# 《热力学统计物理》教学大纲

|  |  |
| --- | --- |
| 课程性质：专业基础课 | 先修课程：热学，概率论 |
| 总学时：68 | 学分：4 |
| 理论学时：65+3(讨论) | 实验学时：0(没有课程实验) |
| 开课学院：物电学院 | 适用专业：物理学专业 |
| 大纲执笔人： 张季谦 | 大纲编写时间：2009年8月 |
| 教研室主任审核：张季谦 | 教学院长审定：王元航 |

**一、说明**

**1、课程的性质、地位和任务**

《热力学与统计物理》课程是物理专业四大力学课程之一，是物理专业的一门重要理论必修课也是物理专业基础课。它是研究物质热运动规律及热运动对宏观性质影响的基础理论课程。热力学是宏观理论，统计物理是微观理论，两种方法相辅相成，相互融会贯通，取长补短，应使学生掌握这两种研究方法，并受到足够的训练。二者不同之处在于采用了不同的出发点，因而也就决定了采用不同的处理问题的方法。该课程是本专业重要的理论基础课程。通过该课程的学习是学生初步建立分析微观世界的思路和方法，并培养学生分析问题、解决问题、进行创造性思维的能力，为本专业后续课程打下良好基础。

**2、课程教学的基本要求**

本课程与已经学过的《热学》有着密切的联系，《热学》是对热现象的最基本的分析与认识，是本课程的基础。同时已学习过的《高等数学》中的概率论等将为本课程提供数学准备。通过本课程的学习，清楚认识热力学方法和统计物理方法的区别，掌握它们所包含的基本规律，它们在研究热运动规律及热运动对物质宏观性质的影响中的作用与联系。

通过本课程的学习，要求学生：

(1) 理解热现象的基本规律，即热力学第一定律、第二定律和第三定律。并在此基础上，应用数学方法得出物质各种宏观性质之间的关系、宏观过程进行的方向和限度等结论。

(2) 从宏观物质系统是由大量微观粒子所构成这一事实出发，用统计的观点深入到热现象和热运动的本质，把热力学基本规律归结于基本的统计原理，阐明其意义、解释涨落等现象。

(3) 学会从宏观到微观、从表象到本质地分析问题；深刻理解热力学方法和统计物理学方法的区别和联系；懂得数学方法在物理学研究中所起的重要作用；学会用发展、变化的辩证观点分析和解决实际问题。

3、**本课程的重点与难点**

　　重点：本课程的有关基本理论和基本概念，热力学统计物理的基本规律。

难点：各种规律使用的条件及范围，热力学函数表达式。

**二、课堂教学时数及课后作业题型分配**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 章 目 | 教 学 内 容 | 教 学  时 数 | 教学方式  或 手 段 | 课 后 作 业 | |
| 思 考 题 | 练 习 题 |
| 一 | 热力学的基本规律 | 10 | 讲授 | √ | √ |
| 二 | 均匀物质的热力学性质 | 8 | 讲授(讨论) | √ | √ |
| 三 | 单元系的相变 | 6 | 讲授(讨论) | √ | √ |
| 四 | 多元系的复相平衡和化学平衡 | 6 | 讲授(讨论) | √ | √ |
| 五 | 不可逆过程热力学简介\* | (选修) |  |  |  |
| 六 | 近独立粒子的最概然分布 | 9 | 讲授(讨论) | √ | √ |
| 七 | 玻耳兹曼统计 | 9 | 讲授(讨论) | √ | √ |
| 八 | 玻色统计和费米统计 | 6 |  | √ | √ |
| 九 | 系综理论 | 8 |  | √ | √ |
| 十 | 涨落理论 | 4+2 |  | √ |  |
| 合 计 | | 68 |  |  |  |

**三、正文**

**第一章 热力学的基本规律**

**【教学目的】**

通过本章教学，使学生明确本门课程的性质、基本内容和学习意义，了解本门课程的教学要求和学习方法；理解热力学的基本概念和热力学过程和规律；了解热平衡、温标、功、内能、热容量、焓、熵、自由能、吉布斯函数等基本概念；理解热平衡规律、热力学、第一、第二定律、卡诺定理、熵增加原理等重要规律；理解理论物理的重要手段是运用数学定量分析物理规律。

**【重点难点】**

重点：热力学第一、二、三定律。难点：熵增加原理。

第一节、平衡态的条件和热力学过程  
一、热力学系统的平衡状态及其描述 二、热平衡定律和温度 三、 物态方程 四、功

第二节、热力学函数与规律  
一、 热力学第一定律 二、热容量和焓 三、理想气体的内能； 四、理想气体的绝热过程  五、理想气体的卡诺循环 六、热力学第二定律 七、卡诺定理 八、热力学温标  
第三节、熵和热力学基本方程   
一、克劳修斯等式和不等式 二、熵和热力学基本方程 三、理想气体的熵 四、热力学第二定律的普遍表述 五、熵增加原理的简单应用 六、自由能和吉布斯函数

**【思考题】**

1、热力学的基本概念有哪些？

2、熵的物理意义是什么？

3、热力学第一定律，卡诺定理, 热力学第二定律的实质。

4、热力学第二定律的开尔文表述和克劳修斯表述是否等价？

**第二章 均匀物质的热力学性质**

**【教学目的】**

通过本章教学，使学生学会如何从热力学基本微分方程出发，推演出系统各种平衡性质的相互关系；了解麦克斯韦关系及应用，理解特性函数，具有单项功的一般系统的热力学关系；理解平衡辐射场的热力学性质。理解均匀物质的热力学性质；理解基本热力学函数U、H、F、G的物理内涵；了解数学中全微分和偏微商的应用，熟练写出热力学基本微分方程；会利用偏微商运算推导Maxwell关系；利用Maxwell关系证明有关问题。

**【重点难点】**

重点：内能、焓、自由能和Gibbs函数的全微分。  
难点：麦氏关系的应用。

第一节 函数的全微分  
一、 内能、焓、自由能和吉布斯函数的全微分 二、 麦氏关系的简单应用 三、气体的节流过程和绝热膨胀过程

第二节 基本热力学函数与特性函数  
一、 基本热力学函数的确定 二、特性函数

**【思考题】**

**1、**热力学基本函数有哪些？

2、热力学有几个特性函数？相应的定义式是什么？

3、麦克斯韦关系式有哪些应用？

**第三章 单元系的相变**

**【教学目的】** 通过本章教学，使学生学会理解平衡态的概念，了解单元复相系的平衡条件；理解热动平衡判据，熟悉开系的热力学基本方程，并能用判据分析证明问题；了解单元复相系的复相平衡条件和平衡性质，液滴的形成掌握热平衡条件及平衡的稳定性条件；了解相变分级等有关概念及规律；

**【重点难点】**

重点：热动平衡判据，开系的热力学基本方程。

难点：单元系复相平衡条件。

第一节 热力学系统的平衡条件及性质

一、热动平衡判据 二、开系的热力学基本方程 三、单元系的复相平衡条件 四、单元复相系的平衡性质

第二节 相变的分类及应用

一、 临界点和气液两相的转变 二、液滴的形成 三、相变的分类 四、临界现象和临界指数 五、朗道连续相交理论

**【思考题】**

1、什么是相变？

2、单元系和多元系复相平衡条件各是什么？

3、液滴是如何形成的？

**第四章 多元系的复相平衡和化学平衡**

**【教学目的】**

通过本章教学，使学生了解多元系复相平衡和化学平衡；了解多元复相系的特性函数和热力学基本方程；理解吉布斯相律并用吉布斯相律求解有关自由度和相数；了解混合理想气体的热力学函数及有关定律；学生学会用平衡条件证明问题；

**【重点难点】**

重点：热力学函数和方程。 难点：复相平衡和化学平衡条件。

1. 多元系的复相平衡特征及规律

一、 多元系的热力学函数和热力学方程 二、多元系的复相平衡条件 三、吉布斯相律 四、二元系相图举例 五、化学平衡条件

第二节 平衡条件的应用  
一、混合理想气体的性质 二、理想气体的化学平衡 三、热力学第三定律

**【思考题】**

1、多元两相系的平衡条件是什么？

2、吉布斯相律有些什么应用？

**第五章 不可逆过程热力学简介( 选学\*)**

**第六章 近独立粒子的最概然分布**

**【教学目的】**

通过本章教学，使学生了解系统微观运动状态的描述方法；理解并会用等概然原理导出波耳兹曼分布、玻色分布和费米分布；掌握从空间、相格、自由粒子等基本概念；掌握玻耳兹曼系统、玻色系统、费米系统的特征及其分布规律；会利用配分函数写出各热力学基本函数表达式；

**【重点难点】**

重点：三种分布。难点：系统微观运动状态。

第一节 粒子运动状态的描述

一、粒子运动状态的经典描述 二、粒子运动状态的量子描述

第二节 系统运动状态的描述

一、系统微观运动状态的描述 二、等概率原理

第三节 三种分布规律及其关系

一、分布和微观状态 二、玻耳兹曼分布 三、玻色分布和费米分布 四、 三种分布的关系

**【思考题】**

1、粒子运动状态的两种描述方式有什么区别于联系？

2、经典理论有哪些困难及其适用条件。

3、粒子运动状态、系统微观状态和宏观分布之间的区别和联系是什么？

**第七章 玻耳兹曼统计**

**【教学目的】**

通过本章教学，使学生了解近独立粒子系的经典统计理论；掌握经典系统平衡态热力学量的统计表达式；了解配分函数涉及的推导和理想气态方程的应用；利用Maxwell速度分布律和速率分布律求解和分析问题；掌握利用能量均分定理求解一些实际问题；理解爱因斯坦特征温度；了解涉及函数的积分运算。

**【重点难点】**

重点：热力学量的统计表达式。 难点：Maxwell速度分布律。

第一节 热力学量的统计表达式  
一、热力学量的统计表达式 二、理想气体的物态方程 三、麦克斯韦速度分布律 四、能量均分定理  
第二节 波尔兹曼统计规律的应用  
一、理想气体的内能和热容量 二、理想气体的熵 三、固体热容量的爱因斯坦理论

**【思考题】**

1、玻耳兹曼分布规律适用的条件是什么近独立粒子的？

2、玻色与费米分布在满足什么条件时可以转化为波尔兹曼分布？三者有什么关？

3、理想气体的经典统计理论有哪些缺陷？

**第八章 玻色统计和费米统计**

**【教学目的】**

通过本章教学，使学生了解了解近独立粒子系的量子统计理论；掌握量子系统平衡态时热力学量的统计表达式；理解光子气体、自由电子气体等有关的理论；掌握弱简并气体，光子气体，金属中的电子气体等巨配分函数的推导；了解玻色一爱因斯坦凝聚现象；会利用有关数学知识证明相关问题。

**【重点难点】**

重点：热力学量的统计表达式。难点：统计规律适用的范围

第一节 玻色统计和费米统计

一、热力学量的统计表达式 二、弱简并玻色气体和费米气体

第二节 实际应用

1. 光子气体 二、玻色一爱因斯坦凝聚 三、金属中的自由电子气体

**【思考题】**

1、弱简并性气体满足的统计规律是什么？

2、什么是非简并性气体？

3、玻色气体在何种条件下才会产生玻色－爱因斯坦凝结现象？

**第九章 系综理论**

**【教学目的】**

通过本章教学，使学生理解系综理论的基本概念，理解微正则系综、正则系综和巨正则系综；了解相空间，刘维定理，以及三种统计分布；理解非理想气体的物态方程与维里定理；能分析和解决相关的简单问题。

**【重点难点】**

重点：微正则、正则和巨正则分布热力学公式。 难点：相空间。

第一节 微正则分布

一、相空间、刘维定理 二、微正则分布 三、微正则分布的热力学公式

第二节 微正则分布

一、正则分布 二、正则分布的热力学公式 三、实际气体的物态方程 四、固体的热容量

第三节 微正则分布

一、巨正则分布 二、巨正则分布的热力学公式 三、巨正则分布的简单应用

**【思考题】**

1、三种类型的分布规律各适合哪些系统？

2、三种类型的分布规律之间有什么关系？

3、系综理论是用来处理那类系统的统计规律的？与前面几章的处理方法有什么异同？

**第十章 涨落理论**

**【教学目的】**

通过本章教学，使学生了解了解涨落的准热力学理论和布朗运动理论；了解热力

学量具有各种涨落值的几率分布；了解涨落的普遍公式、正则系综中能量的涨落；了解巨正则系综中粒子数的涨落和能量的涨落；能理解：布朗粒子的平方平均位移及位移的分布。

**【重点难点】**

重点：涨落的准热力学理论。 难点：布朗运动。

第一节 涨落理论

一、涨落的准热力学理论 二、临界点附近的涨落和关联

第二节 布朗运动

一、布朗运动 二、布朗运动的时间关联函数 三、布朗运动简例

**【思考题】**

1、有几种常见的涨落现象?

2、统计物理中是如何求体系的宏观物理量的？

3、布朗运动是宏观运动还是微观运动？

**【课程考试】**

本课程考试采取“闭卷”(占70%)与“平时成绩”(占30%)相结合的方式进行。其中，“闭卷”主要考查热力学于统计物理的基本概念、基本理论和基本知识，测评学生的理解、判断、分析、综合等能力；平时成绩主要由课堂作业和课堂讨论组成，测评学生的应用、评价等能力。

1、题型比例：客观性试题占60%，包括单选题、判断题、填空题等；主观性试题占40%，包括简答题、计算题等。

2、难度等级：分为较易、中等、较难三个等级，大致的比例是20:60:20。

**四、使用教材与教学参考书目**

**【使用教材】**

汪志诚编《热力学**.**统计物理》(第3版).北京：高等教育出版社.2003.3。

**【教学参考书目】**

1、赵凯华，罗蔚茵《新概念物理教程热学》，高等教育出版社，1998。

2、冯玉广、李士.《热力学与统计物理学导论》.北京：中国科学技术出版社.1993.6。

3、马本堃、高尚惠等.《热力学与统计物理学》(第2版):北京：高等教育出版社，1995.8

4、苏汝铿.《统计物理学》(第1版)，上海：复旦大学出版社.1990.6。

5、谢名春：《热力学与统计物理》，电子科技大学出版社，1999年7月第1版。

注：标注\*的内容，课时不足的可以作为选修内容，让学生自学完成，不计入学时。