《无机化学实验（一）（下）》课程教学大纲

**一、课程基本信息**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **英文名称** | Inorganic Chemistry Experiments (I) | **课程代码** | CHEM2004 |
| **课程性质** | 大类基础课程 | **授课对象** | 化学,化学（师范）, 应用化学 |
| **学 分** | 3 | **学 时** | 72 |
| **主讲教师** | 贾定先 等 | **修订日期** | 2021.05 |
| **指定教材** | 《无机化学实验》（第三版），朗建平，卞国庆，贾定先 主编，南京大学出版社 | | |

**二、课程目标**

（一）**总体目标：**

无机化学实验（一）（下）是高校化学和应用化学等专业的第一门必修基础实验课，它是一门独立的课程，也是学习无机化学的一个重要环节。在无机化学实验（一）（上）的基础上，本课程的主要任务是：使学生进一步巩固基本的化学实验方法和无机化学实验的基本操作技能和规范性；通过实验学习重要无机物的性质、转化，学习无机化合物的一般分离和制备方法；培养学生实验的操作能力、细致观察和记录现象的能力、准确测定实验数据和表达实验结果的能力；培养规范、细致的进行科学实验的良好习惯以及分析问题的能力。

（二）课程目标：

使学生进一步掌握基本的化学实验方法和无机化学实验的基本操作技能；通过实验加深对无机化学基本概念、原理等理论知识的理解，学习无机化合物的一般分离和制备方法；正确使用基本仪器，培养学生实验的操作能力、细致观察和记录现象的能力、准确测定实验数据和表达实验结果的能力；具有比较规范、细致的进行科学实验的良好习惯以及分析问题的能力，为后实验课程的学习打下基础。

**课程目标1：**能够综合运用本课程的知识和技术手段。

1.1 根据实验目的，熟练搭建实验装置，安全开展实验。

1.2 选用合理的仪器和方法采集有效数据，态度严谨。

**课程目标2：**具备综合分析问题的能力。

2.1对实验结果进行分析和解释，得出合理的结论。

2.2能够有条理、有逻辑地撰写实验报告。

（三）课程目标与毕业要求、课程内容的对应关系

**表1：课程目标与课程内容、毕业要求的对应关系表**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **课程目标** | **课程子目标** | **对应课程内容** | **对应毕业要求** |
| 课程目标1 | 1.1 | 实验1-17 | 毕业要求1，3，4，9 |
| 1.2 | 实验1-17 | 毕业要求4，5，8 |
| 课程目标2 | 2.1 | 实验1-17 | 毕业要求2，4，9 |
| 2.2 | 实验1-17 | 毕业要求1，10 |

**三、教学内容**

**实验项目1：由二氧化锰制备碳酸锰**

1.教学目标

（1）掌握由二氧化锰制备碳酸锰的原理和操作方法；

（2）了解酸度对二氧化锰氧化还原性的影响；

（3）培养无机制备实验综合技能

2.教学重难点

二氧化锰的还原和温度控制

3.教学内容

通过还原二氧化锰制备碳酸锰。

**实验项目2：I3- = I2 + I- 平衡常数的测定**

1.教学目标

（1）掌握测定I3- = I2 + I- 平衡常数的原理和操作方法，理解化学平衡的移动；

（2）掌握用硫代硫属钠标准溶液测定碘含量的滴定方法；

（3）巩固滴定操作和滴定管、移液管的使用。

2.教学重难点

I3- = I2 + I- 平衡的建立和滴定操作

3.教学内容

用滴定操作测定碘含量，进而测定I3- = I2 + I- 平衡常数

**实验项目3：醋酸铬（II）水合物的制备**

1.教学目标

（1）掌握制备醋酸铬（II）水合物的原理和操作方法；

（2）学习在无氧条件下制备易被氧化的不稳定的化合物的原理和方法。

2.教学重难点

在无氧条件下实验操作、盐酸滴加速率

3.教学内容

制备醋酸铬（II）水合物。

**实验项目4：硫酸锰铵的制备及检验**

1.教学目标

（1）学习并掌握制备(NH4)2SO4∙MnSO4∙6H2O的原理和操作方法；

（2）熟悉用化学还原的方法制备金属盐；

（3）掌握NH4+和Mn2+离子的鉴定方法。

2.教学重难点

硫酸锰铵的结晶

3.教学内容

制备复盐(NH4)2SO4∙MnSO4∙6H2O，定性检验硫酸锰铵。

**实验项目5：氧化还原反应和氧化还原反应平衡**

1.教学目标

（1）掌握电极本性、浓度、酸度对电极电势以及氧化还原反应方向、产物的影响；

（2）通过实验，进一步加强对氧化还原平衡的原理、能斯特方程、原电池、电动势等概念的理解；

（3）学会装配原电池并测量原电池的电动势；

2.教学重难点

浓度、酸度对电极电势以及氧化还原反应方向

3.教学内容

氧化还原反应和电极电势，酸度、浓度对电极电势的影响，物质的氧化还原性。

**实验项目6：P区非金属元素(一)(卤素、氧、硫)**

1.教学目标

（1）通过实验掌握卤素单质、卤化物、次氯酸盐、氯酸盐的氧化还原性及其转化；

（2）通过实验掌握H2O2的氧化还原性；

（3）通过实验掌握亚硫酸盐、硫代硫属盐等的性质

2.教学重难点

卤素单质及其化合物氧化还原性递变规律

3.教学内容

实验卤素单质、次氯酸盐、氯酸盐、H2O2、亚硫酸盐、硫代硫酸盐等的重要性质

**实验项目7：硫代硫酸钠的制备及性质**

1.教学目标

（1）学习并掌握制备Na2S2O3∙5H2O的原理和操作方法；

（2）试验硫代硫酸钠的有关性质；

（3）了解硫代硫酸钠在生成实际中的应用。

2.教学重难点

硫代硫酸钠生成和结晶

3.教学内容

制备大苏打Na2S2O3∙5H2O，试验硫代硫酸钠的还原性、稳定性和配位性。

**实验项目8：P区非金属元素(二)(氮族、硅、硼) 和常见非金属阴离子的分离和鉴定**

1.教学目标

（1）通过实验掌握氮的不同氧化态化合物的主要性质；

（2）通过实验掌握磷酸盐的酸碱性和溶解性；

（3）通过实验掌握硅酸盐、硼酸盐和硼砂主要性质，练习硼砂珠的有关实验操作；

（4）掌握常见非金属阴离子的分离、鉴定原理及方法；

（5）试验并掌握混合阴离子的分离方法。

2.教学重难点

常见阴离子的鉴定，混合阴离子的分离

3.教学内容

试验氮、磷、硅、硼主要化合物的重要性质，常见阴离子的鉴定，混合阴离子的分离

**实验项目9：碱式碳酸铜的制备**

1.教学目标

（1）掌握制备碱式碳酸铜的原理和操作方法；

（2）通过实验探求制备碱式碳酸铜的合理配料比和合适反应温度；

（3）初步学会设计实验方案，以培养分析和解决问题的能力。

2.教学重难点

制备碱式碳酸铜的原料配比的确定

3.教学内容

探求制备碱式碳酸铜的反应条件，制备碱式碳酸铜。

**实验项目10：转化法制备氯化铵**

1.教学目标

（1）学习并掌握用转化法制备NH4Cl的原理和操作方法；

（2）了解利用溶解度差异制备可溶性化合物的一般原理；

（3）巩固减压过滤、蒸发浓缩和结晶等基本操作。

2.教学重难点

热过滤和高温除去硫酸钠

3.教学内容

以NaCl和(NH4)2SO4为原料，用转化法制备NH4Cl，检验NH4Cl纯度。

**实验项目11：碱金属、碱土金属,第一过渡元素(二)( 铁、钴、镍)**

1.教学目标

（1）试验并比较碱金属、碱土金属和铝的活泼性；

（2）试验并比较碱土金属氢氧化物和盐类的溶解性；练习焰色反应;

（3）学习并掌握铁、钴、镍氢氧化物的酸碱性和氧化还原性；

（4）掌握铁、钴、镍配合物的生成和性质；

（5）学习并掌握Fe2+、Fe3+、Co2+、Ni2+的鉴定方法。

2.教学重难点

焰色反应, Fe2+、Fe3+、Co2+、Ni2+的鉴定方法

3.教学内容

试验碱金属、碱土金属及其主要化合物的性质, 试验铁、钴、镍常见化合物和配合物的性质及反应

**实验项目12：高锰酸钾的制备**

1.教学目标

（1）学习并掌握碱熔法制备高锰酸钾的原理和操作方法；

（2）练习熔融、浸取、抽滤等操作；

（3）掌握锰的各种氧化态之间的转化关系及转化条件

2.教学重难点

K2MnO4歧化转化为KMnO4，

3.教学内容

制备K2MnO4，K2MnO4歧化转化为KMnO4，KMnO4定性检验。

**实验项目13：三草酸合铁(III)酸钾的制备和性质**

1.教学目标

（1）掌握制备K3[Fe(C2O4)3]∙3H2O的原理和操作方法；

（2）练习并掌握制备配合物的一般实验方法；

（3）实验并掌握三草酸合铁(III)酸钾的光化学特性；

2.教学重难点

过氧化钙的制备及其检验

3.教学内容

制备配合物K3[Fe(C2O4)3]∙3H2O，试验三草酸合铁(III)酸钾的光敏性。

**实验项目14：配合物的生成和性质**

1.教学目标

（1）比较配合物与简单化合物、复盐的区别；

（2）掌握配位平衡与沉淀反应、氧化还原反应、溶液酸碱性的关系;

（3）了解螯合物的形成条件；

（4）了解利用配合物的掩蔽效应鉴别离子的方法。

2.教学重难点

沉淀平衡、酸碱平衡对配位平衡的影响

3.教学内容

试验配合物与复盐，配位平衡的移动，配位平衡与沉淀平衡，配位平衡与酸碱反应

**实验项目15：葡萄糖酸锌的制备及锌含量测定**

1.教学目标

（1）学习葡萄糖酸锌的制备原理及提纯方法；

（2）掌握制备葡萄糖酸锌的操作步骤；

（3）掌握了解锌盐含量的测定方法

2.教学重难点

葡萄糖酸锌中锌含量测定

3.教学内容

制备葡萄糖酸锌，测定葡萄糖酸锌中锌含量

**实验项目16：一种钴(III)配合物的制备及组成分析**

1.教学目标

（1）学习并掌握一种钴(III)配合物的制备原理和操作；

（2）学习对配合物的组成进行初步推断；

（3）学习电导率仪。

2.教学重难点

钴(III)配合物的组成分析

3.教学内容

制备一种钴(III)配合物并分析其组成

**实验项目17：纯碱的制备和含量分析**

1.教学目标

（1）掌握制备碳酸钠的原理和操作方法；

（2）掌握通过复分解反应制取化合物的方法；掌握灼烧的操作方法

（3）巩固无机合成和滴定分析基本操作。

2.教学重难点

碳酸钠含量的测定

3.教学内容

制备碳酸钠，测定碳酸钠含量。

**四、学时分配**

**表2：各章节的具体内容和学时分配表**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 实验序号 | 实验项目名称 | 学时分配 | 每组人数 | 必修/选修 |
| 1 | 由二氧化锰制备碳酸锰 | 4 | 1 | 必修 |
| 2 | I3- = I2 + I- 平衡常数的测定 | 5 | 1 | 必修 |
| 3 | 醋酸铬（II）水合物的制备 | 4 | 1 | 必修 |
| 4 | 硫酸锰铵的制备及检验 | 4 | 1 | 必修 |
| 5 | 氧化还原反应和氧化还原反应平衡 | 4 | 1 | 必修 |
| 6 | P区非金属元素(一)(卤素、氧、硫) | 4 | 1 | 必修 |
| 7 | 硫代硫酸钠的制备及性质 | 4 | 1 | 必修 |
| 8 | P区非金属元素(二)(氮族、硅、硼) 和常见非金属阴离子的分离和鉴定 | 4 | 1 | 必修 |
| 9 | 碱式碳酸铜的制备 | 4 | 1 | 必修 |
| 10 | 转化法制备氯化铵 | 4 | 1 | 必修 |
| 11 | 碱金属、碱土金属,第一过渡元素(二)( 铁、钴、镍) | 4 | 1 | 必修 |
| 12 | 高锰酸钾的制备 | 4 | 1 | 必修 |
| 13 | 三草酸合铁(III)酸钾的制备和性质 | 5 | 1 | 必修 |
| 14 | 配合物的生成和性质 | 4 | 1 | 必修 |
| 15 | 葡萄糖酸锌的制备及锌含量检测定 | 5 | 1 | 必修 |
| 16 | 一种钴(III)配合物的制备及组成分析 | 5 | 1 | 必修 |
| 17 | 纯碱的制备和含量分析 | 4 | 1 | 必修 |

**五、教学进度**

**表3：教学进度表**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 章节名称 | 内容提要 | 学时分配 | 作业及要求 | 备注 |
| 实验1.由二氧化锰制备碳酸锰 | 通过还原二氧化锰制备碳酸锰 | 4 | **作业：**1、加入NH4HCO3除了引进CO32-外，还有什么作用？2、加入NH4HCO3为何要慢？  **要求：**1、结合实验原理分析NH4HCO3的作用。2、结合实验原理分析并写出反应方程式。 |  |
| 实验2.I3- = I2 + I- 平衡常数的测定 | 用滴定操作测定碘含量，进而测定I3- = I2 + I- 平衡常数 | 5 | **作业：**1、由于碘具有挥发性，故在实验中操作时应注意什么？2、如果碘量瓶没有充分振荡，对实验结果有什么影响？  **要求：**1、结合实验原理进行分析并具体指出注意事项。2、对1、2、3号瓶分别进行分析。 |  |
| 实验3.醋酸铬（II）水合物的制备 | 制备醋酸铬（II）水合物 | 4 | **作业：**1、为什么制备过程中锌的用量要过量？2、根据醋酸铬(Ⅱ)的性质，该化合物如何保存？  **要求：**1、结合实验原理分析锌的作用。2、给出保存醋酸铬(Ⅱ)的应采取的措施。 |  |
| 实验4.硫酸锰铵的制备及检验 | 制备复盐(NH4)2SO4∙MnSO4∙6H2O，定性检验硫酸锰铵 | 4 | **作业：**1、如何计算产品产率？2、本实验中哪些操作步骤对提高产品的质量和产率有直接的影响？如何影响的？  **要求：**1、给出计算方法。2、结合实验原理进行分析提高产品的质量和产率应采取的措施。 |  |
| 实验5.氧化还原反应和氧化还原反应平衡 | 氧化还原反应和电极电势，酸度、浓度对电极电势的影响，物质的氧化还原性 | 4 | **作业：**1、介质对KMnO4的氧化性有何影响？用本实验事实及电极电势说明为什么KMnO4能氧化盐酸中的Cl-而不能氧化氯化钠中的Cl-？ 2、根据实验结果讨论氧化还原反应和哪些因素有关？  **要求：**1、举例说明介质对KMnO4的氧化性有何影响，写出反应。2、归纳影响氧化还原反应的因素。 |  |
| 实验6.P区非金属元素(一)(卤素、氧、硫) | 实验卤素单质、次氯酸盐、氯酸盐、H2O2、亚硫酸盐、硫代硫酸盐等的重要性质 | 4 | **作业：**1、硫代硫酸钠溶液与硝酸银溶液反应时，为何有时为硫化银沉淀，有时又为[Ag(S2O3)2]2-配离子？2、鉴别：硫酸钠、亚硫酸钠、硫代硫酸钠、硫化钠。  **要求：**1、用反应方程式进行解释。2、给出鉴别并写出反应方程式。 |  |
| 实验7.硫代硫酸钠的制备及性质 | 制备大苏打Na2S2O3∙5H2O，试验硫代硫酸钠的还原性、稳定性和配位性 | 4 | **作业：**1、加入活性炭的目的是什么？2、适量和过量的Na2S2O3 与AgNO3溶液作用有什么不同？用反应方程式表示之。  **要求：**1、结合硫和活性炭的性质和特点进行分析。2、写出反应方程式。 |  |
| 实验8.P区非金属元素(二)(氮族、硅、硼) 和常见非金属阴离子的分离和鉴定 | 试验氮、磷、硅、硼主要化合物的重要性质，常见阴离子的鉴定，混合阴离子的分离 | 4 | **作业：**1、为什么CO2气体＋瓶子＋塞子的质量要在分析天平上称量，而水+瓶子+塞子的质量可在台秤上称量？两者的要求有何不同？2、为什么橡皮塞要塞入相同的位置？  **要求：**1、根据实验原理和有效数字进行分析。2、根据实验原理进行分析。 |  |
| 实验9.碱式碳酸铜的制备 | 探求制备碱式碳酸铜的反应条件，制备碱式碳酸铜 | 4 | **作业：**1、除反应物的配比和反应的温度对本实验的结果有影响外，反应物的种类、反应进行的时间等因素是否对反应物的质量也会有影响？2、设计一个实验，来测定产物中铜及碳酸根的含量，从而分析所制得的碱式碳酸铜的质量。  **要求：1、**结合有关化学平衡原理进行分析。2、简要描述测定的实验原理。 |  |
| 实验10.转化法制备氯化铵 | 以NaCl和(NH4)2SO4为原料，用转化法制备NH4Cl，检验NH4Cl纯度 | 4 | **作业：**实验中两次除去Na2SO4所依据的原理是什么？  **要求：**结合Na2SO4与温度的关系进行分析。 |  |
| 实验11.碱金属、碱土金属,第一过渡元素(二)( 铁、钴、镍) | 试验碱金属、碱土金属及其主要化合物的性质, 试验铁、钴、镍常见化合物和配合物的性质及反应 | 4 | **作业：1、**为什么Mg(OH)2、MgCO3沉淀均可溶于饱和NH4Cl溶液中？2、综合实验结果，比较Fe(II)、Co(II)、Ni(II) 的还原性强弱，Fe(III)、Co(III)、Ni(III)的氧化性强弱  **要求：**1、根据电离平衡和沉淀平衡原理进行分析。2、综合实验结果和电极电势进行比较。 |  |
| 实验12.高锰酸钾的制备 | 制备K2MnO4，K2MnO4歧化转化为KMnO4，KMnO4定性检验 | 4 | **作业：**1、除了歧化反应外，还有哪些方法可以使K2MnO4转化为KMnO4？写出化学反应方程式。2、为使K2MnO4发生歧化反应，能否用盐酸代替硫酸？  **要求：**1、列出其他方法和反应方程式。2、用反应方程式进行说明。 |  |
| 实验13.三草酸合铁(III)酸钾的制备和性质 | 制备配合物K3[Fe(C2O4)3]∙3H2O，试验三草酸合铁(III)酸钾的光敏性 | 5 | **作业：**1、加入过氧化氢溶液的速度过慢或过快各有何缺点？用过氧化氢作氧化剂有何优越之处？合成中加入3% H2O2后为什么要煮沸溶液？2、制得草酸亚铁后，要洗去哪些杂质？  **要求：**1、根据实验原理和H2O2性质进行分析。2、根据化学反应进行分析。 |  |
| 实验14.配合物的生成和性质 | 试验配合物与复盐，配位平衡的移动，配位平衡与沉淀平衡，配位平衡与酸碱反应 | 4 | **作业：**1、总结本实验中所观察到的现象，说明有哪些因素影响配位平衡。2、Fe3+ 可以将I- 氧化为I2，而自身被还原成Fe2+，但Fe2+ 的配离子 [Fe(CN)6]4- 又可以将I2 还原成I-，而自身被氧化成 [Fe (CN)6]3-，如何解释此现象？  **要求：**1、根据实验现象进行归纳总结。2、用能斯特方程进行分析。 |  |
| 实验15.葡萄糖酸锌的制备及锌含量检测定 | 制备葡萄糖酸锌，测定葡萄糖酸锌中锌含量 | 5 | **作业：**1、查阅相关资料，了解微量元素锌在人体中有怎样的重要作用。2、为什么葡萄糖酸钙和硫酸锌的反应需要保持在90℃的恒温水浴中？  **要求：**1、举例微量元素锌在人体中作用。2、根据实验原理和化学反应进行分析。 |  |
| 实验16.一种钴(III)配合物的制备及组成分析 | 制备一种钴(III)配合物并分析其组成 | 5 | **作业：**本实验中加过氧化氢起何作用，如不用过氧化氢还可以用哪些物质，用这些物质有什么不好？本实验中加浓盐酸的作用是什么？  **要求：**根据实验原理、物质的性质和化学反应进行分析。 |  |
| 实验17.纯碱的制备和含量分析 | 制备碳酸钠，测定碳酸钠含量 | 4 | **作业：**1、以NaCl、NH4HCO3、NH4Cl、NaHCO3、Na2CO3这5种盐在不同温度的溶解度考虑，为什么NaCl和NH4HCO3不直接生成Na2CO3？2、在制取NaHCO3时，为什么温度要控制在30~35℃之间？  **要求：**1、结合5种溶解度与温度的的关系进行说明。2、用反应式进行说明。 |  |

**六、教材及参考书目**

1. 教 材：《无机化学实验》（第三版），朗建平，卞国庆 ，贾定先主编，南京大学出版社。
2. 参考书：《无机化学实验》（第三版），北京师范大学编，高等教育出版社。

《无机化学》 （第二版），朗建平，唐晓艳，陶建清 主编，南京大学出版社。

《无机化学》 （第四版），北京师范大学编，高等教育出版社。

**七、教学方法**

本课程为实验课，教学采用教师讲解、提问、演示和学生回答问题、讨论、动手操作相结合的模式进行。要求学生在实验课前观看实验视频，并完成相应的实验预习报告，明确实验目的、原理、步骤。

1. 讲授法：教师讲解实验原理、实验步骤及其注意事项、规范操作要领，对具有一定安全隐患的实验操作特别讲解。

2. 演示法：教师演示主要的、重要的实验操作步骤、主要实验仪器的规范操。

3. 讨论法：教师在讲解和演示过程中，结合教学内容，组织学生进行讨论：对实验原理等的理解，实验操作步骤和实验仪器操作是否规范等；也可以在实验结束后进行分组讨论。

4. 个别指导：学生按照实验原理进行实验，教师对学生一对一进行指导，及时纠正不规范的操作。

**八、考核方式及评定方法**

**（一）课程考核与课程目标的对应关系**

**表4：课程考核与课程目标的对应关系表**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **课程目标** | **考核要点** | **考核方式** |
| 课程目标1 | 课前预习，装置搭建，安全实验，数据采集 | 操作 |
| 课程目标2 | 数据分析、处理和总结，撰写报告 | 操作 |

**（二）评定方法**

**1．评定方法**

（1）独立撰写实验报告。实验报告的内容应包括实验目的、实验原理、实验步骤（流程图）、实验主要装置图、数据记录与处理、结果与讨论、有关实验习题、分析意外情况，总结对实验的体会和改进等内容。用化学反应等化学语言解释实验现象，数据处理完整准确；回答问题言简意赅。

（2）指导教师对每份实验报告进行批改、评分。

（3）成绩评定

① 实验课的考核主要采取平时实验和期末考试相结合。

②实验成绩包括平时成绩和期末考试成绩两部分，各占比重70%和30%。平时成绩按每次实验的预习20%、实验操作30%、实验报告20%和实验结果30%进行综合评定。期末考试成绩是闭卷操作考试。

**2．课程目标的考核占比与达成度分析**

**表5：课程目标的考核占比与达成度分析表**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **考核占比**  **课程目标** | **平时（70%）** | **期末（30%）** | **总评达成度** |
| 课程目标1 | 50% | 15% | {0.50ｘ平时目标1成绩+0.15ｘ期末目标1成绩}/65。 |
| 课程目标2 | 20% | 15% | {0.20ｘ平时目标2成绩+0.15ｘ期末目标1成绩}/35。 |

**九、评分标准**

| **程**  **目标** | **评分标准** | | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **90-100** | **80-89** | **70-79** | **60-69** | **＜60** |
| **优** | **良** | **中** | **合格** | **不合格** |
| **A** | **B** | **C** | **D** | **F** |
| 课程  目标1 | 熟练选用或搭建正确的实验装置，安全开展实验并正确采集数据 | 比较熟练选用或搭建正确的实验装置，安全开展实验并正确采集数据 | 能选用或搭建实验装置，安全开展实验并正确采集数据 | 经过指导，能选用或搭建实验装置安全开展实验并正确采集数据 | 不会选用或搭建实验装置，安全开展实验并正确采集数据 |
| 课程  目标2 | 熟练分析和正确解释实验结果，并通过信息综合得到合理有效的结论。 | 比较熟练地分析和正确解释实验结果，并通过信息综合得到合理有效的结论。 | 能对实验结果进行分析和解释，并通过信息综合得到合理有效的结论。 | 经过指导，能对实验结果进行分析和解释，并通过信息综合得到合理有效的结论。 | 不会对实验结果进行分析和解释，也不会综合各种信息得到合理有效的结论。 |