

中学生 化学实验创新设计 · 员 ·

● 中学化学实验创新设计方法及教学操作

本书编委会

印刷工业出版社

《中学生化学实验创新设计》

出版说明

实验能力是从事自然科学的人的基本工作和学习能力，是其综合素质的一种集中表现，它可以说是一个人对本学科的基本概念范畴、理论体系、运思方略、学科结构、探索求真、设计改进和创造发展等等水平的综合表达。也就是说一个人的实验能力反映着一个人在本学科领域内的成就程度。所以，在一个自觉和成熟进步的现代教学体系中，实验能力和实验的操作学习具有突出的地位，甚至有以实验为中心的教学教材体系。近年来高考中的实验试题和实验能力考查的比重越来越大，说明了我国学校教学对此问题的重视和自觉。

由于实验中主观、客观等种种原因和条件的限制，目前我国中学教学中，能够将所有的实验完全按照教材中提供的方法和设计方式演示和操作是十分困难的，甚至是不可能的，这样就形成了黑板上讲实验和课堂外背实验的恶性循环，导致了学生实验能力的虚假现象，严重阻碍了学生学习和创造智慧的发展。为了克服这一现象，我国广大中学化学教师 and 教学科研人员竭尽智慧，针对具体条件和同一实验，改进设计了多种实验方式和操作方法，并总结了不同的改进实验设计的方法、程式和规律，保证了实验教学的正常和有效的进行，为中学化学教学作出十分重要的贡献。

本书组织近百位专家、学者和一些中学化学教师、实验教师，按照规范、实用和操作化的理论和程序，收集整理了整个中学化学学科中的几乎所有的有关实验的不同改进设计方案上千种，集中了近几十年尤其是新时期近二十年来的有关成果、智慧、精华，成为中学化学实验教学的科学性和有效性的保证，实验教师的有力助手。

本书在编撰过程中，引证了许多优秀教师的案例，在此一并致以诚挚的感谢。

《中学生化学实验创新设计》

编委会

二〇〇〇年十二月

《中学生化学实验创新设计》

编委会

主编 冯克诚 毕诚

副主编 彭方志 王波波

编委 王孚生 刘敬尧 冯克诚 冯振飞 肖乃明

胡定南 董英伟 孙志英 孙爱军 李清乔

李宝明 方学俊 龚国玉 陈小丽 尚斌

迟为疆 何光 贺新

编撰人 丁家棣 于明 于金柱 万世成 王棣生

王京昆 王佩衡 王魁胜 王晓林 王候月

王春生 王清 王瑞清 冉启明 冉琼

冯克诚 冯振飞 田震 田士富 卢仁志

刘大华 刘敬尧 刘生宏 刘迅 刘广秀

刘光清 刘玉庭 刘天柱 朱正祥 许步云

何怀玲 李捷 李剑新 李阳 李百龄

李雅琴 李全初 李瑞风 李松庆 李丽丽

张晓峰 张淑贤 张爽 张淑珍 吴龙辉

杨淑芬 彭方志 罗志勇 罗健 陈如邻

陈琰 罗玉京 周清 林俊萌 胡广东

胡英华 高友明 郭春生 覃海琪 常晓龙

常玉琴 黄登云 黄日进 徐向东 徐玉莲

金胜 程俊梅 谢世杰 程笑天 郝重阳

卿圣亚 蒋小君 廖晓林 魏明宗 魏小芸

◇ 第一部分 ◇

中学化学实验的设计与改进方法

化学实验设计	(员)
设计性化学实验的特点和作用	(源)
设计实验方案的一般规律和方法	(远)
中学化学实验设计的步骤	(怨)
中学化学实验的简约化方向	(员)
实验探究台阶的设置	(愿)
实验设计教学中应注意的几个问题	(园)
理想实验法在化学教学中的运用	(圆)
摇摇附：初中实验的设计及试题精选	(圆)
复习化学实验设计时的四条原则	(猿)
中学化学实验配套化	(猿)
摇摇附：一次探索化学实验的最佳程序	(猿)
摇摇附：英国中学化学实验单	(源)
“破坏性演示实验”在化学教学中的作用	(源)
化学趣味实验在课堂教学中的应用	(缘)
化学课堂实验的改进	(愿)
中学化学实验改进的原则(一)	(缘)
中学化学实验改进的原则(二)	(缘)
中学化学实验改进的原则(三)	(愿)
中学化学实验教学改进的方向(一)	(缘)
中学化学实验教学改进的方向(二)	(远)
化学实验改进的思路	(远)
中学化学实验的十一种改进思路	(远)
实验教学的分类改进	(苑)
中学化学实验改进方法	(苑)
微型化学实验的效益	(苑)
微型化学实验的运用	(愿)
中学化学实验的微型化	(愿)
中学化学教学中的微型化学实验	(愿)
微型实验与常规实验的并存和互补	(愿)
中学有机化学的微型实验	(怨)
摇摇附：初级中学的微型化学实验室	(怨)

初中微型化学实验箱	(怨缘)
微型实验与投影教学的结合运用	(怨愿)
微型化学实验在化学教学中的应用	(员园园)
微型化学实验在职业中学教学中的运用	(员园源)
微型实验在中学化学课外活动中的应用	(员园苑)
摇摇附：农村中学开展微型实验的研究	(员园远)
课堂实验提篮	(员园缘)
化学实验装置图的画法	(员园远)

◇ 第二部分 ◇

中学化学实验的教学操作

中学化学演示实验的特点与教学	(员怨怨)
中学化学演示实验的分类	(员圆猿)
中学化学演示实验的基本要求	(员圆缘)
中学化学演示实验的方法	(员圆远)
发挥每个演示实验的作用	(员圆愿)
增设演示实验在化学教学中的作用	(员圆怨)
中学化学演示实验的基本要求(一)	(员猿)
中学化学演示实验的基本要求(二)	(员猿苑)
中学化学演示实验的基本要求(三)	(员猿怨)
中学化学演示实验的基本要求(四)	(员源)
中学化学演示实验的基本要求(五)	(员源源)
中学化学演示实验的基本要求(六)	(员源远)
中学化学演示实验的基本要求(七)	(员源愿)
化学演示实验的设计原则	(员源)
化学演示实验的教学设计类型	(员源猿)
扣纲扣本改进演示实验	(员源愿)
增补演示实验的原则	(员源)
中学化学演示实验的优化(一)	(员源)
中学化学演示实验的优化(二)	(员源源)
初中化学课堂演示实验的改进	(员源苑)
高中化学课堂演示实验的补充	(员源怨)
演示实验的艺术性	(员源源)
提高化学演示实验效果的方法(一)	(员源愿)
提高化学演示实验效果的方法(二)	(员源)
中学化学课堂演示实验的几点做法(一)	(员缘缘)
中学化学课堂演示实验的几点做法(二)	(员缘苑)
中学化学课堂演示实验的几点做法(三)	(员缘怨)
中学化学课堂演示实验的几点做法(四)	(员缘)

中学化学课堂演示实验的几点做法（五）	（ 员缘）
演示实验的教学迁移	（ 员苑）
演示实验的改进方法	（ 员怨）
演示实验的艺术性	（ 圆员）
演示实验方案优劣的标准和优选过程	（ 圆猿）
优选实验方案的过程	（ 圆源）
观察化学演示实验“六要”	（ 圆苑）
中学化学演示实验中的七项禁忌	（ 圆怨）
化学演示实验中的“五要”和“五忌”	（ 圆员）
中学化学实验教学中教师的指导作用	（ 圆猿）
教师在化学实验课中的主导作用	（ 圆苑）
化学教师与化学实验	（ 圆怨）
中学化学演示实验对教师的几点要求	（ 圆猿）
中学教师化学实验教学基本功大赛方法	（ 圆苑）
摇摇附：“青年化学教师实验大赛”经验	（ 圆员）
摇摇附：我们怎样抓化学实验竞赛的	（ 圆苑）



化学实验设计

化学实验设计的意义

化学实验设计是指实验者在实施化学实验之前，根据一定的化学实验目的和要求，运用有关的化学知识和技能，对实验的仪器、装置、步骤和方法在头脑中所进行的一种规划和设想。

化学实验设计在教学中具有重要意义。它可以激发学生的化学学习兴趣。学生根据自己所学的化学知识，独立地或在教师启发下设计出各种实验方案，成功地解决化学实验问题，从而产生成功后的喜悦，激发起更大的学习热情，成为进一步学习的强劲动力。其次，设计化学实验方案需要学生灵活地和创造性地运用所学的化学基础知识和基本技能，因而可以培养他们解决化学实验问题的能力和创造能力。同时，进行化学实验设计还需要学生掌握各种科学方法，具有严肃认真、一丝不苟和敢于创新的精神，因而有利于学生科学方法的训练和科学态度的培养。

圆化学实验设计的类型和内容

(员) 化学实验设计的类型

吉林东北师范大学郑长龙老师根据实验在化学教学认识过程中的作用来划分,化学实验设计主要有以下三种类型:

①启发性(或探索性)实验设计。

由于这类实验是在课堂教学中配合其它化学知识的教授来进行的,采取的又多是边讲边实验或演示实验的形式。因此,在设计这类实验时,要注意效果明显、易操作、时间短、安全可靠。

②验证性实验设计。

由于这类实验的目的主要是验证化学假说和理论,又多是采取学生实验课或边讲边实验的形式,因此,在设计这类实验时,除了上述要求外,还要注意说服力要强。

③运用性实验设计。

这类实验的目的是综合运用所学的化学知识和技能,解决一些化学实验习题或实验问题,因此,在引导学生进行实验设计时,要注意灵活性和综合性,尽可能设计多种方案,并加以比较,进而进行优选。从课内、课外的角度来分,运用性实验设计又包抱课内的实验习题设计和课外的生产、生活小实验设计。

(圆) 化学实验设计的内容

一个相对完整的化学实验设计方案,一般包括以下内容:

①实验目的;②实验原理;③实验用品(药品、仪器、装置、设备)及规格;④实验装置图、实验步骤和操作方法;⑤注意事项;⑥实验现象及结论记录表。

猿化学实验设计应遵循的基本原则

(员) 科学性原则

科学性是化学实验设计的首要原则。所谓科学性是指实验原理、实验操作程序和方法,必须与化学理论知识和化学实验方法论相一致。例如,鉴别 NaCl 和 NaNO_3 的鉴别,在试剂的选择上就不宜选用硝酸等具有氧化性的酸;在操作程序的设计上,应先溶解、取少量,然后加试剂,而不能溶解后就加入试剂。

(圆) 可行性原则

可行性是指设计化学实验时所运用的实验原理在实施时切实可行,所选用的化学实验药品、仪器、设备和方法在中学的条件下能够得到满足。例如,鉴别 AgNO_3 和 $\text{Cu(NO}_3)_2$ 的鉴别。有的学生常选用 NaOH 作试剂,认为 AgNO_3 难溶、 $\text{Cu(NO}_3)_2$ 微溶,从而把二者加以区分,事实上,这种方法所依据的原理在实施时是不可行的。因为硫酸银不稳定,很易分解成难溶的氧化银。再如,用化学方法鉴别 H_2 和 CH_4 就不能用它们跟氢气的反应来进行区别。因为 H_2 和 CH_4 的反应条件在中学很难得到满足, CH_4 跟 H_2 的反应如控制不好有一定的危险性。

(猿) 安全性原则

安全性是指实验设计时应尽量避免使用有毒药品和具有一定危险性的实验操作,如必须使用,应在所设计的化学实验方案中详细写明注意事项,以防造成环境污染和人身伤害。

(源) 简约性原则

简约性是指要尽可能采用简单的实验装置、用较少的实验步骤和实验药品,在较短的时间内来完成实验。例如,鉴别 H_2 、 CH_4 、 CO 和 CO_2 四种溶液的鉴别。有的学生采用常规的组合实验方案,列出四种平行实验,共计 16 个操作步骤;有的学生运用分析推理,只用 1 个操作步骤就完成了鉴别。相比之下,后一种设计简短了实验程序,减少了药品用量和工作量,在较短的时间内完成了鉴别,符合简约性原则。

化学实验方案的优选标准

同一个化学实验问题,可以设计出多种实验方案,这就需要对它们进行选择。根据化学实验设计的原则和中学化学教学的实际,可确定如下优选标准。

①效果明显。这是选择化学实验方案的首要标准。如果其它方面都很好,而实验效果不理想、现象不明显,也不能被认为是最佳化学实验方案。②操作安全。③装置简单。④易操作、用药少。⑤步骤少、时间短。

上述关于化学实验设计的类型、应遵循的原则和优选标准,

并不是绝对的，相互间都有着密切的联系，应根据具体的化学实验教学目的、实验内容、实验条件和学生的实际来加以运用。

设计性化学实验的特点和作用

在我国，中学生所做过的绝大多数化学实验都是教材中预先设计好的实验。学生只是通过实际操作，观察一下实验现象，得出事先已确定的结论。这种实验，我们称之为传统实验。它束缚了学生的创造思维，不利于能力的培养。

与传统实验相对应的是自己设计实验，这种实验只给出实验目的要求，由学生自己设计实验方案，选择实验器材、药品、确定实验步骤、分析实验结果。设计性实验是传统实验的延续和发展，是克服学生普遍存在的理论高分，实验低能的有效手段，江苏省连云港市新海中学袁君强、邵世环老师认为与传统实验相比，设计实验至少有以下特点和作用。

多样性 and 最佳性

由于设计性实验要求学生自己选择实验器材，设计实验方法，不同的实验人员，不同的思维方式，可能设计出不同的实验方案，这就是多样性。这些实验方案，通过比较，有的可行，有的将被淘汰，有的可能是最佳的。学生见到实验题目后，要求他们从不同的角度去思考，运用联想、比较、等效、直觉、逆向等思维方法，建立正确的解决问题的思路，然后在不同的方案中加以比较筛选，确定最优的一种，并在实践中加以验证。

例 以明矾为原料制取氢氧化铝

这是一个具有设计性思想的实验，制取的方法也很多。学生在做这个实验时，设计思路不同，采用的药品也各异，有使用 HCl 溶液，氨水，甚至 NaOH 溶液作为沉淀剂的。通过比较，用 HCl 溶液作为沉淀剂不易控制用量。用 NaOH 溶液作沉淀剂，即使得到 Al(OH)_3 ，也会使本来很简单的过程变得复杂化，而使用氨水作沉淀剂最佳，不但用量易于控制，生成物也易于分

离。

客观性与科学性

许多设计性实验，在完成实验之前并不知道实验结果，因此更应重视它的客观性和科学性。

例 观察在 CuSO_4 溶液中投入金属钠的实验现象

在未做该实验时，有的学生根据金属活动顺序表，主观地认为金属钠比铝活泼，应该有金属铝被置换出来，并写出了化学方程式。这就缺乏实验的客观性和严肃的科学态度。

实验结果显示，生成物除 Cu 以外，还有白色絮状物沉淀，而且白色絮状物的量的多少还与 CuSO_4 的浓度和加入的金属钠的量有密切关系。过滤、洗净白色沉淀，加盐酸，无气体生成，说明絮状沉淀物不是金属铝。

由此可见，能与水发生反应的金属不能将较不活泼的金属从其盐中置换出来，较活泼金属置换较不活泼金属是有条件的。

主动性和独创性

设计性实验要求学生有独立的设计能力，应具有主动性和独创性。

例 如何区别 pH 值分别等于 4 的弱酸和强酸溶液

按照一般思路，可先取等体积的这两种酸，再用 NaOH 溶液滴定，消耗 NaOH 溶液体积较多的是弱酸，反之则为强酸。

如果对弱电解质性质进行分析，不难发现更简单的方法，即把上述两种酸分别稀释相同倍数，再用 pH 试纸测试， pH 值变化较小的为弱酸， pH 值变化较大的为强酸。

例 用甲酸作还原剂做银镜反应

这是一个难度较大的实验。从理论上分析，甲酸中含有醛基，应该发生银镜反应，但若仿照课本上用乙醛做银镜反应的方法去做该实验，则难以获得成果。经分析，甲酸是较强的酸，若直接与银氨溶液反应，银氨配离子将被破坏，使实验无法成功，控制溶液的 pH 值成为本实验的关键。经过不断摸索和改进，得到较为成功的方法：①取 1 mL 甲酸（ HCOOH ）溶液，逐滴加入浓 NaOH 溶

液,使溶液的 pH 值为 $8 \sim 10$ ②取一支洁净的试管,用 0.1 mol/L 的 NaOH 溶液与稀氨水制取银氨溶液约 5 mL 。逐滴加入①中的溶液约 5 mL ,稍振荡(此时应不见胶态银出现,否则实验难以成功)。③将此试管置于沸水中加热 $1 \sim 2 \text{ min}$,就可见到光亮的银镜。

课本上没有现成的方案可寻,只有充分发挥创造性,主动想办法去解决。

设计性实验需要自己探索实验方法,选择实验器材和药品,作出实验成败评估,这对提高学生的实验技能和素质,培养独立的探索精神和分析问题、解决问题的能力无疑是有益的。由于设计实验难度较大,往往要经历多次失败,所用时间长,所以必须采用灵活多变的实验方式,充分利用第二课堂,变封闭型实验室为开放型实验室,供学生多次实验,同时教师在适当的时机给予一定的提示和启发,使学生发挥自己的创造力有更多的机会和条件。

设计实验方案的一般规律和方法

设计实验要运用所学的化学知识和实验技能。独立设计实验方案,不仅可巩固和提高化学知识与实验技能,还可以培养分析问题解决问题的能力。然而,从近两年高考有关试题中,考生试卷中反映出来的问题却比较多,突出表现在设计实验,和仪器、试剂的选择上无从着手;对于明显的错误看不出,似乎无规可循。为此,湖南省源江县第二中学石振远老师分析归纳了设计实验的一般规律和具体方法。

设计实验方案的一般规律

(员) 从物质的反应原理去考察设计实验的方案,仪器、试剂的选择

例如,实验室制取氯气,其反应原理是:

① $\text{Cu} + 2\text{HNO}_3(\text{浓}) \rightarrow \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{NO}_2 \uparrow$

② $\text{Cu} + 2\text{HNO}_3(\text{稀}) \rightarrow \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{NO} \uparrow$

从反应式①来看需选用的药品是 Cu 与 $\text{HNO}_3(\text{浓})$ ；仪器是：铁架台（附铁圈）、酒精灯、石棉网、烧瓶、分液漏斗、双孔橡皮塞、导气管等。从反应式②来看需选用的药品是： Cu 与 $\text{HNO}_3(\text{稀})$ ；仪器：因本反应不需加热，故不需要石棉网、铁圈、酒精灯，其它仪器与①相同。

（圆）根据反应物的状态去考虑

例如，实验室制 CO_2 、 H_2 、 O_2 等，由于制 CO_2 是采用 CaCO_3 加 HCl 催化的分解反应；制 H_2 是采用 Zn 与 HCl 的反应；制 O_2 是用 KMnO_4 与 H_2O_2 的反应，因此，在考虑设计方案时，仪器、试剂的选择就各有不同。

（狗）考虑物质反应的条件，生成物的纯度

例如：实验室制 H_2 与 O_2 ，因反应条件不同，前者不需要加热，后者需要加热，且需要控制温度在 100°C 左右，因此，前者不需要酒精灯、石棉网、温度计，而后者需要。其次 H_2 中常混有 H_2O 、 HCl ，而 O_2 中常混有乙醚、 H_2O 等，故洗气的试剂选择是设计者必须考虑的问题。

（源）根据生成物的状态、性质不同去考虑

例如实验室制取氨气，由于生成的氨气极易溶于水，又不与空气反应（常温），且密度比空气小，因此，收集氨气宜采用向下排空气集气法，不能用排水法。所以，选择仪器时不需要水槽而需要集气瓶或试管。

（缘）根据所制取物质需要量的多少，及需不需要控制反应的速度等因素来考虑设计实验方案的仪器、试剂的选择

例如，实验室用 CO 来还原氧化铜的实验过程中，需用较多的 CO ，则宜选用较大的储气瓶或用启普发生器现用现制备。其次锌与稀硫酸的用量要多一点。制氯气时，需要控制 HCl 产生的量，常宜采用分液漏斗控制加酸量来控制 HCl 产生的多少和反应的速度。

（远）根据实验操作的顺序来考虑实验设计方案及仪器、试剂

的选择

例如粗盐的提纯可以操作的顺序去考虑仪器的选择比较妥当。

实验顺序：取粗盐→称量→粗盐溶解→

↓ ↓ ↓
选用仪器： 角匙 天平、砝码 烧杯、量筒、玻棒

→过滤→蒸发→

↓ ↓
漏斗、滤纸、剪刀、玻棒、烧杯 酒精灯、

→精盐存放

蒸发皿、铁架台（附铁圈）、玻棒 试剂瓶

又如实验室制纯净干燥的 H_2 中，常含有 H_2O （气）和 HCl （气）要除掉，不仅要考虑采用什么试剂除 H_2O （气）和 HCl （气），而且要考虑洗气的先后次序。

（苑）从生成物对空气是否有污染去考虑整套设计方案

例如实验室制氯气或用 CO 还原 Fe_2O_3 的实验中，均要考虑多余 CO 与 CO_2 的污染问题。

（愿）要根据试题的要求全面考虑实验的设计方案

如设计一套实验室取干燥、纯净的氯气的装置图。从试题分析可看出，既要考虑制取，又要考虑收集，而且所得 Cl_2 既要纯净又要干燥，同时还得考虑 Cl_2 有毒对空气的污染等多方面的问题。因此，一般可从下面几部分去考虑设计实验方案、试剂和仪器的选择。

（员）

（圆）

（猿）

（源）

氢气的组取→洗气提纯→干燥 H_2 的收集→多余 H_2 处理

设计实施方案的一般方法

掌握设计实验的一般规律，这仅仅是解决问题的一半，具体怎么设计，这还有一个方法问题。下面以具体例子加以说明。

试设计一套用氢气还原氧化铜的实验装置图。在装置上标明仪器的名称，写出有关的化学反应方程式。设计步骤为：

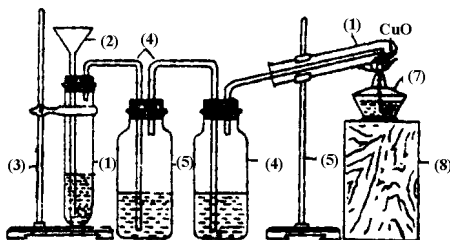
（员）审查题目要求，构思设计方案（略）。

(圆) 写出实验程序。该实验共分三大部分：

①氢气的制取；②净化和干燥氢气；③用 H_2 还原氧化铜。

(猿) 根据设计实验方案的一般规律考虑仪器、试剂、药品的选择。

(源) 作图。



(缘) 标出仪器、药品、试剂代号、名称。

①大试管、锌、稀 H_2SO_4

②长颈漏斗

③铁架台并带铁夹 ④导气管

⑤洗气瓶； NaOH 溶液 (除 HCl)

⑥洗气瓶： H_2SO_4 (除水)

⑦酒精灯

⑧木垫

(远) 写出有关反应方程式

$\text{Zn} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{ZnSO}_4 + \text{H}_2 \uparrow$

$\text{H}_2 + \text{CuO} \xrightarrow{\Delta} \text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$

$\text{H}_2 + \text{CuO} \xrightarrow{\Delta} \text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$

中学化学实验设计的步骤

除了提高演示实验和分组实验的效果外，教师还应该积极主动地去组织学生结合教材内容自己设计实验。实践证明在教师支持和指导下学生自己设计实验的探索是可行的。四川温江中学肖

崇正老师分析总结了怎样指导学生设计实验及应注意的问题

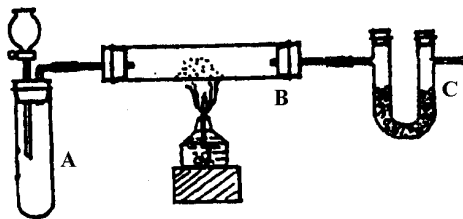
设计实验应遵循一定步骤：

(员) 指导学生首先练好基本功

教师要重视学生化学实验的基本操作，可以通过教师示范或学生上讲台的操作表演以及台下分组的训练来培养他们的动手能力。如要求学生设计制备某种气体时，要学生对常用的简单制备气体的装置就比较熟悉，并对反应物是固垣固、固垣液、液垣液的反应是否需加热为条件等进行综合分析，进而根据题意来选择反应物和必须的仪器（试管、烧瓶、锥形瓶、分液漏斗等）进行设计组装。这是学生设计实验的最重要的基本技能操作。学生有了这样的基础并随着知识的扩大和有了一定的实验技能，他们就能进一步把制气、洗气、干燥、收集方法等的全过程紧密结合起来。并能在了解熟悉仪器性能的基础上结合所学知识进一步扩大应变能力。

(圆) 指导学生由不完善到完善

在学习过程中，由于学生接触实验的次数增多，设计实验的想像力增强，知识点也不断充实，但也要经常地去帮助他们分析、找差距，使设计实验更合理、达到更好的效果。如学生设计一实验如图所示：



粤：制备某种气体的装置：

月：若放氧化铜加热时，根据 粤 月装置可进行什么实验？

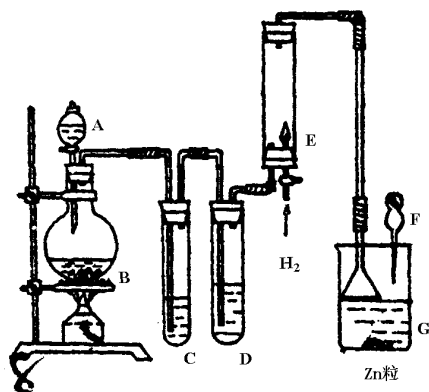
悦：放 孕的目的？

该实验设计 粤处局限在不加热的条件下制气，月处加热时也只

用氧化铜，而进入月之前的气体又未干燥。但其特点是改烧瓶为试管、改用大口瓶盛浓硫酸的习惯为戔型管盛孕孕。看出学生是动了脑的。为此教师可让学生思考和对比：粤处若改用烧瓶（可加热和不加热）月处可再补充悦或粤而将悦移动到月前能否扩大实验的实用范围？这样思路就更开拓，就可根据需要制气及气体的性质和实验条件来组合实验，增强了实验设计的灵活性。

（獭）指导学生由一般设计到综合设计

学生由最初掌握实验的基本操作到制气的装置发展到对物质性质的认识及检验设计的系列化，把前后的知识有机地结合起来。下述设计实验就是一个例，他不仅掌握加热条件下的固液反应制气的设备、气体的干燥，同时还所得到的氯气通入燃烧着的氢气中，较为形象直观地补充了工业生产盐酸的过程：包括了氯化氢气体的制备、吸收、检验。



粤—浓盐酸 月—二氧化锰和浓盐酸 悦—饱和
食盐水 阅—浓硫酸 耘—硬质玻管 云—滴管
（滴入硝酸银） 郧—盛水烧杯

（源）指导学生由设计实验到具体实践

学生在反覆设计实验的过程中，有各式各样的想法，不论正确或错误的，都能充分显示出他们的智能和思维能力。例在固体氢氧化钠和二氧化碳反应的实验设计中，教师提出两点要求①设