

中国科学院大学硕士研究生入学考试

《物理专业综合》考试大纲

本科目考试采用闭卷笔试形式，满分为 150 分，其中电动力学部分试题小计分值为 60 分，量子力学部分试题小计分值为 60 分，热力学与统计物理部分试题小计分值为 30 分。考试时间为 180 分钟。

本考试大纲适用于中国科学院大学物理类的硕士研究生入学考试。“物理专业综合”科目的考试内容包括电动力学、量子力学、热力学与统计物理三大部分。要求考生能掌握电磁现象的基本规律以及分析、处理基本问题的能力，加深对电磁场性质和时空概念的理解；要求掌握波函数的物理解释，薛定谔方程的基本性质、求解方法和应用，掌握力学量的算符表示、对易关系、不确定度关系、态和力学量的表象、电子的自旋、粒子的全同性、量子跃迁等，并具有综合运用所学知识分析问题和解决问题的能力；要求熟练掌握热运动的规律，深入理解与平衡态热运动有关的物性，理解统计和系综理论，具有分析和处理一些基本问题的能力。

一、考试内容

(一) 电磁现象的普遍规律

- 1、麦克斯韦方程组
- 2、介质的电磁性质
- 3、电磁场边值关系
- 4、电磁场的能量和能流

(二) 静电场和稳恒电流磁场

- 1、静电场的标势及其微分方程
- 2、静磁场的矢势及其微分方程
- 3、磁标势
- 4、泊松方程和拉普拉斯方程
- 5、分离变量法
- 6、镜象法
- 7、格林函数法
- 8、电多极矩

(三) 电磁波的传播

- 1、平面电磁波
- 2、电磁波在绝缘介质和导电介质中的传播
- 3、界面上电磁波的反射和折射
- 4、波导和谐振腔

(四) 电磁波的辐射

- 1、电磁场的矢势和标势
- 2、推迟势
- 3、电偶极辐射
- 4、电磁波的衍射
- 5、电磁场的动量

(五) 狭义相对论

- 1、狭义相对论的基本原理
- 2、相对论的时空理论及其四维形式
- 3、电动力学的相对论不变性
- 4、相对论力学

(六) 带电粒子与电磁场的相互作用

- 1、运动带电粒子的势和辐射电磁场
- 2、电磁波的散射和吸收
- 3、介质的色散

(七) 波函数和薛定谔方程

- 1、波粒二象性
- 2、量子现象的实验证实
- 3、波函数及其统计解释
- 4、薛定谔方程
- 5、连续性方程
- 6、薛定谔方程的定态解
- 7、态叠加原理

(八) 一维势场中的粒子

- 1、一维势场中粒子能量本征态的一般性质
- 2、一维方势阱中的束缚态
- 3、方势垒的穿透
- 4、方势阱的反射、透射与共振
- 5、一维简谐振子

(九) 力学量用算符表示

- 1、坐标及坐标函数的平均值
- 2、动量算符及动量值的分布概率
- 3、算符的运算规则及其一般性质
- 4、算符对易关系
- 5、厄米算符的本征值与本征函数
- 6、共同本征函数
- 7、不确定度关系
- 8、角动量算符
- 9、力学量平均值随时间的演化
- 10、守恒量

(十) 中心力场

- 1、 两体问题化为单体问题
- 2、 球对称势和径向方程
- 3、 三维各向同性谐振子
- 4、 氢原子及类氢离子

(十一) 量子力学的矩阵表示与表象变换

- 1、 态和算符的矩阵表示
- 2、 表象变换
- 3、 狄拉克符号
- 4、 简谐振子的占有数表象

(十二) 自旋

- 1、 电子自旋态与自旋算符
- 2、 电磁场中的薛定谔方程
- 3、 自旋单态与三重态

(十三) 定态问题的近似方法

- 1、 定态非简并微扰论
- 2、 定态简并微扰论
- 3、 变分法

(十四) 量子跃迁

- 1、 量子态随时间的演化
- 2、 周期微扰和有限时间内的常微扰

(十五) 多体问题

- 1、 全同粒子系统
- 2、 氦原子

(十六) 热力学的基本规律

- 1、 热平衡定律
- 2、 物态方程
- 3、 热力学第一定律
- 4、 热力学第二定律
- 5、 热力学第三定律
- 6、 卡诺定理
- 7、 克劳修斯等式和不等式
- 8、 热力学基本方程

(十七) 均匀物质的热力学性质

- 1、 麦氏关系
- 2、 气体的节流过程和绝热膨胀过程

- 3、基本热力学函数的一般表达式
- 4、特性函数
- 5、热辐射的热力学
- 6、磁介质的热力学

(十八) 单元系的相变

- 1、单元复相系的平衡条件及相图
- 2、气液相变
- 3、相变的分类
- 4、临界现象

(十九) 近独立粒子的最概然分布

- 1、等概率原理
- 2、玻耳兹曼分布
- 3、玻色分布
- 4、费米分布

(二十) 玻耳兹曼统计

- 1、热力学量的统计表达式
- 2、麦克斯韦速度分布律
- 3、能量均分定理
- 4、理想气体的热力学性质

(二十一) 玻色统计和费米统计

- 1、弱简并理想玻色气体和费米气体
- 2、玻色-爱因斯坦凝聚
- 3、光子气体
- 4、金属中的自由电子气体

(二十二) 系综理论

- 1、刘维尔定理
- 2、微正则分布及其热力学公式
- 3、正则分布及其热力学公式
- 4、巨正则分布及其热力学公式

二、考试要求

(一) 电磁现象的普遍规律

- 1、理解并掌握电磁现象的普遍规律
- 2、了解电磁现象的实验定律，深入理解和掌握由此总结出的麦克斯韦方程组
- 3、熟练掌握介质的电磁性质，电磁场边值关系，电磁场的能量和能流

(二) 静电场和稳恒电流磁场

- 1、理解并掌握唯一性定理
- 2、理解并掌握静电场的标势及其微分方程，静磁场的矢势及其微分方程，磁标势，泊松方程和拉普拉斯方程
- 3、熟练掌握分离变量法、镜象法、格林函数法、电多极矩等方法，能分析和处理静电场和稳恒电流磁场的一些基本问题

(三) 电磁波的传播

- 1、深入理解并掌握平面电磁波在无界空间传播的主要特点
- 2、熟练掌握和理解电磁波在介质（包括绝缘介质和导电介质）中传播的主要特点以及在介质界面上反射和折射的主要特点
- 3、熟练掌握电磁波在波导、谐振腔等有界空间传播时的边值问题的解法

(四) 电磁波的辐射

- 1、理解势的规范变换和物理量的规范不变性
- 2、深入理解并掌握电磁场的矢势和标势、推迟势
- 3、熟练掌握电偶极辐射，能分析和处理电磁波辐射的一些基本问题
- 4、了解电磁波的衍射
- 5、深入理解电磁场的动量

(五) 狭义相对论

- 1、深入理解并掌握狭义相对论的基本原理、相对论的时空理论及其四维形式
- 2、了解电动力学的相对论不变性，了解相对论力学

(六) 带电粒子与电磁场的相互作用

- 1、了解运动带电粒子的势和辐射电磁场
- 2、了解电磁波的散射和吸收，了解介质的色散

(七) 波函数和薛定谔方程

- 1、了解波粒二象性假设的物理意义及其主要实验事实
- 2、熟练掌握波函数的标准化条件（有限性、连续性、单值性），深入理解波函数的概率解释
- 3、理解态叠加原理以及任何波函数按不同动量的平面波展开及其物理意义
- 4、深入了解定态薛定谔方程，定态与非定态波函数的意义及相互关系
- 5、了解连续性方程的推导及其物理意义

(八) 一维势场中的粒子

- 1、熟练掌握一维薛定谔方程边界条件的确定和处理方法
- 2、熟练掌握一维无限深方势阱的求解方法及其物理讨论
- 3、熟练掌握势垒穿透的求解方法及隧道效应的解释，掌握一维有限深方势阱的反射、透射的处理方法及共振现象的发生
- 4、熟练掌握一维简谐振子的能谱及其定态波函数的一般特点及其应用

(九) 力学量用算符表示

- 1、掌握算符的本征值和本征方程的基本概念
- 2、熟练掌握厄米算符的基本性质及相关的定理

- 3、熟练掌握坐标算符、动量算符以及角动量算符，包括定义式、相关的对易关系、本征值和本征函数
- 4、熟练掌握力学量取值的概率及平均值的计算方法，理解两个力学量同时具有确定值的条件和共同本征函数
- 5、熟练掌握不确定度关系的形式、物理意义及其一些简单的应用
- 6、理解力学量平均值随时间变化的规律，掌握如何根据哈密顿算符来判断该体系的守恒量

(十) 中心力场

- 1、熟练掌握两体问题化为单体问题及分离变量法求解三维库仑势问题
- 2、熟练掌握氢原子和类氢离子的能谱和基态波函数及相关物理量的计算
- 3、了解三维各向同性谐振子的基本处理方法

(十一) 量子力学的矩阵表示与表象变换

- 1、理解力学量所对应的算符在具体表象下的矩阵表示
- 2、了解表象之间幺正变换的意义和基本性质
- 3、掌握量子力学公式的矩阵形式及求解本征值、本征矢的矩阵方法
- 4、了解狄拉克符号的意义及基本应用
- 5、熟练掌握一维简谐振子的代数解法和占有数表象

(十二) 自旋

- 1、了解斯特恩-盖拉赫实验
- 2、熟练掌握自旋算符的对易关系和自旋算符的矩阵形式（泡利矩阵），与自旋相联系的测量值、概率、平均值等的计算
- 3、了解电磁场中的薛定谔方程和简单塞曼效应的物理机制
- 4、熟练掌握自旋单态与三重态的求解方法及其物理意义

(十三) 定态问题的近似方法

- 1、了解定态微扰论的适用范围和条件
- 2、掌握非简并的定态微扰论中波函数一级修正和能级一级、二级修正的计算
- 3、掌握简并微扰论零级波函数的确定和一级能量修正的计算
- 4、掌握变分法的基本应用

(十四) 量子跃迁

- 1、了解量子态随时间演化的基本处理方法，掌握量子跃迁的基本概念
- 2、了解周期微扰和有限时间内的常微扰的跃迁概率计算方法

(十五) 多体问题

- 1、了解量子力学全同性原理及其对于多体系统波函数的限制
- 2、了解费米子和波色子的基本性质和泡利原理
- 3、了解氦原子的基本近似求解方法

(十六) 热力学的基本规律

- 1、深入理解并掌握温度、功、熵、焓、自由能、吉布斯函数等概念
- 2、深入理解并掌握热平衡定律，热力学第一定律，热力学第二定律，热力学第三定律，卡

诺定理，克劳修斯等式和不等式，热力学基本方程

（十七）均匀物质的热力学性质

- 1、深入理解并掌握麦氏关系
- 2、熟练掌握气体的节流过程和绝热膨胀过程
- 3、理解并掌握基本热力学函数的一般表达式，特性函数
- 4、掌握热辐射的热力学，磁介质的热力学

（十八）单元系的相变

- 1、深入理解并掌握单元复相系的平衡条件及相图
- 2、理解并掌握气液相变，相变的分类
- 3、了解临界现象和临界指数

（十九）近独立粒子的最概然分布

- 1、深入理解并掌握系统微观运动状态的描述，微观状态数，等概率原理
- 2、熟练掌握玻耳兹曼分布，玻色分布，费米分布
- 3、理解上述三种分布的关系

（二十）玻耳兹曼统计

- 1、深入理解并掌握热力学量的统计表达式，麦克斯韦速度分布律，能量均分定理
- 2、熟练掌握理想气体的热力学性质

（二十一）玻色统计和费米统计

- 1、深入理解并掌握热力学量的统计表达式
- 2、理解并掌握弱简并理想玻色气体和费米气体的性质
- 3、理解玻色-爱因斯坦凝聚，光子气体，金属中的自由电子气体的概念

（二十二）系综理论

- 1、深入理解并掌握微正则分布、正则分布、巨正则分布及其热力学公式
- 2、理解并掌握刘维尔定理

三、主要参考书目

1. 俞允强著，《电动力学简明教程》，北京大学出版社，1999。
2. 曾谨言著，《量子力学教程》，科学出版社，2003年第一版。
3. 汪志诚著，《热力学·统计物理》，高等教育出版社，2013年第五版。

编制单位：中国科学院大学

日期：2024年6月20日