 粒子、高速电子、质子、中子、正电子和 V 量子，改变了过去“宇宙线是光子”的观念。尤其是他用强磁场中的云雾室对宇宙线进行实验研究，导致他的学生赵忠尧、安德逊在 1930 年、1932 年先后发现正电子。

跟着这样一位世界物理科学大师学习，赵忠尧既兴奋又紧张。兴奋的是他能够由此接触到世界物理科学前沿，紧张的是如何能够以优异的成绩得到导师的信任和肯定，从而更好地开展研究。于是，赵忠尧夜以继日地学习。赵忠尧深深意识到自己找到了一所自己喜欢的大学、一个喜欢的著名教授，也确立了一个自己喜欢的学科，也就是实验物理研究。自从近代科学传入中国以来，我国早期从欧美留学归来的物理学家当中，最多的就是从事实验研究的，比如胡刚复(1892—1966)、丁西林(1893—1974)、颜任光(1888—1968)、吴有训(1897—1977)、叶企孙(1898—1977)、谢玉铭(1893—1986)、严济慈(1900—1996)等人，都是中国实验物理研究与教学的前驱。由于受这些前辈的教育影响，在 20 世纪 30 年代初前后主修物理的留学生当中，大多也都从事实验物理的研究。因此，赵忠尧非常珍惜这样一个机会，刻苦钻研，从而接触到了真正的世界物理科学的前沿。



赵忠尧 20 世纪 20 年代在美国

当赵忠尧到加州理工学院学习时，西方的实验物理研究已经有相当高的水准，特别是其中的基本粒子、场论、宇宙射线研究以及加速器技术都已开始发展了。丁兆君曾对这些发展做过以下总结。

首先，早期原子物理、核物理研究中基本粒子的发现，已经有很多重要的成果。

1897—1899 年，J.J.汤姆逊(J.J. Thomson, 1856—1940)在实验室中测出阴极射线粒子的荷质比，从而发现了电子(electron)。电子是人类发现的第一种基本粒子。自此以后，人们便开始了对粒子的研究。1905 年，爱因斯坦(A. Einstein, 1879—1955)提出了光量子的概念，后称之为光子(photon)，并为赵忠尧的导师密立根以及康普顿(A. H. Compton, 1892—1962)等人的实验所证实。卢瑟福(E. Rutherford, 1871—1937)继 1911 年通过 α 粒子散射实验发现原子核之后，又于 1914 年发现了质子(proton)，当时称之为“H 粒子”，后改称质子，意指它为质量最小、最简单的粒子。1920 年，卢瑟福为了解释原子核的组成，还提出了核内存在中子(neutron)的假说，其弟子查德威克(J. Chadwick, 1891—1974)于 1932 年通过实验证实了中子的存在。

也就是赵忠尧在加州理工求学时，正好是人们对于物质结构的认识达到一个新水平的时期。由质子、中子构成原子核，核与电子构成原子，再由原子构成实体物质，而光子可以解释电磁辐射与能级跃迁，这便足以形成自然界的物质大厦，而无须其他任何粒子了。此时，“基本粒子”的概念也已出现。同时，在 20 世纪的一二十年代，有一个困扰物理学家多年的“ β 衰变连续谱之谜”也逐渐被解开。在原子核 β 衰变过程中，所释放出来的电子能量并不精确等于衰变前后核的能量之差，而是在不大于预算值的范围内呈连续谱。为此，玻尔(N. Bohr, 1885—1962)曾怀疑能量守恒定律的普适性。而泡利(W. E. Pauli, 1900—1958)则在 1930 年假定 β 衰变过程中同时放出一种没有观测到的粒子而解决了这一疑难。泡利当时将该新粒子命名为“中子”，后由费米(E. Fermi, 1901—1954)改称为“中微子”(neutrino)。

其次，量子力学与量子场论开始发展，宇宙射线研究也已经开始。

量子场论是粒子物理的理论基础。而自从赫斯(V. F. Hess, 1883—1964)于 1912 年发现宇宙辐射以来，宇宙射线研究就成为早期基本粒子研究的最重要方面。

牛顿力学只适用于研究宏观低速运动，牵涉到与光速可相比拟的高速运动必须运用相对论，而研究微观现象则要使用量子力学。微观的基本粒子大

都进行高速运动，且牵涉到粒子的产生与湮灭，因而必须将相对论与量子力学有机结合起来，这就发展出了量子场论。

量子力学中的薛定谔(E. Schrödinger, 1887—1961)波动方程不满足狭义相对论所要求的洛伦兹变换的协变性，克莱因(M. Klein, 1924—)和高登(W. Gordon, 1893—1940)引入的相对论性波动方程又存在着负几率的困难。1928年，狄拉克(P. A. M. Dirac, 1902—1984)分析了他们的方程，并得到了一个新的方程。可这个新方程又遇到了负能量的困难，于是他根据泡利不相容原理，提出了电子负能海的学说，预言了正电子的存在。赵忠尧后来也正是在这个基础上第一个发现了正电子以及电子对的产生与湮灭。

20世纪早期，人们还开始关注来自天空的射线，早期称之为“超辐射”。到了1925年，密立根又将之命名为“宇宙射线”。

再次，粒子物理实验研究设备发展，特别是探测器与加速器技术也已经有了初期的发展。

早期的基本粒子研究对象基本局限于核反应中的放射线与宇宙射线，能量、强度受到很大限制。同时，在研究微观粒子的过程中，首先不可或缺的是探测技术的运用。而此时，粒子探测技术开始进步。威尔逊(C. T. R. Wilson, 1869—1959)在19世纪末就开始研究云雾室，其老师汤姆逊测定电子电荷便有他的云雾室的功劳。1911年，他利用云雾室研究X射线，观测到 α 粒子与 β 粒子的径迹，从而使云雾室受到了物理学家们的广泛关注。

加速器技术此时也开始发展。核反应难以产生高能量的粒子，而宇宙射线粒子流又太微弱，因而早期的基本粒子研究极受限制。1919年，卢瑟福以 α 粒子束做“炮弹”轰击金属箔，实现了第一次人工核反应，由此激发了人们人工加速带电粒子作为“炮弹”的愿望。^①

可以说，赵忠尧到了加州理工学院后，一下子就置身于这样一个粒子物理世界，也从此开始接触到世界物理科学的前沿。特别是导师密立根教授1923年就获得过诺贝尔物理学奖，非常清楚物理学研究的进展。虽然此时导师年事已高，又担任着加州理工院校长的行政职务，没有太多的时间对学生做具体的指导，可是他给学生的课程研究题目常常是在物理学研究的前沿上的。

在加州理工学院攻读学位，一般要先读一年的

基础课程。由于赵忠尧一直以来就有钻研世界物理科学前沿的志向，其中好多课程的内容在当助教的时候就已经读过，在南京高师学习时读的物理学教材就是密立根教授所编的原版教材，基础比较扎实，因此，此时学起来并不感觉困难。第二年，赵忠尧就顺利通过了预试，拿到了攻读学位的研究题目。

为了更好地推进自己的研究，赵忠尧向国内申请文化基金会的科学研究补助金。由于他预试成绩好，导师密立根写信给基金会给予有力的推荐。从1928年秋季开始，他连续三年获得科研补助金，每年有1000美元。赵忠尧非常乐于助人，尽管他所获得的两项补助加在一起比一个公费生的津贴还少，但为了帮助经济上更困难的留学生，他还是把清华的半费补助金让给了另外一位中国留学生。

密立根教授慧眼识才，但对学生也非常严厉。他开始给赵忠尧布置的博士学位论文是利用光学干涉仪做实验。负责实验指导的鲍恩(I. S. Bowen)教授告诉他，做这个题目的仪器已经都准备好，如果能根据一年之中冬夏两季拍摄到的片子如实测量记录光学干涉仪上的图纹周期变化，两年内就可以获得实验结果并撰写论文，就能够顺利取得博士学位。赵忠尧看了这个题目后，觉得这个题目虽然容易获得学位，但是学不到多少技术，而他出国深造的本意就是要多学一些实验技术，回国后可以派上用场。

赵忠尧考虑再三后，鼓起勇气去找密立根教授，语气诚恳而又坚定地对他说：“我之所以远涉重洋就是想多学点科学和技术，学位是次要的。请先生换一个可以学到更多东西的题目吧！”

按照当时学校的惯例，教授给什么题目学生就应做什么题目。同学们知道他竟然要求导师更换题目，认为他太任性了，不免担心他这种做法是否会得罪教授。事实上，密立根教授听了赵忠尧的要求后确实感到非常意外，不可思议地望着眼前这个瘦小的东方学生，以前还没有遇到过有学生向他提出这样的请求。密立根教授心里着实有些不高兴，但是没有骂他，只说了一句“嗯，我考虑一下”，就走了。没想到，过了一些日子，他对赵忠尧说：“上次那个题目你认为太简单，现在给你换一个‘硬伽玛射线在物质中的吸收系数’，这个题目你考虑一下。”说是这么说，实际上已经不容学生再考虑了。没想到，赵忠尧偏偏老实过分，竟回答道：“好，我考虑一下。”因为他当助教的时候做过一些简单的吸收实

验，仅凭自己的经验，以为这个题目不难做，还想知道看看有没有更难的题目。但密立根教授一听，当场就火冒三丈，说道：“这个题目很有意思，相当重要。我看了你的成绩，觉得你做还比较合适。你要是不做，告诉我就是了，不必再考虑。”赵忠尧见导师如此发火，连忙表示愿意接受这个题目。

当论文做完以后，赵忠尧才体会到导师的一番良苦用心。而在当时，说实在的，无论是密立根教授，还是赵忠尧自己，都没有意识到这个题目会把赵忠尧推到一个物理学伟大发现的门口，并具备了获得诺贝尔奖的实力。这个课题使他不仅学到了实验技术，而且在核物理方面取得了极高水平的研究成果。

多年后赵忠尧谈起这件事时说：“回想起来，密立根教授为我选择的这个题目，不仅能学到实验技术，物理上也是极有意义的。这一点，我在以后才逐渐有深刻体会。”^②

过了许多时候，当赵忠尧的博士论文交给教授们讨论通过时，密立根教授还翻出这个旧账来当笑话讲：“这个人不知天高地厚，我那时给他这个题目，他还说要考虑考虑。”教授们听了哈哈大笑起来，这笑声是善意的。赵忠尧的论文评分时得了个优等，与他的同学、后来得了诺贝尔奖的安德逊相同。

后来，密立根在他 1946 年出版的专著《电子、质子、光子、中子、介子和宇宙射线》中还多处引述了赵忠尧论文中的结果。

在美国加州理工学院留学期间，赵忠尧正是通过“硬伽玛射线在物质中的吸收系数”这个实验课题，发现了硬伽玛射线通过重物质产生的反常吸收和特殊辐射，这是正负电子对的产生和湮灭过程的最早实验证据。之后，他在美国《物理评论》上还发表了题为《硬伽玛射线的散射》的论文，公布了他关于伽玛射线方面的新发现，即他发现伽玛射线被铅散射时，除康普顿散射外，伴随着重物质的反常吸收还有一种特殊的光辐射出现，表明伽玛射线在重元素中的特殊吸收不是由康普顿效应引起的，从而揭示了一种新的反应机制。两年后，他的同学安德逊发现了正电子，并由此获得了 1936 年的诺贝尔物理学奖。赵忠尧的实验成果证明他是最早观察到正负电子对产生与湮灭的人。

赵忠尧一直坚信实验是物理学发展的源泉，因此，在加州理工学院，赵忠尧十分重视学习实验技

术和培养自己的动手能力。同时，由于他从小身体瘦弱，缺少锻炼，所以体力不足，双手操作不灵。为此，他认为无论是为科学实验的需要，还是为健康的需要，都必须加强体力活动。他初到美国时，为了锻炼自己的技术和动手能力，甚至花了 25 美元买来了一辆破旧的福特牌小汽车，请一位美国朋友豪义特(A. Hoyt)教他修理汽车，他要用这种办法来增加自己在机械方面的动手经验。后来不断地修不断地开，竟然用了一年多。有一天他用这辆车送一位朋友去火车站，回去的路上车子又坏了，他才在路边找了一家汽车修理铺子卖掉，只卖了 5 美元。那辆汽车破旧到这种程度，足见赵忠尧正是学习修理技术的好材料，也足见赵忠尧钻研技术、提高技术能力的精神。后来，赵忠尧充满感情地回忆起这件事。

对于这辆破旧的汽车，自然说不上需要和消遣。凡休息日，我常常满身油污，仰卧于汽车下面，拆拆装装。我在修理汽车的过程中，不但锻炼了动手能力，还有在辛苦以后获得的欣慰。另一个意外的收获是，因此得到一个乐于助人的朋友豪义特。我们从谈汽车开始，谈到风俗人情、科学研究。说这是我在美国除了关于论文所受的指导以外最大的收获，一点点也不夸大。可惜在我回国之后不久，他因病去世。这是我莫大的遗憾。^③

发现反常吸收和特殊辐射

这里，我们要重点说说赵忠尧在做博士学位论文过程中的两个重要实验，正是这两个实验取得了“反常吸收”和“特殊辐射”这两个重大发现。

接受密立根教授安排的“硬伽玛射线在物质中的吸收系数”这个题目后，赵忠尧便全身心地投入研究中。实验室工作异常紧张，他常常上午上课，下午准备仪器，晚上则熬夜取数据。当时美国的实验室里，工作非常紧张，人们往往是上午上课，下午讨论或准备仪器，晚上取数据，因为晚上比较安静，而且实验室是通宵开放的。夜间，赵忠尧必须每隔半小时测一次数据，只好将闹钟半小时闹一次，以获得断断续续的短暂睡眠。

为了更好地了解赵忠尧的研究，我们还要了解当时物理学发展的背景。李炳安、杨振宁在论述赵忠尧这一研究的地位和贡献时，曾阐述了这样的背景。^④

李炳安、杨振宁说，在物理学中许多重要的事情发生在 1930 年前后，这是一个极其活跃、激动人

心,而又令人迷惑的时期。在这些迷惑与不解之中,一个很大的问题是电子和质子究竟是否是核的组成。由于在当时仅有这两种已知的基本粒子(不包括光子),因此人们自然地假定核是由它们构成的。然而这一假定面临着许多严重困难。另一个谜团来自 β 衰变谱似为连续的观察结果,而这一点甚至曾使玻尔和其他人以为在 β 衰变中能量是不守恒的。

而在理论的范畴中,狄拉克方程和空穴理论也还苦于缺少一种本质的要素,而遭到大多数权威物理学家的反对。当然任何人都不能不承认狄拉克解释电子自旋和磁矩的辉煌成就,它出自于完全的独创性和简捷的数学方法。但是负电子海仍被普遍认定是有缺欠的,泡利曾说:“任何有这种缺欠的理论只能与偶然的验证相一致。”

针对这种背景,从实验上研究像康普顿散射这样的涉及电子的散射过程并验证理论计算是很有意义的。当时有三个不同的公式描述康普顿散射。

(1) 康普顿公式。

康普顿修改 J.J.汤姆逊的经典理论来计算波长位移和反冲效应。他得到如下的截面公式。

$$\sigma = \frac{8\pi}{3} \frac{e^4}{m^2 c^4} \frac{1}{1+2\alpha} \quad (1)$$

其中, $\alpha = h\nu/mc^2$, 这不同于汤姆逊的结果。康普顿的理论还在另一个方面不同于 J.J.汤姆逊的经典理论:对于硬伽玛射线,出射波集中于向前的方向。从量子理论的观点来看,正如康普顿自己所指出的那样,他的公式在理论上是不正确的。

(2) 狄拉克和高登公式。

狄拉克和高登从量子力学出发,使用不同方法推出了相同的公式:

$$\alpha = \frac{2\pi e^4}{m^2 c^4} \frac{1+\sigma}{\sigma^2} \left[\frac{2(1+\sigma)}{1+2\sigma} - \frac{1}{\sigma} \ln(1+2\sigma) \right] \quad (2)$$

这里没有考虑自旋。

(3) 克莱因-仁科公式。

$$\alpha = \frac{2\pi e^4}{m^2 c^4} \left\{ \frac{1+\sigma}{\sigma^2} \left[\frac{2(1+\sigma)}{1+2\sigma} - \frac{1}{\sigma} \ln(1+2\sigma) \right] + \frac{1}{2\sigma} \ln(1+2\sigma) - \frac{1+3\sigma}{(1+2\sigma)^2} \right\} \quad (3)$$

这个公式是把狄拉克相对论波函数移植到经典辐射理论推导出来的。在狄拉克空穴理论之后,狄拉克和华勒表述出,在空穴理论中一个正确的二阶微扰计算正好给出和克莱因-仁科公式相同的结果。

李炳安、杨振宁说,以上三个公式在低能区内相同,而在高能即硬伽玛射线区域则变得不同。所以在 1929—1930 年间,为了检验和区别这些理论,在美国帕萨迪那的赵忠尧、英国剑桥的塔伦特、柏林-达赫莱姆的梅特纳和赫布菲尔德做了上述三个测量硬伽玛射线吸收系数的实验。

密立根教授要赵忠尧测量硬伽玛射线在不同物质中的吸收系数,实际上是想以此检验克莱因-仁科公式(3)。据赵忠尧本人在 1986 年回忆说,密立根最初曾经是倾向于相信公式(2)而不是克莱因-仁科公式即公式(3)会与宇宙射线数据一致。

赵忠尧就是在这样的科学发展基础上,开始了他新的冲刺。^④

赵忠尧用放射性元素钍衰变的中间产物 ThC(即铊 208)作辐射源,它能辐射出能量为 2.6 兆电子伏的伽玛射线。在测量了这种硬伽玛射线在好几种物质中的吸收系数之后,赵忠尧意外地发现,射线只在通过轻元素时吸收的情况才与克莱因-仁科公式相符,当通过重元素时,则出现了反常现象,实际吸收量大于公式给出的量。例如在铅元素中,测得的数值比克莱因-仁科公式所给的值约大 40%。

1929 年将近年底的时候,赵忠尧就完成了这个实验。但由于实验的结果与导师密立根原来所想象的不符,密立根起初不相信这个结果。导师唯恐实验有误,把赵忠尧的论文搁置了两三个月,没有发表任何意见,他不太相信这个结果是一位中国留学生能够做出来的。赵忠尧有点急了,因为在科学发现的竞技场上,只有第一,没有第二,科研成果披露的先后往往决定着这一项研究的命运。

替密立根教授管理研究生工作和负责实验指导的教授鲍恩是一个光谱学家,他在理论上和实验上对赵忠尧的帮助虽然很有限,但他知道赵忠尧的实验细节。他一直关注着赵忠尧的实验。他对赵忠尧的实验仪器设计以及实验结果的解释都曾很关心。因此,他跑去对密立根教授说:“我很了解赵忠尧的实验测量全过程,他从仪器操作、实验设计、测量记录到计算的全过程都进行得非常严谨,实验结果是完全可靠的。”这样,密立根才同意赵忠尧将论文送出发表。赵忠尧的论文《硬伽玛射线的吸收系数》(The Absorption Coefficient of Hard γ -Rays)于 1930 年 5 月 15 日在《美国国家科学院院报》上发表。在此之前二周,即 1930 年 4 月 29 日,赵忠尧的实验结果

还在美国国家科学院举行的学术会议上宣读过。

当时做这个题目的实验的，除了赵忠尧外，还有英国剑桥大学卡文迪许实验室的塔伦特(G.T.P. Tarrant)和德国威廉化学研究所的梅特纳(L. Meitner)和赫布菲尔德(H. M. Hupfeld)，他们也独立地获得了与赵忠尧相同的主要结果，但在细节上有些不同：

(1) 在塔伦特的实验中，吸收系数对介质原子序数的依赖是不规则的。而在梅特纳和赫布菲尔德的实验结果中，更有一个“跳跃”，这些都导致疑义。而与此相反的是，赵忠尧的结果非常平滑，是完全可信，不容置疑的。

(2) 所用的探测器很不相同。据赵忠尧在 1986 年所说，他用的探测器是 25 个大气压下的气压电离室和真空静电计，这是更为可靠的仪器。

所有这三个实验发现的硬伽玛射线在重元素上的附加吸收，被称为“反常吸收”或“梅特纳-赫布菲尔德效应”。后一种说法源于梅特纳和赫布菲尔德的朋友。所有这三篇发表的文章也都推测反常吸收是由于某种未知的核效应引起的。

科学发展到一定水平，有了适用的实验工具，几处同时得到一个研究结果并不是什么奇怪的事。英、德两国的两个研究小组同年也在本国的刊物上发表了伽玛射线在重元素中反常吸收的实验结果。

第一个实验所取得的研究成果已经足以让赵忠尧拿到博士学位了。但是，作为一个出色的物理学研究者，赵忠尧并没有因此停步。他想进一步弄清楚硬伽玛射线与物质相互作用的机制究竟怎样。

因此，第一个实验刚刚做完，为了探索这种反常吸收的机制，赵忠尧又开始设计新的实验，来进一步研究伽玛射线与物质的相互作用，更多地了解辐射在物质上的吸收机制，研究散射辐射的强度和角分布。他打算测量射线的散射辐射，看看与康普顿效应预言的现象有什么不同。由于他在上一个实验中测量吸收系数测得很准，因而对于测量散射也充满了信心。而且这个时候离毕业还有大半年，时间也还充裕，他还是决定一试。他与鲍恩教授商量，鲍恩教授说：“测量吸收系数，作为你的学位论文，已经够了，结果也已经有了。不过，如果你要进一步研究，当然很好，你就做吧。”于是，赵忠尧紧接着又做了测量硬伽玛射线被重元素散射的实验。

赵忠尧于 1930 年春天开始用高压电离室和真空静电计进行测量。没想到，一开始就遇到了问

题。那时，德国的豪夫曼(Hoffmann)教授发明了一种真空静电计，加州理工学院的工厂仿制了一批。这种静电计中有一根极细的白金丝，是将包银的白金丝拉伸后，再将外面的银用酸腐蚀掉制成的。白金丝的上端通过一个焊接点和电离室的中心电极相连，下端连接指针。可是，接通电源后静电计的指针甚至十几分钟后还达不到稳定点。密立根教授对赵忠尧和另外两个使用这种静电计的学生说：“这种新产品我还没有用过，你们应设法解决这个问题。”起初，大家都以为是环境的震动引起指针的不稳定，想了各种办法防止震动，甚至把静电计的支架用弹簧挂住，放在四个网球支撑的平板上，但都是枉然。后来赵忠尧想到，指针达不到稳定值，可能是因为导电不良。于是他在焊接处滴了一些导电的碳制黑墨水，指针立即变得很灵活，总算解决了这一难题，并开始测量电离电流。由于反常吸收只在重元素上被观测到，赵忠尧决定选择 Al 与 Pb 为轻、重元素的代表，比较在这两种元素上的散射强度。这个实验一直忙到当年 9 月才算结束，准备好久的暑期旅行因此取消。可测得的结果如此有趣，足以补偿放弃休息的损失。

总之，这实际上是比第一个实验更困难的实验，因为散射辐射比背景更弱，测量时需要极大的耐心与细心。但是，这第二个实验，赵忠尧用的仪器是高压电离室和真空静电计，本底比较少，涨落也小，因而结果比较稳定和干净，实验结果意外的好。赵忠尧在这个实验中发现，伽玛射线被铅散射时，除康普顿散射外，伴随着前述的反常吸收还有一种特殊的光辐射出现。当时测定的这种特殊辐射的强度大致是各向同性的，并且每个光子的能量与一个电子质量的相当能量很相近。这一结果表明，伽玛射线在重元素中的特殊吸收不是由康普顿效应引起的，它揭示了一种新的反应机制。赵忠尧将这一实验结果写成第二篇论文，题为《硬伽玛射线的散射》，1930 年 10 月在美国《物理评论》杂志上发表。

实验结果发表以后一年，其他实验组才开始致力于研究散射辐射。这些后来的工作做得不漂亮且没有结果，它们引起更多的争议，分散理论家的注意，因而很不幸地减小了赵忠尧的实验结果的影响力。

赵忠尧后来回忆说：“在我的论文发表后的一两年内，其他人重复这一实验时，用盖革计数器进行测量，也没有用高压电离室，本底与涨落都比较

大,得到相互矛盾与不确定的结果。这些矛盾,一度引起人们认识上的混乱。至于论文本身,可惜写得太简短,与它所包含的内容不甚相称;加上布莱克特(P. Blackett)与奥恰里尼(C. Occhialini)在他们的论述《电子对湮灭》的著名论文中引述我的工作,发生了不应有的错误。由于这种种历史的原因,我的这些工作一直没有得到应有的重视。”^②

李炳安、杨振宁后来在总结赵忠尧的成果时说:

赵忠尧在第二个实验中发现:

(1) 伴随反常吸收,存在着一种硬散射之外的附加散射辐射。

(2) 这种附加散射辐射实质是各向同性的。

(3) 测得这种附加散射辐射的波长为 $22 U \cdot X$, 即相当于 0.5 兆伏的光量子。

赵忠尧得出的所有上述结论都是非常惊人地恰好正确,他实际上已经发现了电子对湮灭!在过程 $e^+e^- \rightarrow \gamma\gamma$ (4) 中,每个光子带走约 0.5 兆伏的能量,而这正是赵忠尧所发现的:然而在当时,以及直到那以后很久都没有人理解其理论上的意义。^③

与赵忠尧同为密立根博士研究生的安德逊,此时正在赵忠尧的隔壁做论文,他对赵忠尧的实验表现出极大兴趣和关注。他们甚至还谈起过,最好用云雾室做一做他那个实验,可惜这个想法没能实现。

1932 年,安德逊在云雾室里做宇宙射线的实验,在照片中发现了一条和电子径迹相似但在磁场中弯曲方向相反的径迹,从而发现了正电子。但是从云雾室的照片上却看不出正电子是如何消失的。于是,物理学家们不断讨论,正电子产生以后到哪里去了呢? 1933 年,物理学家们在讨论正电子的性质,寻找正电子产生和湮灭过程的实验证据时,重新想起了三个研究组观察到的重原子核对伽玛射线的反常吸收,以及赵忠尧首先观察到的伴随着这种反常吸收而出现的特殊辐射现象。

物理学家布莱克特和奥恰里尼指出,硬伽玛射线的反常吸收是由于伽玛射线和原子核发生作用而产生了一对正-负电子,而特殊辐射则是正电子与负电子重新结合并转化为两个光子的湮灭辐射。这种机制被以后的许多实验所证实。

所以,我们可以得出,赵忠尧先生实际上是最早观察到正负电子对产生的物理学家之一,又是最早观察到正-负电子湮灭现象的人。

赵忠尧 1930 年顺利获得博士学位。1929 年他

和英、德的几位物理学家同时发现了硬伽玛射线的反常吸收,实际上就是伽玛射线在物质中产生电子对的效应;在进一步的研究实验中,他首先观察到硬伽玛射线在铅中引起的一种特殊辐射,也就是正负电子对的湮灭辐射。这些结果是正负电子发现的前导,得到国际物理学界的高度评价。1932 年,安德逊正是因为发现正电子径迹而获得诺贝尔物理学奖。

与诺贝尔奖失之交臂

1936 年,瑞典皇家科学院决定对发现正电子这项举世瞩目的研究成果授予诺贝尔物理学奖。然而,评选揭晓时,获奖名单中没有 1930 年首先发现正负电子湮灭的赵忠尧的名字,只有 1932 年在云雾室中观测到正电子径迹的安德逊的名字。

这无疑是不公正的,而且对于这一不公,物理学界一直是议论纷纷。一直到半个世纪以后,当诺贝尔奖评审情况揭秘之后,谜底才得以揭开。

1930 年,赵忠尧在美国加州理工学院研究铅对硬伽玛射线的吸收系数时,第一次捕捉到正电子,成为世界物理学界第一个观测到正反物质湮灭和第一个发现反物质的科学家(但是赵当时并没有意识到自己所做的是正负电子对湮灭实验,并发现了正电子)。继赵忠尧之后,又有两人做了这方面的实验,一个没能再次得到赵的结果,另一个没有观察到赵实验中出现的软伽玛射线(后来证明那两个实验一个是做错了,另一个是仪器的灵敏度不够),从而引起了物理学界对赵忠尧的研究成果的怀疑。与此同时,两位在当时颇有影响的物理学家在评述电子对湮灭这个重大科学发现时,又误以为那两篇没有能重复得到赵忠尧发现的论文是赵忠尧的,以致混淆了视听,进一步影响了科学界对赵忠尧的重大研究成果的评价。而赵忠尧的同学安德逊受此启发,于 1932 年在威尔逊云雾室中观察到了宇宙射线中的正电子的径迹,并因此在 1936 年获得了诺贝尔物理学奖。中国媒体报道说,直到半个世纪后诺贝尔物理学奖评选情况解密之后,人们才了解到,是上面提到的一系列离奇之错,致使赵忠尧与诺贝尔奖擦肩而过。媒体还引用瑞典斯德哥尔摩大学教授、诺贝尔物理学奖评选委员会前任主席爱克斯朋(Ekspong)教授的话,耸人听闻地称:“世界欠中国一个诺贝尔奖。”

为了弄清楚赵忠尧与诺贝尔奖擦肩而过的原委,1983 年开始,杨振宁和李炳安教授对原始文献

做了细致的调查研究,并在1989年发表了《赵忠尧,电子对产生和湮灭》一文,第一次以确凿的证据理清了关于正电子发现有关研究的历史本来面目,阐述了赵忠尧教授在这项研究中首创和独到的贡献,使物理学界更多的科学家知道了这段历史公案。

赵忠尧在耄耋之年时,曾在一篇自述中淡淡地说:

关于对我这一部分工作的评价,由于种种历史的原因,一直没有得到应有的重视。近年来杨振宁教授花了不少的精力,搜集整理资料,于1989年写成文章发表,帮助澄清这段历史,我十分感激杨先生为此所做的许多努力。^⑤

与此同时,诺贝尔奖得主李政道教授也不遗余力地在各种场合澄清这段历史,充分阐释赵忠尧教授首先发现正电子的卓越功绩。2002年,中国科学技术大学举办了纪念赵忠尧教授诞辰100周年活动,著名物理学家李政道教授发来书面发言。李政道盛赞赵忠尧教授是“中国核物理的开拓者,也是中国近代物理学的先驱者之一”。他说,中国科学家早在70年前就应该获得诺贝尔物理学奖,而获奖者应该是赵忠尧教授。李政道在发言中说:“两年前瑞典皇家学会的爱克斯朋教授告诉我,当时瑞典皇家学会曾郑重考虑过授予赵老师诺贝尔奖。不幸,有一位在德国工作的物理学家在文献上报告了她的结果和赵老师的观察不同,提出了疑问。当然,赵老师的实验和观察是完全准确的,错误的是提出疑问的科学家。”李政道遗憾地说:“30年代初瑞典皇家学会以谨慎为主,没有授予赵老师诺贝尔奖,爱克斯朋教授和我都觉得赵老师完全应该得诺贝尔物理学奖。赵老师本来应该是第一个获得诺贝尔物理学奖的中国人,只是由于当时别人的错误把赵老师的光荣埋没了。”^⑥

科学社会学研究专家曹聪读了挪威奥斯陆大学科学史教授弗里德曼(Robert Marc Friedman)的新书《选择卓越的“政治”:在诺贝尔科学奖背后》之后,曾和作者弗里德曼通信探讨过关于赵忠尧为什么未能获诺贝尔奖的事,同时他还提供了一个新的有意义的阐释:

我从其他文献中发现,安德逊在1934年、1935年和1936年被连续提名,赵忠尧则从来没有出现在候选人之列。弗里德曼教授也明确告诉了我这一点。而爱克斯朋教授在与我的通信中并没有提到“赵忠

尧应该获奖”这样的话,令人欣慰的是,弗里德曼教授同时提到,赵忠尧和安德逊两人的导师密立根在提名时十分关注自己小圈子里的人,具有很强的倾向性,并常常忽视他人的贡献;而如果当时安德逊的论文以及密立根提名时没有提到赵(事实确是如此),诺贝尔奖评选委员会就无法评价赵的贡献。书中的注释也提到密立根对其所在机构的科学家情有独钟,只可惜他对赵忠尧“另眼相看”。不过,斯人已去,档案又没有记载,这将永远成为一个谜。^⑦

为了更好地了解赵忠尧研究的地位和对物理学界的贡献,我们再引用李炳安、杨振宁教授在《赵忠尧,电子对产生和湮灭》一文中的分析。这两位教授在对赵忠尧实验的全面阐述的基础上,曾详细地评估了赵忠尧研究对后来的影响,真正明确了赵忠尧研究的地位和贡献。以下,我们不妨采用他们的论述和分析,来看看赵忠尧的成就后来是如何被忽视了的:

李炳安、杨振宁教授指出:

在比1932年更早几年的时候,电子对产生和湮灭的过程已从实验上被发现了,但未能从理论上得到理解,这些早期发现的报道在如下文章中:

(a)在1930年5月,由三组物理学家分别独立发表的文章。这三组物理学家是英国剑桥的塔伦特,柏林-达赫莱姆的梅特纳和赫布菲尔德,以及帕萨迪那的赵忠尧。这些文章都叙述了发现 ThC'' 2.65兆伏伽玛射线被重元素“反常吸收”的实验现象。

(b)赵在1930年底发表的关于他的另一个实验的文章。在这个实验中,他发现了 ThC'' 伽玛射线在铅上的“附加散射线”。

现在回顾来看,文章(a)是代表着首次观察到电子对产生的过程,而文章(b)是首次观察到电子对湮灭的过程。在随后的两年,即1931—1932年,反常吸收和附加散射线吸引着理论物理学家极大的注意,并激发着重要的进一步的实验研究。

从1930年中到1933年初,在两年半的时间里,有三个课题摆在物理学界面前,按照后来的理解,它们包含量子电动力学(QED)的所有方面:(1)反常吸收;(2)附加散射线;(3)狄拉克电子论。

关于狄拉克理论的深入讨论包括奥本海默、泰姆和狄拉克对于湮灭截面的计算。但是这些作者中没有一个人把这一过程和赵的附加散射辐射联系起来。(其原因很可能是在于当时核物理处于非常混淆

的状态, 于是很自然地赵的结果和反常吸收这两种陌生的现象都被认为是核现象了)^③

在这一时期我们找不到任何关于附加散射辐射的理论文章。但是到了 1933 年, 用电子对的湮灭和产生来表述的最终解释就完全基于附加散射辐射了。

对于反常吸收, 当时有很多理论讨论。奥本海默试图构想其来源于光电效应, 在当时这是一个很流行的题目, 但这将导致结论说 QED 是错误的。海德堡和卡蒙则推测这是由于某些核过程引起的。

这些理论工作都未能获得重大的进展, 直到安德逊于 1932 年 9 月发现了正电子。几个月以后, 布莱克特和奥恰里尼用绝妙的触发云雾室又得到了更多的正电子。这时候, 关于正电子穿过物质时的性质这样一个问题才被提出来了。它将布莱克特和奥恰里尼引导到狄拉克早些时候关于湮灭截面的计算, 以及得出这样一个推论: 赵忠尧的附加散射线其实是湮灭过程的结果。

布莱克特和奥恰里尼还推测正电子产生于“对生成”的过程, 但他们没有得出在重核库仑场中 QED 对生成过程的正确概念。而就在数月之后, 奥本海默和普拉赛特按照狄拉克理论即 QED 产生和发展了这一概念。他们发现这个结果与早时关于反常吸收的实验发现相一致。而且安德逊在云雾室中也观察到了光子生成的电子对。

1933 年之后, 随着所有上述问题的澄清, QED 进入了在所有应用方面都取得巨大成功的鼎盛时期, 唯一留下了令人不安的事情只是发散问题了。

李炳安、杨振宁教授从布莱克特和奥恰里尼的文章中找到了一个致命的混淆, 影响了物理学界对赵忠尧贡献的评价。他们认为布莱克特和奥恰里尼的文章具有重大的影响, 这不仅因为他们报道了许多新发现的正电子事例, 而且因为他们解释出反常吸收和附加散射线是分别由对生成和对湮灭引起的, 这就导致了物理学家关于狄拉克理论是否正确这一概念上的大翻身。关于这一点, 在文章中最为关键的段落是:

也许伽玛辐射被重核的反常吸收*是与正电子的形成及其在再次辐射中的消失相联系的。在事实上, 实验发现这种再次发射的辐射具有与预期湮灭谱相同量级的能量。

(A) 格雷和塔伦特, “Proc. Roy. Soc.” A 卷 136, 第 662 页(1932)。

20 卷第 4 期 (总 118 期)

梅特纳和赫布菲尔德, “Naturwiss” 第 19 卷第 775 页(1931)

赵, “Phys. Rev.”《物理评论》第 36 卷第 1519 页 (1931) (B)。

李炳安、杨振宁发现了以上两段落中存在导致误会的致命的问题:

段落(A)是伟大的物理, 注脚(B)是疏忽的历史。特别是这个注脚对赵忠尧太不公平了。它包含两个印刷上或者是粗心造成的错误。

(i) 赵忠尧在《物理评论》上的文章发表于 1930 年而不是 1931 年。它领先于其他两篇文章一或二年。

(ii) 尽管文内的星号是打在“反常吸收”之上, 但所有这三篇引述的文章都是关于附加散射线, 而不是关于反常吸收的。

更重要的是, 布莱克特和奥恰里尼的论据其实是在于赵忠尧一个人的文章, 正如我们现在所要表明的, 这一事实是被这样一个不加分辨的注脚给弄模糊了。

布莱克特和奥恰里尼是在他们名为《正电子假设》的文章里的某一节中推出上面引述的伟大假想(A)。这一节开始提出为什么正电子“至今逃避观察”, 然后说: “显然它们作为自由粒子, 只有有限的寿命。因为它们在正常条件下不表现出与物质的结合……似乎……它们好像是与负电子发生反应形成两个或更多的光子然后消失的。”他们继续说到这种消失机制是由狄拉克电子论直接给定的, 而且他们曾和狄拉克谈过。后者曾把自己那篇 1930 年的关于给出湮灭截面的文章给他们看。

布莱克特和奥恰里尼然后下结论说, 狄拉克理论这样估计正电子的寿命: “以在云雾室观察正电子而言, 它的寿命是足够长了。但要解释为什么用其他方法发现不了它, 又只能说它的寿命还太短。”接下来他们又说到, 尽管如此, 要观察到这一湮灭过程, 还是有可能的。因为它引发一个峰位在 0.5 兆伏的光量子谱, 然后就是引文(A)。

这整个一系列推论反映着宏大的物理思想。它们也表明布莱克特和奥恰里尼的立论焦点是在于湮灭过程, 这一过程是因其引发一个“附加散射线”而被确认的。而这种确认的能力又集中在于这样一个事实, 即湮灭辐射谱峰值为 0.5 兆伏。这一点与引文(A)所说“实验上已经发现”的内容是一致的。

由此可见,实验证明附加散射线的能量为大约 0.5 兆伏,这是他们立论的决定性根据。

由于某种原因,布莱克特和奥恰里尼没有提及,在他们上面的引述(B)所提及的三篇文章里(这三篇文章都是关于附加散射线的),只有赵忠尧的文章给出了正确的决定性的数值 0.5 兆伏,梅特纳和赫布菲尔德 1931 年的文章比赵忠尧晚了一年,而且根本没有找到附加射线。格雷和塔伦特 1932 年的文章比赵忠尧晚了两年,在大约 0.47 兆伏处找到了附加散射线,可又同时找到一个大约 0.92 兆伏的分量,这是十分令人混淆的,而且甚至直到后来在他们 1934 年的文章中还仍然存在。

人们也许会想到这样的问题,为什么布莱克特和奥恰里尼的文章对 1930 年的三篇关于反常吸收的文章完全不加引述(这些文章曾比附加散射线引起更多的注意,因为它是较早的发现,而且是基于难度较小的实验)。对这个问题的回答是布莱克特和奥恰里尼立论的焦点不在于此,而在于湮灭过程。进一步说,布莱克特和奥恰里尼并没有像在库仑场的情况那样盯住对生成的机制,这一工作是后来由奥本海默和普拉赛特从理论上进行的。

李炳安、杨振宁在通过以上细致的分析之后指出,综观对生成和对湮灭的发现历史,我们深深地被赵忠尧的实验所感触,这些实验探索到了重要的问题,赵忠尧的竞争者们在反常吸收和附加散射线这两个实验中都曾陷入失误。这一事实又证实了这些实验是很难做的,它们具有简捷的经典色彩,具有经得住时间考验的可靠性。不幸的是由于布莱克特和奥恰里尼在文章中疏忽的引证,以及由于其他实验造成的混淆和争议,赵忠尧的文章没有获得其本应充分获得的评价。

其实,因发现正电子而最终获得诺贝尔奖的安德逊教授,在 1983 年出版的一本著作中也公开地承认:

我在加州理工学院做研究生论文的工作是用威尔逊云雾室研究 X 射线在各种不同气体里产生的光电子的空间分布。在我做这项工作的 1927—1930 年间,赵忠尧博士就在我隔壁的屋子里工作。他是用验电器测量 ThC'' 产生的伽玛射线的吸收和散射。他的发现引起我很大的兴趣。当时人们普遍相信,来自 ThC'' 的 2.6 兆伏的“高能”伽玛射线的吸收,绝大多数应是按照克莱因-仁科公式表达的康普顿碰撞。但赵博士的结果清楚地表明,这种吸收

和散射显著地大于克莱因-仁科公式的计算。由于验电器很难给出细致的信息,所以他的实验不可能对上述反常效应做出深入的解释。我建议的实验是利用工作在磁场中的云雾室来研究 ThC'' 伽玛射线与物质的作用,即观察插入云雾室中的薄铅板上产生的次级电子,来测量它们的能量分布,从而研究和了解在赵的实验结果中还反映着哪些更深刻的意义。^③

赵忠尧的发现是杰出的,他的工作是开创性的。1980 年,奥恰里尼在一次谈话中虽然没有提及他自己的那个错误引用混淆了物理学界的看法之事,但他仍然高度评价了赵忠尧的业绩,认为赵忠尧发现的 ThC'' 射线的反常吸收,不仅在美国而且在英国也给出了这方面研究的出发点。^④

看来到 20 世纪 80 年代的时候,安德逊和奥恰里尼都强调,早在 30 年代赵忠尧的工作确实激发了他们所完成的革命性的研究;这一研究转而导致物理学家对量子电动力学的理解。而他们并没有提及当时与之相关的赵忠尧的竞争者的工作。

对于赵忠尧先生来说,那遥远而美丽的瑞典与之擦肩而过,成了一生的光荣梦想;对于世界物理学界来说,那是一次并不公平的授奖;对于诺贝尔奖的历史来说,那是缺了很重要一页的遗憾。

瑞典皇家学院院士、前诺贝尔物理奖委员会主任爱克斯朋在 1997 年撰写的一篇文章中也坦诚地写道:

书中有一处令人不安的遗漏,在谈到有关在重靶上高能(2.65 兆伏)伽玛射线的反常吸收和辐射这个研究成果时,书中没有提到中国的物理学家赵忠尧,尽管他是最早发现硬伽玛射线反常吸收者之一,赵忠尧在世界物理学家心中是实实在在的诺贝尔奖得主!^⑤

1999 年,爱克斯朋教授在中国高等科技中心作报告时,还高度评价了赵忠尧先生在 20 世纪 30 年代的工作。他说:疏漏赵忠尧先生的这一历史功绩,是一桩很令人不安的、没法弥补的事。

失去诺贝尔奖的遗憾是无法弥补的,但是在揭开历史的迷雾之后,赵忠尧先生成为物理学家心目中真正的诺贝尔奖得主!诚然,赵忠尧应该感到欣慰,因为正是他的实验发现,使人们认识到包括地球的宇宙间存在反物质。在后来的年代里,各种基本粒子的反粒子都被陆续发现。1979 年,当时的联邦德国同步辐射中心佩特拉加速器落成,正式运转,世界著名的物理学家纷纷被邀请到汉堡参加这一庆

祝活动。在典礼上，诺贝尔奖获得者丁肇中向与会的十多个国家上百名科学家介绍当时已 78 岁高龄的赵忠尧时说：“这位就是正负电子产生和湮灭的最早发现者：没有他的发现，就没有现在的正负电子对撞机。”

当然，我们必须指出，布莱克特和奥恰里尼的引文疏忽，未能凸现赵忠尧的贡献，迈特纳在文献上报告的结果与赵忠尧的观察不同，导致瑞典皇家学会对赵忠尧的研究结论提出了疑问，尽管赵忠尧的结果是完全正确的。这一切当然是赵忠尧没有获奖的重要理由。不过，正如一些年轻研究者引用吴大猷先生的话之后提出，赵忠尧未能及时正确地认识到自己的伟大发现也是客观现实。吴大猷说：“可惜，赵忠尧先生并没有把他所做的实验跟狄拉克的理论连在一起。……只可惜当时的赵先生差一点点。”^⑧同时，这位研究者还认为，赵忠尧“此后没能继续活跃在西方物理学前沿，却回到了落后、闭塞的中国，也是赵忠尧没能获此殊荣的原因之一”^⑨。这些分析无疑值得我们今天在看待赵忠尧与诺贝尔奖失之交臂问题上作为参考。

诺贝尔奖这样崇高的荣誉对任何一个科学家来说都是神圣和梦寐以求的，赵忠尧因他人的失误以及诸多其他原因而无缘桂冠，对其个人而言自然是不幸的。但是，值得庆幸的是，赵忠尧对此一直淡然处之，没有埋怨，依然一如既往地认真为祖国工作，并在科学研究以及教育方面做出了自己的杰出贡献，这种精神是真正值得我们后人学习的。自安德逊获奖后几十年，赵忠尧自己也并无多少怨言。在中国科技大学任教期间，他曾和同学们提起这段往事，也没有言及安德逊是在他的研究成果的基础上，受他的研究启发而进行实验研究并最终获得诺贝尔物理学奖的。^⑩

赵忠尧与诺贝尔物理学奖失之交臂，对于世界物理学界是一个遗憾，对于中国人来讲更是一个挥之不去的记忆。中国人这么多年来在物理学乃至自然科学方面的发展，已经开始跟上西方科学发展的步伐。但是，国人却总是有一种挥之不去的情结，就是对当今世界科学的桂冠——诺贝尔奖的企盼。从 1901 年诺贝尔奖颁发至今，还没有一个本土中国人获奖，这成了中国人心中长远的痛。尤其是到 2005 年为止，100 多年来，在 176 位诺贝尔物理学奖获得者(其中 J. Bardeen 曾两次获奖)中，有 50 位

左右获奖者与粒子物理学研究有关，粒子物理学成了物理学中获诺贝尔奖最多的一个分支。后来获得诺贝尔奖的几位华裔科学家(李政道、杨振宁和丁肇中等)也都是粒子物理学家。因此，在我国粒子物理学界，诺贝尔奖情结尤为突出。当今我国科学界盛传的中国几次与诺贝尔奖“擦肩而过”的遗憾，也大都与粒子物理研究有关。在我国学术界中，传言与诺贝尔奖失之交臂的先有吴有训在康普顿散射实验中的贡献，然后是赵忠尧在发现正电子方面的先驱工作，还有王淦昌与中子的发现。张文裕关于“张室”、“张原子”与“张辐射”的杰出成就让他名扬国际粒子物理学界，但这些冠名张氏的成就却并没有得到广泛的流传和认可。如今举世公认夏帕克(C. Charpak, 1924—)在发明、发展多丝正比室方面的贡献，而鲜有人将“张室”之成就与其相提并论。^⑪而在这一切的“遗憾”中，赵忠尧确实是最为可惜的。

当然，赵忠尧等虽然没有获得诺贝尔奖，但是，正是他们这些留洋的学子，在归国以后筚路蓝缕，以启山林，开创出了一片粒子物理研究的新天地。因此，对于中国来说，赵忠尧等回国后的创业远较其在国外做出的贡献更为重要。

①参见丁兆君：《20 世纪中国粒子物理学的发展》，中国科学技术大学硕士学位论文。

②赵忠尧：《我的回忆》，见《赵忠尧论文选集》。

③参见李炳安、杨振宁：《赵忠尧，电子对产生和湮灭》，《现代物理知识》第 10 卷第 6 期。

④以下关于赵忠尧两个重要实验的叙述，参见蔡漪澜、马彤军：《为了祖国，为了科学——记赵忠尧教授》，《自然杂志》第 6 卷第 10 期。

⑤刘红：《赵忠尧：一个本应获诺贝尔奖的中国物理学家》，《中国新闻》1998 年 7 月 6 日。

⑥《李政道：中国科学家早该获得诺贝尔奖》，浙江在线 2002 年 6 月。

⑦曹聪：《〈权谋——诺贝尔科学奖的幕后〉中文版即将出版》，易文网。

⑧参见何艾生：《关于正负电子对的早期研究工作》，《北方工业大学学报》1989 年第 3 期。

⑨吴跃农：《1936 年诺贝尔奖的遗憾》，《党史纵横》2005 年第 1 期。

⑩吴大猷：《早期中国物理学发展的回忆》，台湾联经出版事业公司 2001 年版，第 127 页。转引自丁兆君：《20 世纪中国粒子物理学的发展》，中国科学技术大学硕士学位论文。

⑪丁兆君：《20 世纪中国粒子物理学的发展》，中国科学技术大学硕士学位论文。

⑫参见方黑虎：《赵忠尧与诺贝尔奖擦肩而过》，《中国档案报》2001 年 1 月 5 日。