

化学实验 发展与原理 (二)

文强 编著

目 录

化学实验与理论思维	1
理论思维在化学实验中的作用	1
化学实验准备阶段的理论思维	2
化学实验实施阶段中的理论思维	11
化学实验结果处理阶段中的理论思维	19
以实验为基础的化学教学观	29
实验的含义	30
学生的实验能动性	37
实验探究教学	47
化学实验的启示	60
氯酸钾热分解反应	61
酚酞在不同条件下的颜色	63
酸碱指示剂	65
关于化学平衡及平衡移动的几个简单实验	69
二氧化碳和石灰水溶液实验的问题	72
浓度对平衡移动的影响	77
要重视反应过程中溶液酸度的改变	80
氢氧化铜和氨水的反应	85
硫酸铅溶于硝酸的反应	90
氢氧化铁沉淀的性质	94
铁()和碘(I)的反应	98
镁和某些溶液的反应	102
锌和硫酸溶液的反应	107
酸碱性与化学反应	111
亚硝酸钠和碘化钾反应	115
改变温度将引起什么结果	118

和结构、组成有关的几个实验	122
如何制备铜()化合物	129
科学思维的训练	134
单因素考虑问题是不全面的	135
把一个问题解析为若干个较为简单的问题	138
讨论时应注意量	149
处理多因素问题的一种方法	154

化学实验与理论思维

化学实验作为一种能动的实践活动形式,它意味着,一方面化学实验是化学理论产生的源泉和检验标准,另一方面化学实验需要一定的化学理论做指导。贬低化学实验作为化学科学认识基础的重要作用,化学理论将因失去源泉和营养不良而枯萎;忽视理论思维对化学实验的指导作用,化学实验也会因其盲目性而丧失力量。在化学教学认识中,实验与理论思维也具有同样的关系。在这里,我们着重讨论理论思维在化学实验中的作用。

理论思维在化学实验中的作用

这里所说的理论思维是一个有广泛含义的概念,它既含有哲学思维(即世界观和方法论),又含有自然科学中的理论和假说,以及联想和想像力等。当然,还含有逻辑思维。正如前面讨论过的,化学实验与其他自然科学的实验一样,它的直接目的在于解决一定的化学科学研究任务,化学实验产生的结果使人们获得了对实验对象的认识,或是检验一定的假说、理论。所以,它总要受一定的哲学思想的影响和支配。化学实验作为科学研究的一种实践和手段,又总是与化学科学中的理论、假说密切联系着,离不开理论的指导和运用。化学科学研究中的实验是一种创造性的活动,没有想像力或离开了联想,都将会直接影响实验目的的完成。化学实验离不开思维活动,不仅需要思维材料,还需要正确的思维方

法。

从认识论和方法论的角度对化学实验的全过程进行分析，化学实验不但是一种感性活动过程，而且更重要的是一种理论思维活动过程。它本质上是理论思维的物化，所以，不但要把化学实验当作感性活动来把握，更重要的还在于把化学实验当作理论思维活动来把握。认识到这一点，对全面理解化学实验的实质是极其重要的。有了这种认识就不会简单地认为化学实验是与理论思维无关的纯粹的感觉、知觉阶段。纯粹的感觉和知觉只是作为意识的萌芽存在于人的意识形成的史前时期，存在于动物和婴儿的心理活动中。对于从事化学科学认识活动的化学科学工作者，他们是智力成熟的人，对于进行化学教学认识活动的学生，他们也具有一定的知识基础，因此，他们的认识无论处于何种水平，都是感性和理性的统一，都不可能脱离思维。

任何类型的化学实验，其全过程都可分为如下的三个基本阶段：实验的准备阶段、实验的实施阶段和实验结果的分析处理阶段。理论思维在实验的各个阶段都起着重要作用。

化学实验准备阶段的理论思维

一、化学实验准备阶段理论思维的重要性

实验成功的关键主要决定理论思维作用发挥得如何；以及实验准备工作是否周密细致。实验前的周密思考和精心设计之所以重要，是因为实验方法的巨大力量，在于它能够把某些理性活动的成果物化为一定的物质形态，再从物质的客观运动中吸取具体的感性表象，从而

正确地反映客观对象,进而把握对象的本质。实验准备正是为这种物化准备提供必要的理论前提,并为努力实现理性前提的这种物化做好前期的各项准备工作。

科学史上大量成功的实验都是与他们在实验准备阶段充分运用理论思维,做到苦心思索、精心设计有关。例如,前面提到的比利时化学家赫尔蒙特做过的那个著名的实验,他根据实验观察到的事实,得出了水能变成土的结论,因而认为水是自然界最基本的元素之一。后来,拉瓦锡经过周密思考之后,采取了新的实验措施,使用天平进行称量,重复了赫尔蒙特的实验,实验结果否定了赫尔蒙特的结论,他提出了水不能变成土的看法,并指出沉淀物是蒸馏器被溶解下来的物质。后来,经过瑞典化学家舍勒对这种沉淀物的进一步分析,证实了拉瓦锡的结论是正确的。这个事实生动地表明了实验前的周密思考、精心设计是多么的重要。

二、化学实验准备阶段中的理论思维

在化学实验准备阶段通常需要进行五项工作,即实验课题的选择、确定实验目的、明确指导实验设计的理论、进行实验设计、实验仪器与设备和化学药品的准备。每项具体工作中都需要理论的指导,都要进行积极的思维活动。

1. 化学实验课题选择中的理论思维

(1) 化学实验课题与化学(实验)问题的关系。

化学实验课题,就是从化学(实验)问题中选择出来的,需要通过实验研究求得答案的问题。化学实验课题的选择,必须遵循三个原则,即化学实验课题的选择一定要遵循有效性、可实现性和最优化原则。可见,化学实验研究的课题必须从化学(实验)问题中来选择,但是

并不是所有的化学(实验)问题都能被选为现实的实验课题,只有经过认真分析、思考、做出判断,认为符合上述三条原则的化学(实验)问题才能被选中。

(2)化学实验课题的正确选择需要充分发挥理论思维的作用。

化学实验课题的选择是进行化学实验研究的有决定意义的关键一步。化学实验研究并不是都能取得成功的,失败是常见的,其原因当然很多,但选题不当,常是导致失败的原因之一。正确的选择是一项既重要又复杂的工作。英国著名的晶体物理学家贝尔纳就曾提出:“课题的形成和选择,无论作为外部的经济要求,或者作为科学本身的要求,都是研究工作中最复杂的一个阶段。一般说来,提出课题比解决课题更困难……所以评价和选择课题,便成了研究战略的起点。”因此,许多科学工作者认为,科学研究的选题本身就是一项科学研究。那么,怎样才能选中正确的化学实验研究题目和对问题的意义做出恰当的评价呢?关键在于从事化学实验研究者是否具有较雄厚的化学科学基础知识,是否能在了解和分析化学学科某一领域背景知识的基础上,充分运用想像力,发现和提出具有发展前途的实验研究题目。而理论思维在这里起着重要的作用。

在确定了化学实验选题和了解所要研究的问题之后,还要以一定背景知识为基础,运用理论思维对所研究的实验问题进行分析,把一个大问题分解成具有一定层次和相互联系的许多小问题,为找到解决这个问题的步骤和相关的网结,为化学实验设计提供依据。如法国化学家莫瓦桑为解决制取游离氟的问题,以氟的制取为实验课题进行了实验研究。他在以氯、溴、碘以及氟化

物等知识为背景,对氟的性质已经有了初步认识的基础上,经过思考,解决了电解法制取单质氟的几个关键性的前问题,这些前问题就是:使电解原料(反应物)变成导电的电解液、电解装置(器)和电极要耐腐蚀、防止氟的逸散以及便于检验等。又如电解器又涉及到电解器与电极的材料以及它们的形状、电解器的封口等更具体的问题。这些问题得不到解决,游离氟的制取将会受挫,这些不同层次、相互联系的前问题,就成了解决所要研究的课题的必要条件。这就说明了问题的分解在化学实验研究中具有十分重要的意义,通过对问题的分解,为实验主体提供解决问题的方向和方法;另外还说明了实验主体必须具有分解问题的能力和深刻的洞察能力,而这些都需要发挥理论思维的重要作用。

中学化学教学中需要通过实验解决的问题是化学科学中早已经解决了的一些最基本的问题,已不再成为化学科学研究的对象。这些实验问题是在化学教学大纲和化学教材中事先规定下来的,是完成中学化学教学任务所不可缺少的重要教学内容,通常勿需教师或学生做什么选择。但是,对化学实验问题结构的理解和对化学实验问题的分解,却离不开理论思维。因此,教师在实验实施之前,对学生进行必要的引导,使他们在一开始就进入积极的思维状态,这对顺利完成教学任务和提高学生的科学素质是十分必要的。

2. 化学实验目的制定中的理论思维

在着手进行实验设计之前,首先应该明确此项化学实验要达到什么目的。不论是化学科学研究中的实验,还是化学教学中的实验,都必须有明确的化学实验目的。化学实验目的是化学实验的灵魂,是化学实验设计方案

的重要内容之一，必须认真制订化学实验目的。

(1)化学实验目的是调节、控制化学实验主体的内在因素。

化学实验本身就是一个有目的的化学实验主客体相互作用的实践活动过程。事实上，确定化学实验课题、选择化学实验对象并不是无缘无故的，而是为了解决某个或某些化学问题，实现一定的化学实验目的。因此，在确定化学实验课题一开始就已经蕴含着化学实验主体对实验客体的某种要求。这种要求反映在化学实验主体的头脑中，就成为推动化学实验主体进行实验活动的内在动因。化学实验目的作为化学实验活动的一个内在因素，贯穿、渗透于化学实验的全过程和化学实验结果之中。化学实验目的作为实验主体头脑中的观念，调节、控制着其自身与化学实验客体的相互作用，这本身就是一种理论思维活动。化学实验目的关系到化学实验能否顺利进行的问题。所以，不论是化学科学工作者，还是化学教学中的教师或学生，在进行化学实验之前，都必须制订出明确的、切实可行的化学实验目的。

(2)化学实验目的是实验主客体之间的观念关系向实践关系转化的一个必然环节。

化学实验目的虽然属于主观观念的东西，但它是实验主体实践活动的直接动机，并为实验活动指明了努力的方向和预想的实验结果。它还作为调节、控制实验主客体之间相互作用的因素，规定着实验活动的步骤、方式和方法，协调各个环节间的关系。

化学实验目的的本身还是为之努力、期盼达到的一种理想，因此，它能促使化学实验主体在实验活动中产生一种为理想而拼搏的强烈意志和情感。这种意志和情

感能使实验主体的主观能动性得到最好的发挥。

化学实验目的构成化学实验者的观念、理想，必须通过化学实验才能把这种观念的东西转化成为变革、改造化学实验对象的现实活动，并在化学实验中实现它。化学实验所取得的实验结果，是否实现了预期的化学实验目的，就是对化学实验目的所依据的思想、理论是否正确的一种检验。

总之，化学实验目的是化学实验主客体之间的观念关系向实践关系转化的一个重要环节，并贯彻于实验主客体相互作用的实践全过程。最后又对象化于化学实验活动的结果之中。因此，可以说化学实验目的是化学实验活动的灵魂，化学实验必须有明确的目的。确定化学实验目的是一个理论的逻辑演绎的过程，提出明确的化学实验目的必须充分发挥理论思维的作用。

3. 明确指导化学实验设计的理论

在确定了化学实验目的之后，不能马上进行实验设计，而是要先弄清指导化学实验设计的理论是什么，然后在这种理论指导下再去设计化学实验方案。在这里，指导理论是将化学实验目的与实验设计二者联系起来的中间环节。没有这一步，就不能很好地从化学实验目的过渡到实验方案的设计上，即使作了实验设计，也会因缺乏理论根据而使实验不能达到预期的目的。明确了指导理论，实验设计就有了根据，有了方向。化学实验者就可以根据这种理论弄清该采用什么方法和手段，通过什么步骤、从什么方向去实现已经确定的化学实验目的，并可以根据这些理论进一步作出逻辑推理，预测可能遇到的困难，事先考虑好如何创设条件去克服它，还会估计到可能取得的实验结果等等。

4. 进行化学实验的设计需要理论思维

关于化学实验设计的意义、类型和内容、原则和优选标准等，在前面已做过讨论。这里着重从理论思维的角度对化学实验设计，做进一步的探讨。

(1) 化学实验设计是实现化学实验目的的观念模型。

任何一项现实的化学实验都是具体的实验，它不但有所要实现的特殊的实验目的，还必须有根据这个目的制订的实验计划(即实验设计或观念模型)。毛泽东曾指出：“一切事情是要人做的……做就必须先有人根据客观事实，引出思想、道理、意见，提出计划、方针、政策、战略、战术，方能做得好。”做化学实验也应如此，在化学实验正式实验之前，要做好化学实验设计。化学实验设计是化学实验目的的具体化的观念模型。它是化学实验主体借助理论思维在头脑中建构的一种观念性的东西，但它又是具体化了的。这种具体化是指化学实验目的的具体化，是指实现化学实验目的的实践活动过程的具体化。但是这种具体化并不是现实的具体，而是在观念中实现的，以文字说明、化学用语和化学专用符号、图与表等的外表形式感性化地体现在书面上的。建立这种化学实验观念模型的过程本身就是运用理论和理性方法进行积极的思维过程。

(2) 制订化学实验设计方案中的理论思维。

进行化学实验设计是一项复杂而又细致的工作。这项准备工作做得如何，关键在于是否能很好地进行理论思维。科学史上许多著名的实验，无不铭刻着理论思维在实验设计中的功绩。

为了使化学实验目的和化学实验实施过程的活动在观念中实现具体化，在形成书面的化学实验设计之前，

要对该项化学实验所涉及的一系列具体问题进行认真的分析和周密的思考。

首先,对该项化学实验所涉及到的化学原理、对参加化学反应的各种物质的性质要有较全面、较深入的了解和认识。要尽可能估计到在什么样的实验条件下,可能发生什么样的化学反应以及产生什么样的实验结果。在此基础上再做细致而具体的思考,确定在怎样的实验条件下,才能使有关化学反应向着实现化学目的的方向发展。

其次,还必须按照化学反应原理,根据化学反应物质和生成物质的性质、实验条件的控制、发生反应时可能产生的能量变化,来预选实验方法和手段。甚至对选用仪器的规格、仪器的联结安装方式都要仔细考虑。然后,确定实验操作的程序和步骤,并在思想上进行“实验”,头脑中要考虑好每一步应怎样操作,操作方法上应注意些什么,怎样进行观察,如何使实验过程中的每一环节、每项操作都成为有目的、有计划的具体活动,并构成一个有序的联系的整体。

再次,化学实验主体要对自身的化学知识基础和理论水平、实验操作水平、现代化测量手段掌握的情况等也应做出全面的、切合实际的评价,充分估计自己是否有能力胜任该项实验研究。明确自己的不足,找到弥补的办法,努力给以补救。

另外,对化学实验过程中可能遇到的困难和克服的办法,都要尽量做好思想准备。甚至在一开始就可以做出两套或多套不同的实验方案,即设计几种不同的实验路线去完成同一个实验目的的实验方案,运用理论思维,在头脑中对它们进行“实验”,对它们各方面的情况做出

周密分析,并加以比较,从中确定一个较理想的观念模型,然后着手完成化学实验设计的书面材料。

化学教学中的实验设计与化学实验研究中的实验设计相比较,通常都有可参考的现成的模式,在内容上要简单些、在层次上也低一些,因此比较容易完成。但是为了满足化学教学上的一些特殊要求,同样需要在上述几个方面进行理论思维,教师的任务就是要正确地、适时地引导学生运用理论思维做好化学实验设计。

5. 化学实验手段和化学药品准备的理论思维

化学实验仪器、实验装置、设备、工具等的选择和准备,并不是纯物质的活动,也要以理论为指导。从实际上说,化学实验仪器、实验装置、设备(特别是现代化的实验仪器和设备)是理论和理性方法的物化,它不仅含有大量自然科学知识(包括化学、光学、电学和热学等方面的知识),还包含着诸如分析和综合、归纳和演绎、抽象、比较和类比等逻辑思维方法。可以说,化学实验仪器、装置和设备就是自然科学理论和理性方法外化而形成的物的形态。即使常用的、最简单的实验仪器、装置(如启普发生器、滴定管、冷凝管、试管、烧瓶、试剂瓶等)的使用也蕴含和凝结着一定的理论和逻辑思维方法。

对于多数的化学实验来说,都是利用前人提供的、现成的化学实验仪器、装置和设备。因而,在这方面需要的是实验者结合化学实验内容选择实验仪器,并对这些仪器的性能和作用应有所认识,并善于把它们组合安装在一起。而实验仪器的选择和组合都要有相应理论知识的准备。特别是对那些结构较复杂的现代化、自动化的实验仪器,以及现代化的测量仪器系统,除了事先就要掌握科学的使用方法外,还应对它的基本结构、构造

原理、使用时的注意事项等，从理论上有一定的了解。

特别值得注意的是，不论在化学实验研究中，还是教学中的实验，有时为了提高实验质量和观察效果，需要实验主体亲自动手改进原有实验仪器或实验装置，或对实验仪器、装置进行新的创制，在这里除了实验主体需要具有坚持不懈、勤奋刻苦的精神外，创造性地运用理论知识和科学思维方法，则起着关键性的作用。

化学实验准备中的物的因素除了实验仪器等，还有作为实验对象或实验材料的化学药品。在许多情况下，化学实验课题和实验内容就已决定了在什么实验对象和哪些对象上来进行实验。有的情况，可以用不同的实验材料作为实验对象去实现某种化学实验目的(如氯酸钾、高锰酸钾、水都可作为制取氧气的实验对象)。在这种情况下，实验材料的选择靠的仍然是理论。化学药品的准备，如果缺乏或忽视理论知识的指导，甚至连最简单的溶液、试剂的配制也会出现科学性错误。这不仅会直接关系到实验的成败，严重的还会有危及人身安全的实验事故发生。因此，我们说实验仪器和实验对象等的准备并不是纯物质的活动，也必须发挥理论思维的作用。

化学实验实施阶段中的理论思维

化学实验实施中的具体操作，是感性的物质活动的过程，其目的在于把蕴含于化学实验目的和化学实验设计中的理论思维，通过物质手段和实验操作方法外现于感性的具体实践活动中。化学实验主体(或实验观察者)则通过观察从实验对象的变化中获得有意义的化学实验事实。实验离不开观察，实验中的观察，不是一种消极

的观看，而是一种积极的思维过程。因此，在实验实施中理论思维始终起着十分重要的作用。

一、化学实验观察中的理论思维

1. 化学实验观察中的知觉定势

化学实验过程中，实验主体首先通过感觉器官同化学实验对象发生联系，接受来自实验对象发出的信息，同时对这些信息进行挑选、加工和翻译，经过综合分析，才能获得有关感觉信息。化学实验的知觉，是在实验主体同客体相互作用中所获得的感觉信息、感觉材料的基础上形成的，是依赖大脑皮质一系列机能结构的协同活动产生的。它是通过思维活动对感觉信息、感觉材料的组织化、秩序化，是对实验客体的整体性的直接感性反映形式。要提高知觉的敏锐性，主要依赖于一定的知觉定势。知觉定势包括原有的知识、经验和需要、兴趣、情绪、注意以及价值观念等因素。知觉定势是整理、组织感觉信息或感觉材料，完成一个知觉过程的准备状态，对知觉的形成有重要影响。如果化学实验主体对某一类实验客体有一定的知识储备或经验准备，就能通过观察在较短的时间内形成该实验客体的整体性知觉。反之，如果缺乏最低限度的知识准备或经验准备，形成整体性知觉就比较缓慢，甚至很困难。

化学实验主体对实验目的愈明确，达到实验目的的要求就愈强烈，通过实验观察也愈能鲜明地形成实验对象的知觉。如果没有达到实验目的的强烈要求，对实验对象产生的某些重要实验事实可能熟视无睹，甚至并不能知觉到它的产生和存在。实验观察中的兴趣也会影响对实验对象的知觉，如果对实验观察有浓厚的兴趣，对实验对象的知觉也愈敏锐。实验观察中注意力集中的部

分,能够从其他部分分化出来,从而使知觉清楚、明晰。

2. 化学实验观察中的观察陈述

通过观察获得的实验对象的知觉信息,要用科学的观察语言表述出来。在化学实验观察中的观察语言都是与特定的化学理论相联系着的。这些理论形成了观察时的理论框架,离开了这个框架就无法进行观察陈述。例如,石蕊试液遇盐酸变成红色,酚酞试液遇盐酸不变色,石蕊试液遇氢氧化钠溶液变蓝色,酚酞试液遇氢氧化钠溶液变红色。这里的观察陈述所使用的语言是以电解质溶液理论为理论框架的。对于化学学科来说,用于观察陈述的语言是化学中的专业术语(化学概念)或专用的化学符号。如上面提到的盐酸(HCl)、氢氧化钠(NaOH)、酚酞试液和石蕊试液等便是化学专业术语(化学符号)。语言作为思想内容都有它的一定语义。语义总是表达一定的思维。化学思维是运用化学概念、化学理论进行推理的过程。因此,实验观察者原有的经验和化学理论背景在观察中是极为重要的。实际上,没有理论渗透的纯粹观察是不存在的。爱因斯坦曾指出:“是理论决定我们能够观察到的东西。只有理论,即只有关于自然规律的知识,才能使我们从感觉印象推论出基本现象。”

观察陈述是否精确,除了取决于实验观察本身是否精确之外,还跟观察所使用的化学术语、化学符号以及陈述的结构是否精确相关。而这些又决定于观察陈述者的观察能力、化学理论水平和思维能力。实验中通过观察陈述,把观察到的客观事实,转化成为由化学专业语言加以记录、描述的化学实验事实,它作为化学科学认识的原始素材的事实,可以进一步用理论思维来加工,使认识达到更高层次。

首先，在化学科学认识中，由前人发现、创建的化学理论，成为后人进行化学实验观察的前提条件，起着一种理论框架的作用。原先的理论参与了观察过程和观察陈述，并起着十分重要的作用。但是观察的任务并不是单纯把观察到的实验事实纳入先前的理论框架之中。观察的客观性原则要求我们在实验中的观察应该尊重观察到的客观事实。如果实验中的观察受先前的理论框架所束缚和限制，那么很多新的实验事实就会观察不到，这就失去实验研究中观察的意义。

化学史上许多重要理论的建立和发展表明，在实验观察中掌握的新事实、新经验材料，通过观察陈述，往往能突破原先的理论框架，并以此为基础形成新的理论系统结构。化学实验中观察的意义就在于它为新理论的建立提供科学事实的根据，为新理论的真理性的奠定客观基础。因此，爱因斯坦强调：“理论所以能够成立，其根据就在于它同大量的单个观察关联着，而理论的‘真理性’也正在于此。”

对于学生来说，他们虽然不能通过化学实验观察，为化学科学理论的发展提出什么新的实验事实，但对学生本身来说，他们在实验的观察中，教师既要引导他们发挥原有已掌握的理论框架的作用，又要鼓励学生敢于冲破自己已有的理论框架的束缚，提出对他们来说是新事实、新的感性材料，这对他们形成新概念、新理论，同样具有重要意义。

其次，不论是化学科学研究的实验，还是化学教学中的实验，通过观察都可以掌握大量的实验事实，但是“单凭观察所得的经验，是决不能充分证明必然性的”。也就是说，化学实验主体通过实验观察所得到的观