

赵光平 著



中学新概念课外读物
科学发现对话集

课余谈 原子核



APRTIME
时代出版

时代出版传媒股份有限公司
安徽科学技术出版社

内容范围：高中核物理部分

中学新概念课外读物·科学发现对话集

课余谈原子核

赵光平 著



时代出版传媒股份有限公司
安徽科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

课余谈原子核/赵光平著. —合肥:安徽科学技术出版社,
2008.7

(中学新概念课外读物·科学发现对话集)

ISBN 978-7-5337-2142-8

I. 课… II. 赵… III. 原子核-中学生-课外读物
IV. 0571-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 027983 号

课余谈原子核

赵光平 著

出 版 人: 黄和平

责任编辑: 刘三珊 王菁虹

封面设计: 冯 劲

插 图: 张 弘

出版发行: 安徽科学技术出版社(合肥市政务文化新区翡翠路 1118 号
出版传媒广场, 邮编: 230071)

电 话: (0551)3533330

网 址: www.ahstp.net

经 销: 新华书店

排 版: 安徽事达科技贸易有限公司

印 刷: 合肥远东印务有限责任公司

开 本: 850×1168 1/32

印 张: 7.625

字 数: 202 千

版 次: 2011 年 4 月第 4 次印刷

定 价: 15.00 元

(本书如有印装质量问题, 影响阅读, 请向本社市场营销部调换)

前言

为什么要写这套丛书?我曾与朋友谈过此问题。下面就是我与朋友的一段对话。

作: 1998年,我在网上看到了《美国国家科学教育标准》,其中的教育新概念对我触动很大,如认为中小学理科教育的目标是使学生具有良好的科学素养。

朋: 教学目标不是让学生记住很多科学知识,而是要有科学素养?

作: 对。记住科学知识并不等于有了科学素养,这相当于记住一堆乐谱并不等于有了音乐素养一样。

朋: 这确实是新概念!

作: 对。

朋: 那学生应如何学习才能达到此目的呢?

作: 听课、做题,这就是传统的学习方式。但《美国国家科学教育目标》认为仅仅像这样做是不够的,学生更多地要像科学家一样进行科学探究活动,才能达到领会科学的目的。

朋: 学习科学,光从书本上是学不会的,必须亲自参加科学探索和科学研究的活动?

作: 对。就像光学习兵书不行,必须要在战争中学习打仗一样。

朋: 现在学生不是也做不少的实验吗?

作: 当然做实验,但他们怎么做呢?照着书上规定的步骤做,得出书上规定的结果。这对学习实验技能是有帮助的,但这缺乏科学探究的趣味和意义?!科学探究是一种探索,没有现成的步骤和答案可言!

朋: 这么说,在中小学就可以开展课题研究?

作: 差不多就是这个意思,只是选择课题要适当,要适合中小学生的水平。

朋：在科学探究中学习科学——这的确是新概念！我估计这会成为未来学习的趋势。

作：对。中国教育界对此也作出了积极的反应，如在中学的新教学大纲中，强调通过科学探究活动学习科学的重要性，在物理教学中增加了“课题研究”的内容。

朋：我明白你为什么要写这套辅导丛书了，目的就是提供一些科学探究的范例，让中学生做“课题研究”时，有一个“摹仿”和参照的对象。

作：对。

朋：你这套书的最大特点是什么？

作：我采取对话的方式，给学生一个现场报道式的体验，使其有身临其境的感觉。学生从活生生的科学发现过程中，领会科学探究是什么。

朋：这些科学探究的例子所涉及的知识没有超出中学所学的范围吧？

作：没有。

朋：另外，这套丛书能帮助中学生更好理解现在的课本吗？

作：能。

朋：可以认为这是素质教育的新一代教辅了？

作：可以说这是我的初衷和想要达到的目标。

朋：你能简单地介绍一下《课余谈原子核》这一分册的内容吗？

作：这一分册讲述了从首次人工核转变到第一颗原子弹爆炸的科学探究的过程。从中学生可以了解到科学探究的基本特征为：以实证作判别的尺度、以逻辑作论辩的武器、以怀疑作审视的出发点——这就是此分册的基本内容。

赵光平

目 录

引子 科学的力量

第一部分 原子核的人工转变

第 1 天对话	α 粒子与氢核碰撞	3
第 2 天对话	如何观测 α 粒子与氢核碰撞	13
第 3 天对话	α 粒子轰击空气	22
第 4 天对话	卢瑟福的怀疑精神	31
第 5 天对话	如何尽快地发现错误	39
第 6 天对话	α 粒子轰击氮核	46
第 7 天对话	氮核被击碎了吗?	54
第 8 天对话	击碎氮核过程可用云室来观察吗?	62

第二部分 中子的发现

第 1 天对话	居里夫人的女儿错失发现中子的 机会	75
第 2 天对话	查德威克如何发现中子	84
第 3 天对话	中子在卢瑟福实验室发现是合情 合理的	95
第 4 天对话	中子是一种由质子和电子组成的 粒子吗?	107

第三部分 原子之火

第 1 天对话	对核能的一些早期看法	117
第 2 天对话	卢瑟福认为核能不可能成为实用	

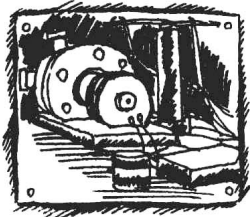
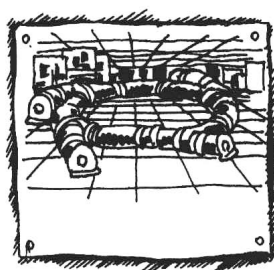
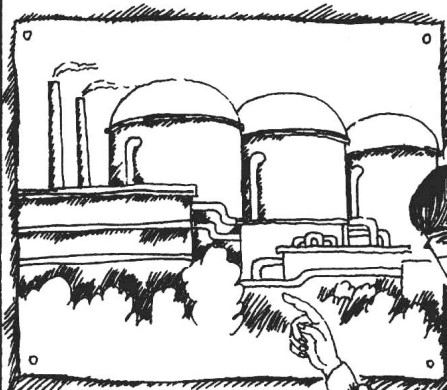
	能源	126
第3天对话	居里夫人的女儿用人工方法第一次制造出放射性同位素	135
第4天对话	为什么要花巨资建造回旋加速器?	147
第5天对话	几个“孩子”组成一个学派	157
第6天对话	用中子轰击原子核!	167
第7天对话	研究上赛跑	176
第8天对话	用中子轰击铀,你认为会出现什么?	184
第9天对话	慢中子更容易被核俘获	192

第四部分 原子弹的诞生

第1天对话	如何释放出核能?	199
第2天对话	个人有能力试制原子弹吗	209
第3天对话	如何减小试制原子弹的风险?	218
第4天对话	第一颗原子弹的爆炸	228

附录	每天对话对应的中学课本内容	235
----	---------------------	-----

后记		239
----	-------	-----



引子
科学的力量

1945年8月6日，第一颗原子弹在日本广岛爆炸，瞬间整座城市夷为平地。

全世界为核裂变释放出的能量而震惊，同时也为巨大的能量第一次释放就用来残杀人类而感到无限悲哀。

站在今天的角度，我们对这事件仍然可能想到很多。我想很多人都会想到原子弹力量很大，但可能却没有想到，比原子弹力量更大的**是人类发现核裂变的那种科学活动的方式。**

正是这种活动的方式，改变了我们今天的社会生活，并将继续对我们的未来产生巨大的影响。



第一部分
原子核的人工转变

第1天对话

α 粒子与氢核碰撞

氢原子核被击碎了,这可能是 20 世纪科学史上最重大的发现。

这个发现是怎样做出的? 卢瑟福为什么要做这项研究?

为了回答这些问题,让我们从达尔文的工作说起。因为正是他拉开了这项研究的序幕。

1914 年的一天,有一个人在书房里静静地读着几本《哲学杂志》,这是当时最有名的、由英国皇家科学协会主办的科学期刊。读期刊的人名叫达尔文(不是创立《进化论》的那个达尔文),是一名业余科学爱好者。杂志上卢瑟福所写的论文深深地吸引了他。卢瑟福认为 α 粒子产生大角散射是由于 α 粒子碰撞到原子核反弹回去造成的。当他读到这里时,先是为卢瑟福能产生如此大胆的看法而感到震惊,但接着觉得这个看法里似乎存在一点问题。按卢瑟福的看法,当高速 α 粒子撞击到金属原子核时,金属原子核仍是静止不动的。他觉得这不符合经验,确切地说不符合他小时候玩弹子球的经验。当一个弹子球撞到另外一个弹子球时,另外一个弹子球也将运动。哦,卢瑟福所说的这种情况还是可能的,比方说,当一个足球撞在一个人身上时,足球反弹回去了,人几乎是静止不动的。这里的关键是小家伙必须撞到庞然大物上。相对 α 粒子那小家伙而言,卢瑟福他们实验中使用的金、银和铂等金属原子核可以说是庞然大物了。

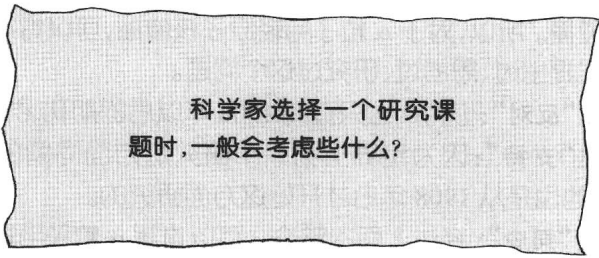
他由此迅速地意识到卢瑟福他们仅仅研究了 α 粒子与重金属原子核的碰撞情况,而当 α 粒子与轻原子核的碰撞时,情况肯定是不同的,而这还是一个有待研究的问题。

哦,终于找到一个问题了! 他近一年来不断地读各种各样科学杂志,目的就是为了找到一个“研究的问题”。

当他觉得可以缓口气时,脑海里又冒出了各种各样的疑问:这是

一个真正“研究的问题”吗？研究这个问题有价值吗？我有条件研究这个问题吗？如何研究这个问题，等等。这些疑问一古脑儿涌入大脑，脑袋里一团乱麻，千头万绪，无法思维。

达尔文暗暗地告诫自己：“达尔文，你大脑已经乱成一锅粥，你必须冷静下来，理顺思路。思维第一定理不是说一个时间只能思考一个问题或问题的一个方面吗？！来，按第一定理试一试。”



科学家选择一个研究课题时，一般会考虑些什么？

为了按思维第一定理试一试，一个达尔文必须变成三个达尔文。哦，意思当然是在思维上分成三个角色，一个充当“支持”的角色，称为达“支持”；另一个充当“反对”的角色，称为达“反对”；第三个充当“司令”角色，称为达“司令”，负责对思维过程进行控制和指挥。下面就是这三个角色组成的讨论会。

达“司令”：下面就让我们讨论 α 粒子与轻原子核碰撞是不是一个“研究的问题”。

达“反对”：判断一个问题是不是“研究的问题”的标准是别人是不是已解决了这个问题。如果这个问题在世界上早就被人解决了，你再去研究，不论你花了多少才智，都是重复劳动。重复性的工作是不能算研究的，在研究上，重复工作是没有任何意义的。这里着重区别一下研究问题与一般问题。我们平常在学校所接触的问题，如课堂上老师提的问题，课本上的习题，考试时的试题，这些都不是研究的问题，因为它们的答案早就有了。当然这些问题对我们学习是有用的和有价值的；但在研究

上,一个已有答案的问题就没有一点意义和价值了。请问达“支持”,你能肯定你提出的 α 粒子与轻原子核的碰撞仍是一个没有解决的问题吗?

达“支持”: 研究人员为了便于交流,一般都把研究结果发表在科学杂志上。我查阅了从1908年至今(1914年)几种世界上主要物理期刊,发现只有卢瑟福小组从事 α 粒子与原子核碰撞的研究工作,而他们也仅仅局限于研究 α 粒子与重金属原子核的碰撞。所以,对于 α 粒子与轻原子核碰撞,可以肯定还没有人正式提出过、思考过、研究过这个问题。

达“反对”: 你为什么只查阅1908年以后的期刊呢?

达“支持”: 因为世界上第一个研究这方面问题的是卢瑟福,而他也是从1908年后才开始这方面研究的。

达“司令”: 经过上面的辩论,可以肯定 α 粒子与轻原子核碰撞是一个研究的问题。现在我们考虑研究这个问题是否有价值。

达“反对”: 卢瑟福研究 α 粒子与重金属原子核碰撞的目的,是为了证实原子核存在,你是否也是这个目的?

达“支持”: 不是这个目的。理由:一是原子是否有核问题已被卢瑟福他们漂亮地解决了;二是研究原子是否有核,卢瑟福他们选择重金属是非常聪明的,与重金属原子核碰撞后, α 粒子大角偏转明显,对于轻原子核,这种效应就不明显了。我的目的不是研究 α 粒子与原子核碰撞后 α 粒子的偏转,而是 α 粒子与原子核碰撞后原子核的运动。与 α 粒子碰撞后,重原子核的运动是不明显的,而轻原子核则可能比较明显。

达“司令”: 达“支持”研究的着眼点似乎刚好是卢瑟福他们忽视的东西。凭这点,也许就不能否定这项研究的价值了。现在来考虑我们是否有条件研究这个问题。

达“反对”: 没有研究的条件。要研究与 α 粒子碰撞后,轻原子核的运动,一是必须有一个发射 α 粒子的源,二是必须有观测原子核运动的仪器,三是要有这方面的研究经验。而这三方面我们都没有,还空谈什么研究?

达“支持”:不要忘了,研究有两种类型,一种是实验研究,另一种是理论研究。是的,我们没有实验研究的条件,但理论研究只需一支笔,几张纸就行了。

达“反对”:你的意思就是,我们在纸上推导一下原子核与 α 粒子碰撞后的运动公式?

达“支持”:是的。

达“反对”:没有观察,没有实验,完全是纸上谈兵,这种研究有价值吗?

达“支持”:有价值。科学史上许多问题都是先有理论研究,后有实验的。比如,根据麦克斯韦从理论上预言的电磁波的频率和波长,赫兹捕获了电磁波。

达“反对”:你能肯定这项研究也能像麦克斯韦的研究那样有价值吗?

达“支持”:不能肯定。研究像探险,在探险之前我们不能保证探险能获得什么。也许这项研究是白白地浪费时间,毫无价值。

达“反对”:既然不能保证有价值,为什么要做这种无益的事呢?

达“支持”:研究上,百分之九十是没有直接价值的。但如果我们不做这百分之九十没有价值的事情,那恐怕我们永远也不可能产生那百分之十有价值的了。

达“反对”:那你的意思就是,现在科学上所取得的成果,是以前一代又一代的人用浪费大量时间“泡”出来的吗?

达“支持”:对。

达“反对”:那“效益”也太低了!我不想把有限的生命用在这不声不响的事情上。

达“支持”:这么说,你有轰轰烈烈的大事业要干?

达“反对”:我就是想干这样的大事业,只是我现在仍没有找到。

达“支持”:在没有找到“大”事业之前,让我们尝试一下这项小事吧!我们至少可以把做这种事看做像小孩玩弹子球一

样,纯粹只是为了好玩,为了兴趣,为了消磨时间。

达“反对”:你好像是不食人间烟火似的!

达“司令”:从某种意义上说,把科学理解成纯粹为了兴趣而兴趣的事业是合理的。从历史上说,很多研究者从事研究,既不可能有名,也不可能有利,但为什么能长期地把研究坚持下去呢?大概就是他们把研究纯粹理解为为兴趣而兴趣的缘故吧!我们暂时不要往这方面争论了。现在就开始 α 粒子与轻原子核碰撞的研究吧!

达“支持”:我只会高谈阔论,不知具体从什么地方开始。

达“司令”:打开你学生时候的课本,翻到有关讨论碰撞的章节。

达“支持”:这还是研究?不是变成学生了吗?

达“司令”:任何伟大的研究都是从旧知识开始的,确切地说,都是从科学家学生时候的课本开始的。

达“支持”翻到课本上有关碰撞的章节。他看到所有碰撞都是从两条基本定律来讨论的。一条是动量守恒定律,另一条是能量守恒定律。当球1与静止的球2发生弹性正碰撞后(所谓弹性碰撞指碰撞前后动能守恒,所谓正碰撞指碰撞前后两球的运动在同一直线上),根据这两条定律,则:

$$\boxed{\text{碰后球1速度}} = \frac{(\text{球1质量}) - (\text{球2质量})}{(\text{球1质量}) + (\text{球2质量})} \times \boxed{\text{球1原速度}}$$

$$\boxed{\text{碰后球2速度}} = \frac{2 \times (\text{球1质量})}{(\text{球1质量}) + (\text{球2质量})} \times \boxed{\text{球1原速度}}$$

达“支持”把 α 粒子当做球1,把原子核当做球2,则得到碰后 α 粒子速度和原子核速度为:

$$\boxed{\alpha \text{ 粒子碰后速度}} = \frac{(\alpha \text{ 粒子质量}) - (\text{原子核质量})}{(\alpha \text{ 粒子质量}) + (\text{原子核质量})} \times \boxed{\alpha \text{ 粒子原速度}}$$

$$\boxed{\text{碰后原子核速度}} = \frac{2 \times (\alpha \text{ 粒子质量})}{(\alpha \text{ 粒子质量}) + (\text{原子核质量})} \times \boxed{\alpha \text{ 粒子原速度}}$$

用公式来做一些理想实验，
也就是，在头脑中自己问自己：
“假若……会怎么样？”

达“支持”：报告达“司令”，我已经光荣地完成你交给我的研究工作了。看来研究也很容易，和学生时做作业没有什么两样。首先要判断出你解决的问题是什么类型，然后套用一下书上的公式就完了。

达“司令”：代入公式摆个式子只是第一步，为什么不用你得到的公式做一些实验呢？

达“支持”：用公式做实验？

达“司令”：我的意思是用公式来做一些理想实验，也就是在思维上做实验，自己在头脑中问自己：“假若……会怎么样？”

达“支持”：看来这种实验既省力，又有趣。让我也来试一试。

当原子核质量 = 50 倍 α 粒子质量时

$$\begin{aligned}\boxed{\alpha \text{ 粒子碰后速度}} &= \frac{(\alpha \text{ 粒子质量}) - 50 \times (\alpha \text{ 粒子质量})}{(\alpha \text{ 粒子质量}) + 50 \times (\alpha \text{ 粒子质量})} \times \boxed{\alpha \text{ 粒子原速度}} \\ &= (-49/51) \times \boxed{\alpha \text{ 粒子原速度}} \\ &\approx - \boxed{\alpha \text{ 粒子原速度}}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\boxed{\text{碰后原子核速度}} &= \frac{2 \times (\alpha \text{ 粒子质量})}{(\alpha \text{ 粒子质量}) + 50 \times (\alpha \text{ 粒子质量})} \times \boxed{\alpha \text{ 粒子原速度}} \\ &= (2/51) \times \boxed{\alpha \text{ 粒子原速度}} \\ &\approx 0\end{aligned}$$

达“支持”： α 粒子质量是 4，金原子质量是 197，上述讨论情况就是 α 粒子与金原子核正碰撞的情况。卢瑟福是正确的，

碰撞后, α 粒子以原速度反弹回去, 运算结果中的“-”表明 α 粒子是反弹回去的; 而金原子核可以近似认为仍静止不动。这也就是日常生活中一个足球碰到一个足球运动员身上的情形。看来理论计算和日常经验还蛮符合的!

当原子核质量 = 8 倍 α 粒子质量时

$$\begin{aligned}\boxed{\alpha \text{ 粒子碰后速度}} &= \frac{(\alpha \text{ 粒子质量}) - 8 \times (\alpha \text{ 粒子质量})}{(\alpha \text{ 粒子质量}) + 8 \times (\alpha \text{ 粒子质量})} \times \boxed{\alpha \text{ 粒子原速度}} \\ &= (-7/9) \times \boxed{\alpha \text{ 粒子原速度}}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\boxed{\text{碰后原子核速度}} &= \frac{2 \times (\alpha \text{ 粒子质量})}{(\alpha \text{ 粒子质量}) + 8 \times (\alpha \text{ 粒子质量})} \times \boxed{\alpha \text{ 粒子原速度}} \\ &= (2/9) \times \boxed{\alpha \text{ 粒子原速度}}\end{aligned}$$

达“支持”: 氧原子量是 16, 刚好是 α 粒子质量的 8 倍, 所以这种情形就是 α 粒子与氧原子核碰撞的情况。由于氧原子核质量比较小, 碰撞后, 原子核速度约是 α 粒子原速度的 $1/5$, 这个速度已是很可观的了。

当原子核质量 = α 粒子质量时

$$\begin{aligned}\boxed{\alpha \text{ 粒子碰后速度}} &= \frac{(\alpha \text{ 粒子质量}) - (\alpha \text{ 粒子质量})}{(\alpha \text{ 粒子质量}) + (\alpha \text{ 粒子质量})} \times \boxed{\alpha \text{ 粒子原速度}} \\ &= 0\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\boxed{\text{碰后原子核速度}} &= \frac{2 \times (\alpha \text{ 粒子质量})}{(\alpha \text{ 粒子质量}) + (\alpha \text{ 粒子质量})} \times \boxed{\alpha \text{ 粒子原速度}} \\ &= \boxed{\alpha \text{ 粒子原速度}}\end{aligned}$$

达“支持”: 这结果意味着什么? 意味着高速 α 粒子与原子核在瞬间碰撞后, α 粒子突然不动了, 而原子核则以 α 粒子速度向前运动。这似乎是不可能的。是不是哪一点弄错了? 我反复对计算作了检查, 发现计算并没有错。为什么我们没有观察过这种奇特现象呢? 按上述计算, 当一个飞速运动的足球 1 与一个同样大小的静止的足球 2 相碰时, 会出现上述现象。看来, 我应该找时间注意观察一下这种情况。另外, 在原子层次, 当 α