

高中化学竞赛教程

戴安邦  题

段康宁 主编

江苏教育出版社

高中化学竞赛教程

戴安邦  题

段康宁 主编



江苏教育出版社

(苏)新登字第 003 号

高中化学竞赛教程

主 编 段康宁

责任编辑 王瑞书

出版发行：江苏教育出版社
(南京中央路 165 号，邮政编码：210009)

经 销：江苏省新华书店

印 刷：如 皋 印 刷 厂

(如皋市网桥东路，邮政编码：226500)

开本 850×1168 毫米 1/32 印张 13.125 插页 2 字数 323,800

1991 年 10 月第 1 版 1991 年 10 月第 1 次印刷

印数：1—5,200 册

ISBN 7—5343—2152—2

G·1914 定价：7.25 元

江苏教育版图书若有印刷装订错误，可向承印厂调换

目 录

第1讲	本书的编写意图及用法	段康宁(1)
第2讲	原子论 化学计量学	蒋鑑平(7)
第3讲	气体	姚天扬(16)
第4讲	原子的电子结构	蒋鑑平(25)
第5讲	化学键和分子结构	蒋鑑平(47)
第6讲	固体的性质	蒋鑑平(62)
第7讲	溶液的浓度及其计算	孟静霞(74)
第8讲	化学热力学初步	姚天扬(89)
第9讲	化学平衡	叶静娴(100)
第10讲	化学平衡的移动	叶静娴(115)
第11讲	化学动力学初步	叶静娴(128)
第12讲	氧化还原和电化学初步	姚天扬(141)
第13讲	主族元素(一)	孟静霞(152)
第14讲	主族元素(二)	孟静霞(168)
第15讲	配位化合物	孟静霞(186)
第16讲	过渡元素	孟静霞(202)
第17讲	无机物的周期性	孟静霞(219)
第18讲	烃类化学	丁 漪(236)
第19讲	官能团化学	丁 漪(258)
第20讲	有机立体化学	丁 漪(318)
第21讲	有机反应机理	丁 漪(328)
第22讲	有机合成思路	丁 漪(338)
第23讲	有机化合物结构的测定	丁 漪(343)
第24讲	有机天然产物	丁 漪(352)

第 25 讲 高分子化合物 丁 漪(365)

化学实验部分

- 实验 1 基本操作(一)——物质的称量和取用
..... 钱亚英(371)
- 实验 2 基本操作(二)——物质的分离和提纯
..... 钱亚英(378)
- 实验 3 铵盐中氮含量的测定(甲醛法) 钱亚英(394)
- 实验 4 工业用水的总硬度的测定 钱亚英(400)
- 实验 5 铁矿石中铁的测定 钱亚英(403)
- 实验 6 可溶性硫酸盐中 SO_4^{2-} 离子的测定
..... 钱亚英(407)
- 实验 7 三氯化六氨合钴(Ⅲ)的制备 张同文(410)
- 实验 8 邻硝基酚和对硝基酚的制备 张同文(413)

第1讲 本书的编写意图及用法

自从我国参加国际中学生化学奥林匹克竞赛(IChO)以来,我们一直在探索一条将这种竞赛跟中学的化学教学接轨的体系。

我们挑选参赛选手,有两种办法可供选择。

第一种方法是办奥赛中学。招收一批高二年级的优秀学生志愿者前来就读,重点投资,改善办学条件,配备强有力的师资力量,调整教学计划,适当加重某一门选读学科。培训期长达一年,然后从这些学生中再挑选若干名组成该学科的代表队参赛。有些国家就是这样做的。与此相仿,有的省在参加全国化学冬令营的化学竞赛之前,也是这样做的。这种办法,由于培训工作起步早、培训时间长,选手的竞赛出线的机会就相对的比较,也不失为一种好方法。但是,这种方法似乎只动员了少数人参加了这项活动,对于大面积的中学化学教育,促进教学改革和提高教学质量,激发广大中学生学习化学的兴趣等方面,影响不大。

第二种方法是分级培训、逐级选拔。在中学普遍开展第二课堂(第一次培训)的基础上,组织高三的学生参加省级竞赛(第一次*选拔),从中选拔部份学生经过短期的省级培训(第二次培训),然后组队参加化学冬令营的全国竞赛,由国家队挑选(第二次选拔),入选者再经国家级集训(第三次培训)后组队出国参赛(第三次竞赛)。国家队每年仅有4名选手,但是他们经过三级培训、多次选拔,也有很好的竞争力。不过,省级和国家级培训的总时间不长,培训期的教学强度很大、三级培训的内容可能难免有重有漏,如何组织得更好,也有待研究。

* 对于有些地区市已先期举行竞赛,可能已经是第二次选拔了。

多年来,江苏省是采取第二种方法的。江苏省在全国组队中已有四届入选,选手们也都在国际竞赛中为祖国争得了荣誉。他们是:

1987年 王 志(建湖中学, IChO 19, 银牌, 免试入北京大学)

1988年 倪 祥(苏州十中, IChO 20, 银牌, 免试入南京大学)

1990年 王庆根(海安中学, IChO 22, 金牌, 免试入南京大学)

1991年 倪 浩(无锡一中, IChO 23, 银牌, 免试入南京大学)

江苏省之所以采取第二种方法,就是为了将 IChO 跟全国、全省的化学竞赛和中学普遍开展的第二课堂接轨。以江苏省这样一个中等教育水平较高的省为例,每个年级参加化学兴趣小组、开展第二课堂的学生就有 5000 多人,最后参加化学冬令营的选手只有两三名。如果仅仅是为了参加 IChO,本不需要兴师动众。但是,我们的着眼点,应该放在像江苏那 5000 多人一类的为数众多的学生身上。社会主义祖国的四化建设,“尖子”固然是需要的,而且,可以说,是十分需要的。但是,这么大一个国家,仅仅依靠少数人,是不行的。这众多学生是化学爱好者,他们有志于化学,将来可能是化学家或者是以化学为背景的各行各业的专家,如何早期开发他们的潜力,因材施教,提高教育质量是值得重视的问题。

IChO 举办的目的在于在社会公众间建立“化学”的正确形象,强调“化学”在国民经济各个部门中的重要性,使社会各界更加重视化学,吸引更多的青年投身“化学”。IChO 的命题旨在激发学生的深入思考,倡导创造性的工作,促进学生加强进取心、准确性,并考验其毅力和责任感。IChO 的命题范围包括学生已经掌握的(有些内容虽然超过中学的范围,但只要是预备题中涉及的,和竞赛题中临时提示的,都作为已经掌握的)化学和其它相关学科的知识与技能的应用。这就要求对选手学生的培养必须重视观察能力、实验能力、思维能力和自学独立工作能力以及素质的培养。所以化学竞赛实际上是对化学教育贯彻全面教育方针的教学改革的一种

尝试和提倡。

既然如此,我们就可以利用 IChO 的导向,来推动中学化学的第二课堂活动。

由于我国幅员广阔,各地办学条件不同,现行中学化学教学大纲和教材都经过多次删节。从全国来说,这套大纲也许是恰当的,但是用来要求江苏省的学生,就嫌低了。尤其是对第二课堂的学生更是如此。我们当然是强调着重能力培养的,但是能力培养并不能脱离化学知识载体,中学大纲规定的知识范围和要求,不足以担当竞赛选手培养的载体。

应当承认,中学化学教材是很难编写的。化学的各个重要分支都要求在教材中有所反映,无机、分析、有机、物化、结构甚至生化、环化、高分子各门化学都得有所介绍,有理论、有描述、有实验,而中学生负担重,计划学时、办学条件都受到限制。所以作为全国要求,就不能苛求、奢望。但是,知识大致可以分为两类:陈述性的知识(也叫说明性的知识)和程序性的知识。新近调整删节后的《教学大纲》,将若干重要的知识网络切断了(据说是为了限制高考化学命题的难度),使得中学化学知识的逻辑系统性受到损害,有些知识点之间,本来可以自然联系的,便教易学,删节后反而因此变得孤立、零碎。以致有些学生误认为学习化学就是要靠死记硬背,视学习化学为苦事。

如果我们把这些知识点联接起来,增补一些必要的知识,使知识成为逻辑性较强的网络,或者再作一些适当的加深和拓宽;只要引导得法,强调程序性知识,那末,也许,未必需要成倍的时间;收益却可以成倍增长。这就是我们为中学化学第二课堂编写本书的意愿。

由于中学化学第二课堂培训讲座涉及的化学分支学科很多,为了方便师生、集无机、分析、有机、物化、结构各科于一书,避免同时选用多本教材的不便,编写了本书。这仅是一种尝试,如何编排

得更好,还将继续听取使用本书的师生的宝贵意见,不断修改。

全书分为四个部分。第一部分是化学原理(第2—12讲),包括结构化学和物理化学的初步,从微观和宏观上为了解化合物性质和化学反应奠定基础,本部分还介绍了化学计量学和化学计算,使读者对各种概念经常从性质和数量上两方面考虑问题。第二部分是无机化学基础(第13—17讲),按照元素周期表将元素分区族分别加以介绍,由于有前面化学原理的理论基础,大量的知识就容易连成网络、求同求异,容易理解和掌握。第17讲再次重申周期性质并加以概括。第三部分是有机化学基础(第18—25讲),仍然是着重以结构统率和理解有机化合物的性质和反应,本部分还介绍了有机合成、有机分析和有机反应机理,在内容和方法论上都可以使学生登上新台阶。第四部分是化学实验(实验1—8)包括从物质的称取天平的使用等基本操作开始到络合物、有机化合物的制备。鉴于中学化学的实验条件限制,所用仪器药品都是容易采购的,而且实验总量不算太多。但是包括了定性定量(重量和容量)分析和一般分离提纯的最主要的方法。更多的实验内容只能留待省级以上培训时再训练。

本书只提供了讲座的内容,对于教学方法没有展开讨论。虽然在精选例题和编写习题方面下了功夫,但是如何使用本书却有待于讲座教师的教学经验加以完善。在此我们提出若干参考性意见。

第二课堂可以采取讲座的形式,也可以采取教师主导下的以学生自学为主的形式。因为第二课堂并不受《中学化学教学大纲》的约束,可以因人因时而异,所以要强调因材施教。有的进度快,有的进度慢。有的重点讲授,有的可以概略介绍甚至略去。不必强求一律、“齐步走”,以致使得有的学生“吃不饱”、有的学生却“吃不了”。并且注意以下几条教学原则:

- 一、教师的主导作用和学生的主体作用相结合;
- 二、教学的循序渐进性和学科(或课题)的整体性相结合;

三、高速度、高难度、高强度教学和学生可接受性相结合；

四、传授知识、技能和培养能力养成学习方法相结合；

五、知识教育和素质教育相结合。

总的教学进程应该是高速度、高难度和高强度的。因为只有高速度，才容易形成整体概念。有了整体概念，再反刍、咀嚼、消化细节，目的性明确、脉络清楚、主次分明。通过联系、比较，对所学内容反而容易理解掌握和有序贮存。也为今后知识块的统摄和分解、迁移和重组打下更好的基础。例如，讲清楚了可逆反应化学平衡的基本概念，那么，什么酸碱平衡、电离平衡、氧化还原平衡、溶解沉淀平衡、液相和气相的平衡甚至络合平衡等等，都容易举一反三。讲清楚了官能团的特征结构和反应，那么同系列化合物的性质可以逻辑推理，甚至多官能团化合物也可以推测到“八九不离十”。

教学进程中当然主要是讨论化学问题，但是我们主要是以化学知识技能为载体，培养能力、训练“方法”、提高素质。因为竞赛的知识内容可以延伸到科技前沿、未知领域，解决这些问题的知识点、可能由预备题提示，可能在考卷、试题中临场提示，所以要着重自学能力和应变能力的培养。学习化学，兴趣当然可以引发学习动机。但是仅仅依赖兴趣是不能持久的。要在培训中提高到理想、意志，要锻炼毅力、加强责任感，这样的动机才是持久的、经得住考验的，才能表现出强烈的进取精神和唤起创新精神。

选手们竞赛的每一次胜利，由校队、地市队到省队、全国队，“身份”的每一次改变，意味着责任的加重，有些选手能够坚持拼搏，最后胜利夺牌，有的选手却会临场畏缩，轻易放弃，最后名落孙山。除了知识之外，实在还有素质问题。

在教学原则中，我们强调教师主导作用和学生的主体作用相结合以及传授知识技能和培养能力相结合，具体地说，就是希望教师在教学中要注意引导：

不但要告诉学生应该：(1)怎样做？

更要交代：(2)为什么要这样做？

还要让学生懂得：(3)怎么会想到要这样做？

进一步还要讨论：(4)不这样做行不行？还有没有别的方法？这些方法中哪一种更好？

如果有余力，还要假设自己是命题者，探讨一下：(5)这个题目可以作怎样的转换，变成几道更有新意的题目？

化学竞赛题的命题，跟高考化学题的能力题智力题类似，不过是知识内容面较宽，因而可以作更大范围的变化。但是仍然不外乎是知识点的串联、并联、断接、迁移、转换、逆行、统摄、发散、收敛、具体问题抽象化、抽象问题具体化、讨论等等。因此，在第二课堂上采用这种讨论的方式，无论是对竞赛或者是对高考都是有利的。甚至可以这么说，对学生今后探讨其他问题，从事某项工作，考虑如何选择最佳方案，创新发明也都是有利的。

这就叫做以化学知识和技能为载体，着重能力培养。这就叫做竞赛跟中学教学接轨。

第2讲 原子论 化学计量学

一、原子论

在所有早期的化学理论中,最为重要的是原子学说。1803年,道尔顿提出了原子假说,其基本要点可概括为:物质由原子组成;原子是物质不可再分的微粒子;一种原子可以组成一种单质,称为元素;两种或两种以上原子组成的纯物质,称为化合物。1811年阿佛加德罗提出分子概念加以补充。这样就可以解释化学变化的三个基本定律,即质量守恒定律、定比定律和倍比定律。当这一假说被化学和物理学上的进一步研究证实时,道尔顿的原子“假说”就成为原子“学说”了。原子是的确存在的,现今已被公认为事实。

随着科学的发展,以上所提的原子学说又必须修正和补充。例如:发现放射性元素以后,我们知道,原子可以蜕变和分裂。因此,原子也不是不可分割和转变的。原子由更小的微粒组成。不过,在通常的化学反应中,仅仅发生了原子的重新组合,并没有发生某种原子变成其它原子的情况。所以,原子是物质进行化学反应的基本微粒。

二、原子的组成

实验证明,原子由原子核和核外电子组成。实验测得原子核的体积很小,它的直径约为 10^{-13} 厘米,粗略等于原子直径(10^{-8} 厘米)的十万分之一。可见,原子核和电子之间是十分“空旷”的。原子核又由质子和中子组成,带正电荷,它几乎集中了原子的全部质量。电子带负电荷,电场把核和电子“束缚”在一起,形成相对稳定的原子,整个原子是电中性的。

电子、质子、中子称为基本粒子,表-1列出了它们的特征。√

表-1 原子中基本粒子的特征

基本粒子	符号	质量(kg)	相对原子量	近似值	电荷(电子单位)
质 子	p	1.673×10^{-27}	1.007	1.0	+1
中 子	n	1.675×10^{-27}	1.008	1.0	0
电 子	e	9.110×10^{-31}	0.00055	0.0	-1

从表 1 可以看出原子组成有如下关系:

1. 核电荷数=核内质子数=核外电子数=原子序数(Z)。

2. 原子的质量数(原子量的整数部分)(A)=质子数(Z)+中子数(N)。

人们把具有相同核电荷数(Z)的一类原子,总称为一种元素。目前已知 109 种元素,即原子的核电荷数从 1—109。元素核电荷数由小到大的顺序号,称为原子序数(Z)。

同种元素的原子虽然质子数必定相同,但是中子数却可以不同。例如,氢元素有三种原子,它们都各含有一个质子,而含有的中子却可以不同,分别为 0、1 或 2 个,通常用 ${}^1_1\text{H}$ (普通氢原子,叫做氕,读作撇)、 ${}^2_1\text{H}$ (俗称重氢,叫做氘,读作刀)、 ${}^3_1\text{H}$ (俗称超重氢,叫做氚,读作川)表示。中子数不同的同一元素的原子,互称“同位素”。碳有三种同位素: ${}^{12}_6\text{C}$ 、 ${}^{13}_6\text{C}$ 、 ${}^{14}_6\text{C}$,其中 ${}^{12}_6\text{C}$ 原子质量的 1/12 被定作国际原子量标准。目前,各种元素的同位素已超过 1800 种。同一元素的各种同位素的原子核虽有差别,但他们的化学性质基本相同。

三、物质的量及其单位——摩尔

虽然目前的科技水平已能检出单个原子或单个分子的行径,但是通常情况下,即使是一个非常小的宏观体系,也包含着数目很大的分子或原子。为了减少因大数目的原子数或分子数去表示物质的量而引起计算上的麻烦,人们引入了“摩尔”作为衡量“物质的量”的单位。

1971年第十四届国际计量会议上把摩尔(mol)正式定为七种最基本衡量单位之一,并做了如下的定义:“1mol物质所含的“结构粒子”的数目和0.012Kg碳-12(^{12}C)所含的原子数目相等。“结构粒子”可以是原子、分子、离子、电子及其它粒子,或是这些粒子的特定组合。”

据实验测定,0.012kg ^{12}C 含有约 6.022×10^{23} *个碳原子。由此可知,1mol任何物质都含有约 6.022×10^{23} 个粒子。 6.022×10^{23} 这个数字称为“阿佛加德罗常数”,通常用符号 N_A 表示。

由于摩尔是代表微粒子大数量的集合体,不可能用数数的办法来计量它们的数目,测量任何物质的量只能通过质量的称量或其它关系计算出来。

1mol物质的质量叫做“摩尔质量”,用符号M表示,单位常用 $\text{kg} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。根据摩尔的定义, ^{12}C 原子的摩尔质量是 $0.012\text{kg} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

任何元素的“相对原子量”是以 ^{12}C 原子为比较标准的,即规定 ^{12}C 的原子量为12。而1mol不同元素的原子含有相同的原子数,所以1mol不同元素原子的质量之比等于它们的原子量之比。例如,1个碳原子与1个硫原子的质量比是12:32;1mol碳原子与1mol硫原子具有相同数目的原子;所以1mol碳原子与1mol硫原子的质量比也是12:32;1mol碳原子为12g,那么1mol硫原子为32g,即硫原子的摩尔质量为 $32\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。由此可以得出结论:任何元素原子的摩尔质量,单位为 $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$ 时,数值上等于其原子量。同理,可以推广到分子、离子等微粒。例如,水的摩尔质量为 $18.02\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$;NaCl的摩尔质量为 $58.44\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$;OH⁻的摩尔质量为 $17.01\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$ 等等。

在运用mol单位时,应该注意标明粒子的性质。不应该笼统

* 这个常数,现在报导的数据是 6.022045×10^{23} 。

地写 1mol 氢。因为 1mol 氢原子是 1.008g, 而 1mol 氢分子是 2.016g。

物质的量(n)、物质的质量(m)和摩尔质量(M)之间的关系可以用下式表示:

$$n = \frac{m}{M}$$

四、化学计量

在化学中,有关化学组成和化学变化中量的关系及其计算,称为“化学计量”。化学计量通常包含有:

(1) 化学反应中反应物消耗量和产物生成量的计算(包括物质的组成、百分含量、化学式的确定、原子量和分子量的计算等等)。

(2) 化学平衡时参加反应的各种物质在体系中的关系。

(3) 反应过程中单位时间内各物质变化的数量。

(4) 伴随反应过程的能量变化。

本讲只讨论第一方面的化学计量,其它三方面将在以后几讲中介绍。

一般化学计量的程序大体分为如下四个步骤:

(1) 列出必要的化学式或化学反应方程式,以便通过原子组合及其变化了解有关物质的质量或其它物理量之间的关系。

(2) 把质量或其它物理量换算成为以摩尔为单位的量。

(3) 利用化学式、反应式以及有关的关系式,计算未知物质的量。

(4) 换算为欲求的未知数。

计量方法往往是多种多样的,上述各步有时可以合并,有时可以省略。对于较简单的化学计量,可以直接用比例法,但较复杂的化学计量,用比例法就很麻烦。如果按上述步骤经过必要的摩尔换算,计算起来就比较方便。化学计量时,首先找出必要的以摩尔为单位的“物质的量”的关系,然后再列式求解,这种方法称为“摩尔

法”。摩尔法的方便之处可以从以下一些实例中看到。

例1 经实验测定硫和铁的某种化合物中含铁 46.5%，含硫 53.5%，试求这种硫和铁的化合物的经验式(最简式)。

解 假设这种硫铁化合物的质量为 1kg(质量的数值可以任意选取)。那么，试样中各组分的质量和物质的量均可计算出：

$$\text{铁的质量} = 1.00 \times 0.465 = 0.465 \text{kg}$$

$$\text{硫的质量} = 1.00 \times 0.535 = 0.535 \text{kg}$$

$$\text{铁的物质的量} = \frac{0.465 \times 10^3}{55.8} = 8.33 \text{(mol)}$$

$$\text{硫的物质的量} = \frac{0.535 \times 10^3}{32.1} = 16.6 \text{(mol)}$$

从计算的结果，得知铁和硫的物质的量之比，即原子数之比应为：

$$\frac{\text{铁的原子数}}{\text{硫的原子数}} = \frac{8.33}{16.6} = \frac{1}{2}$$

可以断定这种硫铁化合物的经验式是 FeS_2 。

例2 K_2CO_3 试样质量为 27.6kg，用一系列试剂处理，最后得 $\text{K}_2\text{Zn}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]_2$ 。问，最多能得此产品多少千克？

解 产品只保留原料中的 K 和 C 两元素，原料中 K : C 的原子比为 2 : 1，而产品中为 1 : 6，因此在一系列反应中，K 肯定要损失。只能用 C 原子作计算依据。

$$\text{原料中 C 原子的物质的量} = \frac{27.6 \times 1000}{138}$$

$$= \text{产品中 C 原子的物质的量}$$

$$\text{产品中 C 原子的物质的量} \\ = \frac{\text{产品的最大产量} \times 1000}{698} \times 12$$

$$\therefore \text{产品的最大产量} = \frac{27.6 \times 698}{12 \times 138} = 11.6 \text{(kg)}$$

例3 某气体是由碳、氢、氮组成的化合物。燃烧 1 体积该气体得 2 体积 $\text{CO}_2(\text{g})$ ，3.5 体积 $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 和 0.5 体积的 $\text{N}_2(\text{g})$ 。假定体积的测量都是在相同条件下进行的。求该化合物的经验式。又，

这个经验式是否就是分子式？

解 分子中的原子比 C : H : N

$$= \text{CO}_2 \text{ 体积} : 2 \times \text{H}_2\text{O 体积} : 2 \times \text{N}_2 \text{ 体积}$$

$$= 2 : 7 : 1$$

∴ 经验式为： $\text{C}_2\text{H}_7\text{N}$

因为 N 是三价，所以用 CH 代替 N，该经验式即成为 C_3H_8 ，相当于烷烃，可见化合物已经饱和。所以经验式就是分子式。或者，用下法常规计算论证。

设该分子式为 $(\text{C}_2\text{H}_7\text{N})_n$ 即 $\text{C}_{2n}\text{H}_{7n}\text{N}_n$ 。选择碳作为计算 n 的参考原子。

原料体积 : CO_2 体积 = 原料分子的“物质的量” : CO_2 的“物质的量”即

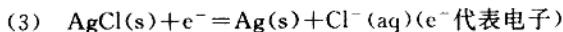
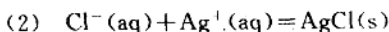
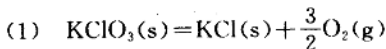
$$1 : 2 = 1 : 2n$$

$$\therefore n = \frac{2}{2} = 1$$

结论： $\text{C}_2\text{H}_7\text{N}$ 就是分子式。

例 4 纯 KClO_3 重 $4.008 \times 10^{-3} \text{kg}$ ，全部分解为 $2.438 \times 10^{-3} \text{kg}$ 的 KCl 以及若干 O_2 ，将 KCl 全部溶解在水中，加入过量硝酸银，产生 AgCl 沉淀 $4.687 \times 10^{-3} \text{kg}$ 。进一步将 AgCl 还原为银，得 $3.531 \times 10^{-3} \text{kg}$ 。已知氧的原子量为 16.0，根据这些数据计算 Ag、K 和 Cl 的相对原子质量。

解 各反应的方程式为：



设 K、Cl、Ag 表示各相应元素的未知原子量，从反应式可得如下关系式：

$$(1) \frac{4.008 \times 10^{-3}}{(K + Cl + 48.00)} = \frac{2.438 \times 10^{-3}}{(K + Cl)}$$