“海水分析化学”课程教学大纲

1. 课程介绍 2

1.1中文简介 2

1.2英文简介 2

2. 课程目标与毕业要求指标点关系、可测量结果 3

2.1课程目标 3

2.2课程目标与毕业要求指标点关系 3

2.3可测量结果 4

3. 课程要求与学生过程管理方式 4

3.1授课方式与要求 4

3.2学生过程管理方式 4

4. 考核方式与成绩构成 5

4.1考核方式 5

4.2成绩构成 5

5. 教学内容与学时安排 5

5.1理论教学内容与安排 5

5.2实验内容与安排 12

5.3课程目标与教学内容对应关系 13

6. 参考教材及相关资料 17

7. 课程教学网站 17

“海水分析化学”课程教学大纲

课程代码：74190180 课程中文名称：海水分析化学

课程英文名称：Methods of seawater analysis

开课学期 秋冬 面向对象：海洋工程与技术-应用海洋科学方向 三年级

课程学分 3.0（2.5-2.0）学时安排 理论学时：40学时；每周一次、平均2.5学时

实验学时：共32学时；每两周一次，每次4学时

预修要求：无机及分析化学，大学化学实验

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 大纲制订人 | 潘依雯 | 实验教师 | 潘依雯、金诗迪 |
| 全部任课教师 | 潘依雯 | 审核人（课程组组长） | 潘依雯 |
| 修订时间 | 2020-09 |  |  |

## **课程介绍**

### 1.1中文简介

海水分析化学主要分为三部分：1、海水分析化学的主要概念和相关内容范畴，介绍获得海水中各种常规调查组分的分析方法，包括海水采样、样品处理、待测组分的分离、富集和测定方法。2、不同调查目的项目中海水化学分析的相关性和特异性，主要介绍与海洋化学、海洋环境化学和海洋污染有关调查项目中常规组分的分析原理、样品采集、处理、贮存和测试方法。3、介绍该学科的发展前沿及其应用。通过课程的理论学习和实验训练，使得学生能掌握与海洋化学、海洋环境化学和海洋污染有关调查项目相关的常规组分的分析方法，并具备一定地拓展该方法能力。

### 1.2英文简介

This course is a degree program for undergraduate students of Zhejiang University. It include three parts: a) Introduction to basic methods of seawater analysis, including processes of sampling, pretreatment, separation, beneficiation and measurement. b) The relationship among seawater analysis of oceanographic surveys with different purposes, including surveys of marine chemistry, marine environmental chemistry and marine pollution. c) Introduction of the prospective and various applications of this subject. Through theoretical study and practical training, students can systematically understand and master the principles of seawater analysis which could be applied in marine chemistry, marine environmental chemistry and marine pollution related program. Besides, student should acquire the ability to modulate the analysis methods to adapt to different measurement environments.

## **课程目标与毕业要求指标点关系、可测量结果**

### 2.1课程目标

1)明确海水分析化学的基本内容与涵盖范围，系统性地掌握与海洋化学、海洋环境化学和海洋污染有关调查项目中常规组分的分析原理、样品采集、处理、贮存和测试方法，了解海水分析化学在海洋科学研究中的重要作用及其发展前景。（支撑毕业要求1-4/H）

2)掌握海水分析化学基本知识、基本理论，熟练掌握海水分析化学常量元素的贮存、前处理、测量方法和误差分析，了解不同测量方法之间的差异、优缺点和适用范围。（支撑毕业要求2-2/H）

3)掌握滴定分析、紫外分光光度法等常用方法的原理以及在使用过程中的注意事项。（支撑毕业要求1-4/H，3-3/M）

4)掌握海水相关分析参数方法的演变以及所支撑演变背后的基本理论，具备相关测量方法在特殊水系统的应用进行分析优化的能力。通过结合实验课，掌握海洋科学工作的基本理论和实践技能。（支撑毕业要求5-2/H）

### 2.2课程目标与毕业要求指标点关系

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **序号** | **课程目标** | **毕业要求指标点** |
| 1 | 了解海水的特性，明确由海水特性对相关化学元素分析带来的特殊性。 | 1-4（H）掌握海洋科学专业知识，并能够综合应用相关知识解决海洋科学专业领域复杂问题 |
| 2 | 掌握海水中氯度、盐度、溶解氧、化学耗氧量、营养盐、碳酸盐等参数的相关测量原理及相关误差分析 | 1-4（H）掌握海洋科学专业知识，并能够综合应用相关知识解决海洋科学专业领域复杂问题 |
| 3 | 了解海水样品预处理、贮存的分类和方法，明确各样品预处理方法的意义、优缺点和适用情况 | 2-2（H）能够应用自然科学知识和计算机技术，研究分析海洋科学专业领域理论及应用问题，获得有效结论 |
| 4 | 掌握滴定分析、紫外分光光度法等常用方法的原理以及在使用过程中的注意事项。 | 3-3（M）能够对实验获得的数据进行分析得出有效结论，并对实验中出现的问题和现象进行分析、解释 |
| 5 | 掌握海水相关分析参数方法的演变以及所支撑演变背后的基本理论，具备相关测量方法在特殊水系统的应用进行分析优化的能力。 | 5-2（H）能够开发、选择与使用恰当的技术、资源和工具，对海洋科学领域复杂问题进行模拟或分析或设计或仿真 |

### 2.3可测量结果

通过作业、实验、学生的文献报告讲解和讨论、课堂讨论及考试可测量学生对海水分析化学相关基础知识的掌握，重点检测以下几方面知识的掌握及运用：

1）海水分析测量与淡水测量的主要区别和难点；

2）掌握海水分析中最基本的元素测量方法、测量原理及误差分析；

3）掌握相关仪器的使用，并对仪器的测量原理、测量优缺点有清晰地认识；

4）具备将海水中最基本的分析方法推广到应用领域，具备相关测量方法在特殊水系统的应用进行分析优化的能力，具备与实践相结合的能力。

## **课程要求与学生过程管理方式**

### 3.1授课方式与要求

1. **课堂讲解：**教师讲授理论课，讲授课程内容，突出重点和难点，每章节总结、归纳。讲授过程中兼顾课程内容的基础性、先进性，在详细介绍课程基本、核心内容的同时，介绍与时俱进发展的新内容、新技术，和发展趋势。
2. **翻转教学：**找相关方法的进展类文献，布置给学生，由学生通过讲解文献的方式进行进展类内容的讲解，并通过教师的组织与引导开展讨论。促进学生自主学习和学习能力的提高，并激发其对学科前沿发展的兴趣。
3. **实验：**在完成相关分析方法的理论教学后，开展实验教学。实验由学生分组完成，通过实验过程，实现学生巩固课程知识，并培养学生的动手能力及知识应用能力。实验主要为基础规范型实验。
4. **作业：**每章布置适当作业并与实验结合，由学生在课后完成。
5. **考试：**期末闭卷考试。

### 3.2学生过程管理方式

1. 课前预习和网络资源学习要求：学生以小组为单位，在每一个单元的新内容中有文献阅读讨论的要求，并以文献报告的形式在课堂上与大家进行讨论交流。学生和老师会根据小组同学的讲述程度给与打分。
2. 课后作业和其他任务要求：在每一章内容的理论学习之后，会有相应的实验训练，在实验过程中，学生以小组为单位，需要根据课堂的理论知识和实验教材再加上预实验的经验，给同学们讲述实验的流程及注意事项。学生和老师会根据小组同学的讲述程度给与打分。
3. 讨论交流要求：在课堂的文献讨论中，不光是讲文献的小组在讲述，学生在过程中会对此进行提问讨论，从而加深对本章内容的理解。
4. 答疑安排：课后、期中、期末会安排固定时间答疑。

## **考核方式与成绩构成**

### 4.1考核方式

采用过程化、多元化的课程考核和评价方式，注重学习过程、综合能力的培养及考核。拒绝部分学生临时抱佛脚的应试心态，促使学生认真对待每个教学环节，脚踏实地地学习和掌握课程知识。

具体包括：期中考试、期末考试，平时作业，课堂讨论情况，课程实验的过程和实验分析环节等。

### 4.2成绩构成

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **考核环节** | **分值** | **考核/评价细则** |
| 平时成绩 | 10 | 上课回答问题，提问情况：酌情给分；共2分 |
| 文献阅读和口头报告：8分 |
| 期中考试 | 10 | 考核前四章教学内容掌握情况  |
| 期末考试 | 56 | 全部教学内容 |
| 课程实验 | 24 | 实验的规范性总共5分，包括是否有迟到现象、是否有做完实验不整理现象，是否有不穿白大褂直接进实验室等现象，发现一次扣1分 |
| 8个实验，每个实验过程与完成情况：每个实验2分；共16分 |
| 实验报告：8个标准规范要求的实验报告，每个0.5分；共4分 |
| 实验课后思考题：8次思考题，每个0.5分；共4分 |
| 注： 期末考试成绩低于50%分数，总评不能及格； 实验成绩低于25分的60%，总评不能及格。 |

## **教学内容与学时安排**

### 5.1理论教学内容与安排

（每周2.0学时，16周，共32学时）具体内容见如下：

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **教学模块** | **教学单元** | **内容提要** | **学时数** | **授课方式和相关环节** |
| **第1章 课程概况与绪论** | **1** | 课程概况 | 课程教学要求与目标，课程基本内容与安排，实验要求和安排，课程教学改革方法，考核和成绩评定方法，课程网站介绍等。 | 2.0 | 课程概况介绍和网站演示 |
| **2** | 海水分析化学概述 | 介绍海水分析化学的基本内容和涵盖范围；海水分析的对象；海水的特性及对分析方法的特殊要求； 海水分析化学测试方式；海洋化学研究的规范性；海水分析化学的发展；我国的海水分析化学。 |
| **3** | 海水分析化学与前序课程和后续课程关系的概述 | 介绍海水分析化学的前序支撑课程及在学科体系中的目标定位及作用；介绍海水分析化学的科研中的作用及研究意义。 |
| **第2章****样品的预处理** | **1** | 采样器 | 采样器的种类及应用特点。 | 2.0 | 课堂讲授 |
| **2** | 海水样品的过滤 | 为取得具有代表性的样品，过滤操作的必要性及缺陷；过滤的广义规范；各种过滤器、过滤膜以及过滤方法。 |
| **3** | 海水样品的贮存 | 海水样品对贮存的普适性要求及特殊要求。 |
| **第3章****海水盐度和氯度的测定** | **1** | 海水盐度和氯度的定义 | 盐度和氯度的定义；基于氯度和基于电导法测量盐度的演变历史。 | 1.9 | 课堂讲授第1次实验+实验报告+课后作业 |
| **2** | 盐度的分布在海洋学上的意义 | 盐度的测量在海洋学上的意义以及对盐度测量精度和准度的要求。 |
| **3** | 盐度的测量方法与相关测量原理  | 重量法的原理和方法缺陷；氯度法的原理和标准的建立；电导率法的原理、检测标准和与氯度法测量盐度之间的转换。 |
| **4** | 氯度的测量方法及相关测量原理  | Mohr-Knudsen化学法滴定氯度和Fajans化学法滴定氯度的原理与各自的优缺点。 |
| **5** | 电导率测盐度中温度和压力对电导率的修正 | 实际测量中温度和压力的影响以及修正原理。 |
|  |
| **6** | 阅读海水中电导率和使用盐度、绝对盐度之间的转换关系 | A model for predicting changes in the electrical conductivity, practical salinity, and absolute salinity of seawater due to variations in relative chemical composition  | 0.1 | 学生自主学习并通过小组报告形式递交ppt并在课堂中进行讲解，讨论。 |
| **第4章 海水中的溶解氧和化学耗氧量** | **1** | 溶解氧的定义及在海洋学上的意义 | 海水中溶解氧的来源；溶解氧在各大洋的分布特征及意义。 | 4.4 | 课堂讲授第2次实验+实验报告+课后作业第3次实验+实验报告 |
| **2** | 溶解氧的测量方法及相关测量原理 | Winkler method碘量法的测量原理及主要优点和主要缺点。 |
| **3** | 误差分析 | 碘量法测量溶解氧可能带来误差的环节以及预防措施，包括采样、封装、测量的总过程。 |
| **4** | 碘量法测量溶解氧的方法改进 | Winkler方法的主要缺点；滴定终点的其它判定方法。 |
| **5** | 其它测量溶解氧的原理 | 溶解氧传感器，包括光学法和极谱法；气相色谱法。 |
| **6** | 海水中COD测定 | COD的定义；COD和BOD定义的差别和测量方法。 |
| **7** | 水体中测量COD的常规方法及对比 | 重铬酸钾氧化法，酸性高锰酸钾氧化法，碱性高锰酸钾氧化法。 |
| **8** | 碱性高锰酸钾测量COD和碘量法测量溶解氧方法之间的异同分析 |  |
|  |
| **9** | 阅读文献“基于Winkler方法能实现船载实时测量分析的分析方法” | Sequential injection analysis for automation of the Winkler methodology, with real-time SIMPLEX optimization and shipboard applicationDevelopment of Chemical OxygenDemand On-Line Monitoring SystemBased on a PhotoelectrochemicalDegradation Principle | 自学0.1 | 学生自主学习并通过小组报告形式递交ppt并在课堂中进行讲解，讨论。 |
|  |
| **第5章****海水pH值的测定** | **1** | 测量pH值在海洋学研究上的意义 | 水系统测量pH的重要意义；海水中缓冲pH的主要成分。 | 2.0 | 课堂讲授第4次实验+作业 |
| **2** | 影响海水pH值测定的因素 | 比较海水系统和一般水系统的差别，分析影响海水pH值测定的主要因素及影响机理。 |
| **3** | pH值的定义及标度 | 海水的高盐度对测量pH的影响以及形成的标度。四种标度的区别及定义。 |
| **4** | pH值的测量方法及相关测量原理 | 电极电位法和紫外分光光度法测量pH的原理，不同标度在测量方法上的具体体现及其中的原理。 |
| **第6章****海水总碱度、总无机碳和pCO2的测定** | **1** | 测量海水碳酸盐系统的意义 | 海洋碳循环与全球温室效应之间的关系。海洋碳储量与减缓温室效应之间的关系。 | 4.4 | 课堂讲授第5次实验+作业 |
| **2** | 总碱度的定义及地球化学性质 | 总碱度的两种定义以及在地球化学中的重要作用。 |
| **3** | 测量海水碱度的难点以及对应发展出来的测量方法 | 海水中总碱度的定义与测量总碱度难点之间的关系。碱度的直接法和间接法。间接包括回滴法，碘量法，Gran电位法和电极法。 |
| **4** | 误差分析 | 多种测量碱度方法的误差来源及误差分析。 |
| **5** | 海水中总无机碳的定义以及地球化学性质 | 了解海水中总无机碳的定义以及存在形式；海洋中导致总无机碳的变化可能原因分析。 |
| **6** | 海水总无机碳的测定方法及测量原理 | Gran电位法，库伦法，红外法的测量总无机碳的原理及测量过程。 |  |
| **7** | 标准品在测量中的作用 | 为测准DIC、TA参数，标准品的作用。 |
| **8** | 测量pCO2参数的意义 | 海水分析中直接测量pCO2的意义。 |
| **9** | pCO2参数的定义及测量原理 | 红外法和库伦法测量pCO2的方法与测量总无机碳方法的原理及测量过程比较 |
| **10** | 在线测量碱度和溶解无机碳的方法进展 | Autonomous in Situ Measurements of Seawater Alkalinity和In Situ Spectrophotometric Measurement of Dissolved Inorganic Carbon in Seawater“ | 自主学习0.1 | 学生自主学习并通过小组报告形式递交ppt并在课堂中进行讲解，讨论。 |
| **第7章 海水中营养元素的测定-磷酸盐** | **1** | 营养盐元素的定义及组成 | 海水中营养要素的定义，海水中营养要素定义同陆地系统的差异，营养盐中的痕量元素与常量元素。 | 4.4 | 课堂讲授第6次实验+作业 |
| **2** | 海水中的磷酸盐组成及测定方法 | 海水中的磷酸盐组成及其中可测量的部分；海水中磷酸盐的分布及形成机理。氮限制和磷限制。 |
| **3** | 紫外吸收光谱的原理 | 紫外吸收光谱原理在测量磷酸盐过程中的应用，和相关的测量灵敏度、线性范围，量程的概念。 |
| **4** | 磷钼黄和磷钼蓝法 | 磷钼黄和磷钼蓝法方法的原理；海水中的用磷钼蓝法的原因；磷钼黄转换成磷钼蓝法的关键。 |
| **5** | 磷钼蓝法测量海水活性磷酸盐的过程及标准品的使用 | 测量过程，标准品的使用以及干扰元素对测量结果的可能影响及影响机理。超低含量的磷酸盐的测量原理。 |
|  |  |
| **6** | 阅读文献-高精度磷酸盐的测量方法和磷酸盐测量在海洋科学研究中的应用 | 阅读文献“Role of Fe(III), Phosphate, Dissolved Organic Matter, and Nitrate during the Photodegradation of Domoic Acid in the Marine Environment”和 “A simple and cost-effective manual solid phase extraction method for the determination of nanomolar dissolved reactive phosphorus in aqueous samples” | 自主学习0.1 | 学生自主学习并通过小组报告形式递交ppt并在课堂中进行讲解，讨论。 |
|  |
| **第8章 海水中营养元素的测定-硅酸盐** | **1** | 海水中的硅酸盐组成及测定方法 | 海水中的硅酸盐组成及其中可测量的部分；海水中硅酸盐的分布及形成机理。 | 2.0 | 课堂讲授 |
| **2** | 硅钼黄和硅钼蓝法 | 硅钼黄和硅钼蓝法方法的原理；海水中的用硅钼蓝法的原因；硅钼黄转换成硅钼蓝法的关键。 |
| **3** | 硅钼蓝法测量海水活性硅酸盐的过程及标准品的使用 | 测量过程，标准品的使用以及干扰元素对测量结果的可能影响及影响机理。 |
| **4** | 硅钼蓝和磷钼蓝法的区别 | 测量硅酸盐和磷酸盐过程中两者互为干扰，测量原理类似的情况下如何屏蔽其干扰影响。 |
|  |
| **第9章海水中营养元素的测定-氮元素** | **1** | 海水中的氮元素组成 | 海洋中氮元素的变化及影响其变化的因素。 | 4.9 | 课堂讲授第7次实验+作业 |
| **2** | 海水中氮循环的重要意义 | 氮循环独立研究的意义以及与碳循环之间的关系。 |
| **3** | 海水中可测量的氮元素 | 三种主要氮元素之间的相互关系以及对海洋生态环境的影响。 |
| **4** | 海水中亚硝酸盐的测量原理及方法的优点 | 国标亚硝酸盐的测量方法，结合紫外分光光度法原理分析该方法优点。 |  |
| **5** | 海水中硝酸盐的测量方法 | 硝酸盐测量方法的演变以及所依据原理的变化。硝酸盐与亚硝酸盐之间的测量关系。 |  |
| **6** | 海水中对测量硝酸盐的干扰因素 | 测量方法的难点，影响测量准确度的主要机制，及解决措施。 |  |
| **7** | 海水中铵盐的测量原理 | 测量方法的难点，影响测量准确度的主要机制，及解决措施。 |  |
| **8** | 总氮的测量方法 | 测量方法的难点，影响测量准确度的主要机制，及解决措施。 |  |
| **9** | 阅读文献-芯片式硝酸盐和亚硝酸盐的测量方法 | 阅读文献“Lab-on-Chip Measurement of Nitrate and Nitrite for In Situ Analysis of Natural Waters“和 |  | 学生自主学习并通过小组报告形式递交ppt并在课堂中进行讲解，讨论。 |
| 自主学习0.1 |
| **第10章海水中常量元素的测定（以Ca2+为例）** | **1** | 海水中常量元素的组成 | 海水中的常量元素的定义以及特点 | 2.0 | 课堂讲授第8次实验+作业 |
| **2** | 海水中测量常量元素的意义及难点 | 为什么需要测量常量元素，以及常量元素的测量难点 |
| **3** | 以Ca2+为例说明测量Ca2+的方法变化过程 | 为什么测量方法不断演进，各种方法的主要问题以及分别修正了前期方法的哪些方面 |
| **4** | 现在测量Ca2+的常用方法、原理以及优缺点 | 测量方法的难点，影响测量准确度的主要机制，及解决措施。 |
|  |
| **课程总结** |  | 课程内容复习 | 将课程各章内容串起来，进行复习回顾 | 1.0 |  |
|  |  | 合计学时：31.5（教师讲授）+0.5（翻转课堂） |

### 5.2实验内容与安排

1）实验名称 实验室安全教育与化学耗氧量测定

实验学时4学时，其中安全教育1学时，化学耗氧量测定3学时

实验类型 基础实验

2）实验名称 海水中氯度和盐度的测定

实验学时 4学时

实验类型 基础实验

3）实验名称 海水中溶解氧的测定

实验学时4学时

实验类型 基础实验

4）实验名称 海水中pH值的测定（利用pH电极和分光光度法）

实验学时 4学时

实验类型 基础实验

5）实验名称 海水中总碱度的测定

实验学时 4学时

实验类型 基础实验

6）实验名称 海水中可溶性磷酸盐的测定

实验学时 4学时

实验类型 基础实验

7）实验名称 海水中可溶性硝酸盐与亚硝酸盐的测定

实验学时 4学时

实验类型 基础实验

8）实验名称 海水中Ca2+离子的测定

实验学时 4学时

实验类型 基础实验

### 5.3课程目标与教学内容对应关系

（每周2.5学时（单周3学时，双周二学时），16周，共40学时）具体内容见如下：

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **课程目标** | **教学内容（指出教学内容与安排中的章节或教学单元内容）** | **教学环节** |
| **课堂教学** | **研讨** | **实验** | **课外** |
| 1 | 了解课程概况，与前序课程和后续课程的联系；了解海水分析化学概况，发展现状以及应用途径；海水分析化学在实际领域中的应用，与科研的相关关联 | 1. 课堂1.介绍海水分析化学的基本内容和涵盖范围；海水分析的对象；海水的特性及对分析方法的特殊要求
2. 课堂2.海水分析化学测试方式；海洋化学研究的规范性
3. 课堂3.海水分析化学的发展;我国的海水分析化学
 | √ |  |  |  |
| 2 | 了解采样器种类和用途，理解海水样品做前处理的目的，过滤和贮存的优缺点 | 1. 课堂1.采样器的种类及应用特点;为取得具有代表性的样品，过滤操作的必要性及缺陷；过滤的广义规范
2. 课堂2-1.各种过滤器、过滤膜以及过滤方法
3. 课堂2-2.海水样品对贮存的普适性要求及特殊要求
4. 研讨1.不同采样器和海洋科学研究的对应关系
 | √ |  |  | √ |
| 3 | 理解海水盐度和氯度的定义；了解盐度的分布在海洋学上的意义；盐度的测量方法与相关测量原理 氯度的测量方法及相关测量原理;电导率测盐度中温度和压力对电导率的修正 | 1. 课堂1.盐度和氯度的定义；基于氯度和基于电导法测量盐度的演变历史。
2. 课堂2.盐度的测量在海洋学上的意义以及对盐度测量精度和准度的要求。
3. 课堂3.重量法的原理和方法缺陷；氯度法的原理和标准的建立；电导率法的原理、检测标准和与氯度法测量盐度之间的转换。
4. 课堂4.Mohr-Knudsen化学法滴定氯度和Fajans化学法滴定氯度的原理与各自的优缺点。
5. 课堂5.实际测量中温度和压力的影响以及修正原理。
6. 研讨1. 阅读海水中电导率和使用盐度、绝对盐度之间的转换关系
7. 实验1. 氯度和盐度
 | √ | √ | √ | √ |
| 4 | 溶解氧的定义及在海洋学上的意义；溶解氧的测量方法及相关测量原理；误差分析；碘量法测量溶解氧的方法改进；其它测量溶解氧的原理 | 1. 课堂1.海水中溶解氧的来源；溶解氧在各大洋的分布特征及意义
2. 课堂2-3.Winkler method碘量法的测量原理及主要优点和主要缺点
3. 课堂3.碘量法测量溶解氧可能带来误差的环节以及预防措施，包括采样、封装、测量的总过程
4. 课堂4.讲解Winkler方法的主要缺点；滴定终点的其它判定方法。其它测量溶解氧的方法
5. 研讨2.文献报告并在课堂中进行讲解，讨论
6. 课外1.学生自主学习并通过小组报告形式递交文献阅读ppt
7. 实验2.海水中的溶解氧测量
 | √ | √ | √ | √ |
| 5 | 海水中COD测定；水体中测量COD的常规方法及对比；碱性高锰酸钾测量COD和碘量法测量溶解氧方法之间的异同分析； | 1. 课堂1-2.讲解COD的定义和基本测量原理
2. 研讨2.文献报告并在课堂中进行讲解，讨论
3. 课外1.学生自主学习并通过小组报告形式递交文献阅读ppt
4. 实验3.碱性高锰酸钾法测量海水中的COD
 | √ | √ | √ | √ |
| 6 | 理解测量pH值在海洋学研究上的意义；明确影响海水pH值测定的因素；pH值的定义及标度；pH值的测量方法及相关测量原理 | 1. 课堂1.水系统测量pH的重要意义；海水中缓冲pH的主要成分。比较海水系统和一般水系统的差别，分析影响海水pH值测定的主要因素及影响机理
2. 课堂1-2.海水的高盐度对测量pH的影响以及形成的标度。四种标度的区别及定义。
3. 课堂2.电极电位法和紫外分光光度法测量pH的原理，不同标度在测量方法上的具体体现及其中的原理。
4. 实验4.电极法和分光光度法测量海水中的pH对比
 | √ |  | √ |  |
| 7 | 测量海水碳酸盐系统的意义；总碱度、总无机碳，pCO2的定义及地球化学性质；测量海水中碱度、DIC、pCO2的原理、测量难点以及对应发展出来的测量方法 | 1. 课堂1.海洋碳循环与全球温室效应之间的关系。海洋碳储量与减缓温室效应之间的关系
2. 课堂2-3.总碱度的两种定义以及在地球化学中的重要作用；海水中总碱度的定义与测量总碱度难点之间的关系。碱度的直接法和间接法。间接包括回滴法，碘量法，Gran电位法和电极法；多种测量碱度方法的误差来源及误差分析
3. 研讨2.文献报告并在课堂中进行讲解，讨论
4. 课外1.学生自主学习并通过小组报告形式递交文献阅读ppt
5. 课堂4-5.海水中总无机碳的定义以及地球化学性质；Gran电位法，库伦法，红外法的测量总无机碳的原理及测量过程
6. 课堂5-6.为测准DIC、TA参数，标准品的作用及选用方法；海水分析中直接测量pCO2的意义
7. 课堂6.红外法和库伦法测量pCO2的方法与测量总无机碳方法的原理及测量过程比较
8. 实验5.海水中碱度的测量
9. 研讨3.文献报告并在课堂中进行讲解，讨论
10. 课外2.学生自主学习并通过小组报告形式递交文献阅读ppt
 | √ | √ | √ | √ |
| 8 | 理解营养盐元素的定义及组成；明确海水中的磷酸盐组成及测定方法；理解紫外吸收光谱的原理；掌握磷钼黄和磷钼蓝法 | 1. 课堂1.海水中营养要素的定义，海水中营养要素定义同陆地系统的差异，营养盐中的痕量元素与常量元素
2. 课堂1-2.海水中的磷酸盐组成及其中可测量的部分；海水中磷酸盐的分布及形成机理。氮限制和磷限制
3. 课堂2.紫外吸收光谱原理在测量磷酸盐过程中的应用，和相关的测量灵敏度、线性范围，量程的概念
4. 课堂3.磷钼黄和磷钼蓝法方法的原理；海水中的用磷钼蓝法的原因；磷钼黄转换成磷钼蓝法的关键；磷钼蓝法测量海水活性磷酸盐的过程及标准品的使用
5. 课外2.阅读文献-高精度磷酸盐的测量方法和磷酸盐测量在海洋科学研究中的应用
6. 研讨3.文献报告并在课堂中进行讲解，讨论
7. 实验6 磷钼蓝法测量海水中的磷酸盐
 | √ | √ | √ | √ |
| 9 | 海水中的硅酸盐组成及测定方法；海水中的硅酸盐组成及测定方法；硅钼黄和硅钼蓝法；硅钼蓝法测量海水活性硅酸盐的过程及标准品的使用；硅钼蓝和磷钼蓝法的区别 | 1. 课堂1.海水中的硅酸盐组成及其中可测量的部分；海水中硅酸盐的分布及形成机理；硅钼黄和硅钼蓝法方法的原理；海水中的用硅钼蓝法的原因；硅钼黄转换成硅钼蓝法的关键
2. 课堂2.测量过程，标准品的使用以及干扰元素对测量结果的可能影响及影响机理；测量硅酸盐和磷酸盐过程中两者互为干扰，测量原理类似的情况下如何屏蔽其干扰影响
 | √ |  |  |  |
| 10 | 海水中氮循环的重要意义；海水中可测量的氮元素；海水中亚硝酸盐的测量原理及方法的优点；海水中可测量的氮元素；海水中亚硝酸盐的测量原理及方法的优点；海水中硝酸盐的测量方法；海水中亚硝酸盐的测量原理及方法的优点；海水中硝酸盐的测量方法；海水中对测量硝酸盐的干扰因素 | 1. 课堂1.氮循环独立研究的意义以及与碳循环之间的关系；三种主要氮元素之间的相互关系以及对海洋生态环境的影响；国标亚硝酸盐的测量方法，结合紫外分光光度法原理分析该方法优点
2. 课堂2-3.硝酸盐测量方法的演变以及所依据原理的变化。硝酸盐与亚硝酸盐之间的测量关；测量方法的难点，影响测量准确度的主要机制，及解决措施
3. 课堂3-4.铵盐的测量方法；总氮的测量方法。测量方法的难点，影响测量准确度的主要机制，及解决措施。
4. 课外2.阅读文献-阅读文硝酸盐和亚硝酸盐的在线测量文献
5. 研讨3.文献报告并在课堂中进行讲解，讨论
6. 实验7.测量海水中硝酸盐亚硝酸盐
 | √ | √ | √ | √ |
| 11 | 理解以Ca2+为例的海水中常量元素测量方法变化过程、难点以及优缺点 | 1. 课堂1-2.海水中测量常量元素的意义及难点；以Ca2+为例说明测量海水中常量元素的方法及难点；测量方法的难点，影响测量准确度的主要机制，及解决措施。
2. 实验8.测量海水中Ca2+，半开放性实验
 | √ |  | √ |  |

## **参考教材及相关资料**

1）海水分析化学，陈国珍主编，科学出版社，出版日期:1965；

2）海洋调查规范，海洋出版社，2004

3）海洋监测规范，海洋出版社，1997

4）Methods of Seawater Analysis，Klaus Grasshoff et al., Wiley Press,1999；

## **课程教学网站**

运用“学在浙大”教学平台建设课程网站，提供课程教学资源。

http://oc.zju.edu.cn/bkspy/hsfxhx/redir.php?catalog\_id=396030