

中国科学院大学

2021 年招收攻读硕士学位研究生专业课考试大纲

891 天文专业综合

科大科院考研网收集整理

本科目满分 150 分。本命题科目试题总分为 240 分，其中天文基础部分试题小计分值为 120 分，实测天体物理部分试题小计分值为 40 分，恒星物理部分试题小计分值为 40 分，星系宇宙学部分试题小计分值为 40 分。考生可在所有试题中任意选做分值为 150 分的试题并明确标示。如果选做的试题分值和超过 150 分，判卷将按照所选做试题的题号顺序依次判卷直到所做题目分值和超过 150 分的题目的前一题。后面所做试题视作无效考试内容。

本考试大纲适用于中国科学院大学天文类的硕士研究生入学考试。“天文专业综合”科目的考试内容包括基础天文学、实测天体物理、恒星物理与星系宇宙学四大部分。要求考生能掌握天文研究方法和天文现象的基本规律以及分析、处理基本问题的能力，加深对各类天体性质、规律、演化的理解；要求掌握天文观测手段和方法，观测设备的特征、参数计算和应用，测光与光谱观测的基本方法、数据处理与分析；掌握恒星的基本性质，恒星的特征参数、分类、演化，以及恒星辐射、结构、演化等求解和模型计算等；掌握星系的分类、结构、形成和演化、基本宇宙学模型、广义相对论、大爆炸核合成、宇宙微波背景辐射等，并具有综合运用所学知识分析问题和解决问题的能力。

一、天文基础部分考试内容

（一）天文学研究历史、现状与未来

1、考试大纲

天文学研究的对象及内容、天文学研究的方法和技术以及与其它学科的关系，天文学研究的历史、现状和未来，天文信息获取方式。

- （1）什么是天文学，天文学涵盖的内容
- （2）天文学的成长——从几何到物理
 - 古代天文学遗址、行星运动、托勒密地心说、哥白尼革命
 - 伽利略的天文观测、证伪地心说、地球绕太阳的运动
 - 第谷的行星观测与开普勒三定律、太阳系尺度确定
 - 牛顿万有引力理论提出、持续验证与最终确立
- （3）来自宇宙的信息
 - 电磁波与观测窗口、温度与黑体谱、速度与多普勒效应
 - 原子、分子和辐射、谱线形成、谱线分析
 - 其他信息：陨石、宇宙线、中微子、引力波
- （4）现代化的观测手段
 - 光学望远镜发展、图像与探测器、集光能力、高分辨率

- 射电望远镜、干涉技术
- 空间天文学、全谱覆盖

2、考试要求

了解并掌握“天文学”的研究内容、方法和天文学的重要发展历史；理解并掌握辐射的相关知识，各类辐射的意义和基本性质。

（二）天球与天球坐标系

1、考试大纲

- （1）天球与地球、坐标系、周日视运动、周年视运动、地球自转变化
- （2）月亮和行星上的星空
- （3）时间与天文学、恒星时和太阳时、天文时间到原子时
- （4）时区与世界时、历书时、历法

2、考试要求

了解并掌握天球与天球坐标系的概念，熟知各天文球坐标系的基本点圈，计算天体位置和可观测时刻等；了解并掌握天体运动规律。

（三）太阳系

1、考试大纲

- （1）太阳系形成模型与比较行星学
 - 太阳系尺度、组成、类地行星与类木行星
 - 行星际物质、太阳风粒子、边界
 - 太阳系形成理论、类木行星、行星碎片
- （2）地球和月亮
 - 地球内部、磁层、地质活动、大气
 - 温室效应和全球变暖、地质记录
 - 月球结构、月面环形山和表面成分、冰
 - 地月系统的形成：观测、理论与检验
- （3）类地行星：水星、金星和火星
 - 水星性质、对水星的探测
 - 金星大气、不可逆温室效应
 - 火星四季、风暴、水、微生物？
 - 什么决定了类地行星的演化史
- （4）类木行星：木星、土星、天王星和海王星
 - 木星结构、磁场、大气与云层、尘埃光环、卫星的冰地质学
 - 土星结构、大气、冰粒光环、卫星大气
 - 天王星、海王星的大气、内部结构与磁层、光环、卫星系统
- （5）太阳系的碎片 我们起源的关键

- 小行星带、近地小行星
- 彗星观测、结构、水
- 库柏带与奥尔特星云
- 流星、陨石、来自火星

2、考试要求

- (1) 了解各类行星的形成理论，能够说明彗星和小行星是如何形成的；
- (2) 掌握比较行星学对太阳系研究的重要性，了解比较行星学的基本理论；
- (3) 了解各类行星的基本特点、外观和内部结构；
- (4) 能够结合所学知识对行星开展基本的分析研究，例如月面光谱分析。

(四) 太阳与恒星

1、考试大纲

- (1) 太阳
 - 太阳能源、内部结构、对流层与米粒组织
 - 历史观测、活动性、磁场、磁流发电机
 - 日震、中微子探测内部结构
- (2) 各种各样的恒星
 - 附近的恒星、光度与视亮度
 - 恒星分类与温度、大小、质量等基本量测量
 - 巨星、矮星、赫罗图
- (3) 星际介质
 - 认识星际：从真空到弥漫着气体和尘埃
 - 发射星云和暗尘埃云的原理
 - 不同组分及探测：中性氢、21 厘米线、分子
 - 不同形态共存、加热与冷却
- (4) 恒星形成
 - 恒星形成区、分子云不同形态、探测
 - 星云塌缩与金斯判据、旋转、磁场影响
 - 原恒星演化、早期恒星、盘、外流、观测证据
- (5) 恒星结构——引力与辐射
 - 如何得到稳定的恒星
 - 能量如何向外转移
 - 恒星大气、检验元素合成
- (6) 恒星演化
 - 太阳、低质量、大质量恒星的演化路径
 - 星团、双星中的恒星演化
 - 等龄线、测龄、测距
- (7) 恒星生命的终点
 - 小质量恒星的死亡：行星状星云、白矮星

- 大质量恒星的结局：核塌缩超新星
- 超新星分类、碳爆发超新星、Ia 超新星测距
- 超新星爆发中的元素合成
- （8）致密天体——奇特的物质状态
- 新星、白矮星、简并物质状态方程与结构
- 脉冲星、中子星、引力红移、中子双星、引力波辐射
- X 射线双星、黑洞、质量分布
- 黑洞附近的时空

2、考试要求

- （1）掌握太阳的总体属性及其内部结构、外层大气，能够描述太阳磁场的性质和可变性、及与各类太阳活动的关系，描述太阳内部能量生成过程；
- （2）理解光度和视亮度的概念与区别，能够计算恒星光度；
- （3）掌握恒星运动、亮度、颜色、质量的参数的测量方法，能够估算恒星距离；
- （4）熟悉并掌握赫罗图的概念，并能够利用赫罗图来说明恒星演化、分类等；
- （5）掌握各类恒星的形成过程和演化阶段，了解双星系统中恒星的演化与单一恒星演化有何不同；
- （6）了解掌握星际介质的组成和物理性质，了解不同类型的超新星是如何形成的，了解金属元素的起源及其对恒星演化的意义。

（五）系外行星与地外生命

1、考试大纲

- （1）系外行星的探测
 - 不同方法的困难、选择效应
 - 开普勒卫星的巨大成功
 - 系外行星的统计
- （2）系外行星的性质与地外生命
 - 生命特征、起源、地外生命、建立联系？
 - 科学方法、寻找类地宜居行星（水、紫外辐射）
 - 系外行星大气研究方法进展

2、考试要求

- （1）理解系外行星探测技术，并能够根据实际限制条件设计观测系统；
- （2）了解系外行星的性质、分类；
- （3）了解人类探测地外生命的方法和技术。

（六）星系与宇宙

1、考试大纲

- （1）银河系

- 银河系测绘、结构、旋臂、密度波
- 旋转曲线、暗物质、恒星级暗物质
- 银河系中心黑洞
- (2) 多种多样的星系
 - 星系形态的哈勃分类、空间分布、哈勃定律
 - 活动星系核与类星体、中央引擎、统一模型
 - 红移巡天、类星体吸收线、大尺度宇宙
 - 引力透镜、暗物质地图
- (3) 星系团与暗物质
 - 星系团的质量、可见质量、气体、暗物质
 - 星系碰撞、星爆星系
 - 星系形成、并合、产生哈勃序列
 - 星系与黑洞共同演化
- (4) 宇宙的膨胀与命运
 - 宇宙学原理、宇宙膨胀的证据：哈勃退行、微波背景辐射
 - 广义相对论、空间几何、宇宙的结局
 - 宇宙密度、加速膨胀、暗能量
 - 宇宙的组成、年龄
- (5) 早期宇宙——回到时间的起源
 - 最初三分钟：基本力、基本粒子、原子核、原子、冻结
 - 暴涨宇宙、可能检验
 - 结构形成、微波背景检验、重子声波振荡

2、考试要求

- (1) 掌握天体距离的测量方法，能够针对不同的情况提出距离测量方案；
- (2) 掌握星系结构和分类，了解不同类型星系的形成与演化；
- (3) 掌握宇宙学原理，了解宇宙的组成、年龄，了解暗物质、暗能量的内涵及其在宇宙演化中的作用。

二、实测天体物理部分

(一) 概述

1、考试大纲

- (1) 实测天体物理学的概念
- (2) 天体信息的来源
- (3) 得到天体信息的过程
- (4) 地球大气对天文观测的影响

2、考试要求

- (1) 掌握天体信息的主要来源, 能够描述得到天体信息的过程;
- (2) 掌握地球大气对天文观测的影响, 了解如何才能获得天体在各个电磁波段的信息。

(二) 光学天文观测设备

1、考试大纲

- (1) 光学天文望远镜
 - 表征望远镜光学性能的物理量
 - 实际光学系统的像差
 - 光学天文望远镜的分类
 - 各类望远镜的特性和用途
 - 望远镜的机架结构
 - 光学望远镜的新进展
- (2) 辐射探测器
 - 反映辐射探测器性能的参数
 - 照相底片
 - 光电器件
 - 自扫描硅二极管阵
 - CCD
 - 用于天文观测的探测器比较
- (3) 天文圆顶
- (4) 天文台选址及著名天文台介绍

2、考试要求

- (1) 掌握并能够计算表征望远镜光学性能的各物理量, 并能够针对不同的应用场景提出合理的性能约束要求;
- (2) 掌握光学望远镜的分类, 了解各类望远镜的特性和用途, 能够描绘不同种类望远镜的光路;
- (3) 熟悉各类像差的来源和消除方法;
- (4) 掌握不同类型探测器的特点及其主要应用;
- (5) 能够根据不同的望远镜和探测器, 计算望远镜的实际观测参数;
- (6) 了解天文圆顶的用途和局限性, 了解天文台选址的要求。

(三) 天体物理研究所需要的主要观测数据

1、考试大纲

- (1) 天体的位置
- (2) 天体的空间运动
- (3) 天体的物质分布、其所处的物理状态和内部运动
- (4) 天体的物理参数

2、考试要求

掌握并理解天体物理研究所需要的主要观测数据类型，并理解其所表征的天体不同特性。

（四）天体光度测量

1、考试大纲

- (1) 测光系统
- (2) 大气消光改正
- (3) UBV 系统的归化
- (4) UBV 系统所包含的物理信息
- (5) UBV 系统和 MK 光谱分类
- (6) 星际消光和 UBV 系统的星际消光改正
- (7) uvby 系统所包含的物理信息
- (8) 热星等与热改正
- (9) 光度测量的方法

2、考试要求

- (1) 理解测光系统的含义，掌握不同测光系统的定义，及其所对应的天体物理信息；
- (2) 掌握并理解星等、视星等、色指数、热改正等的定义和计算方法；
- (3) 掌握光度测量的方法、仪器以及数据处理方法；
- (4) 计算。

（五）天体分光测量

1、考试大纲

- (1) 分光仪器
- (2) 常用光谱仪
- (3) 多目标光谱仪
- (4) 2.16 米望远镜附属光谱仪
- (5) 天体的光谱分类
- (6) 恒星光谱分析
- (7) 天体视向速度的测定

2、考试要求

- (1) 理解分光测量的含义，掌握分光测量中的主要观测参数，并理解典型的天体物理信息获取所需的观测参数要求；
- (2) 了解各种分光测量设备及其优缺点；
- (3) 掌握天体光谱分类，恒星光谱分析方法，天体视向速度测量方法等；
- (4) 能够根据给定的天体光谱，进行初步的光谱分析。

（六）其他电磁波段天文观测介绍

1、考试大纲

（1） 红外天文观测介绍

- 红外观测的基本知识
- 红外天文观测的重要意义
- 红外天文观测的特点和采取的对策
- 高空和大气外红外天文观测
- 地面红外巡天

（2） 射电天文观测介绍

（3） 高能天文观测介绍

2、考试要求

- （1） 掌握不同电磁波段天文观测的不同要求,理解不同电磁波段天文观测的优缺点,了解主要观测设备特点;
- （2） 掌握红外观测的基本要求, 及其与光学观测的异同。

三、恒星物理部分

（一）恒星基本参数

1、考试大纲

（1） 恒星的位置、自行、距离和亮度,量纲分析

- 恒星的位置: 坐标系统, 地球的运动, 天空的可见度
- 恒星的自行
- 太阳的距离、恒星的三角视差
- 恒星的亮度: 视星等, 颜色, 地球大气的吸收, 黑体辐射, 绝对星等、恒星参数分布范围和直观量纲分析

（2） 恒星的光度、有效温度和颜色-星等图

- 赫罗图: 临近恒星, 疏散星团, 球状星团
- 测光视差: 星团, 单星
- 光度: 概念, 太阳光度, 恒星光度和热改正

（3） 恒星的半径、半径与质量

- 恒星的半径: 干涉仪, 月掩星方法
- 恒星的半径与质量: 双星, 多普勒效应, 双星轨道参数, 质光关系

（4） 光谱分类、光谱理解、星族

- 恒星的有效温度
- 光谱分类: 光谱序列, 光度序列, 白矮星光谱
- 光谱理解: 太阳光谱, 谱线认证, 光谱序列

- 星族
- (5) 恒星的转动、磁场
- 恒星的转动
- 磁场——概念，塞曼效应
- (6) 特殊恒星、超新星、星际吸收
- 特殊恒星：特殊 A 型星，恒星内部的扩散，金属线星，钡星，金牛座 T 型星
- 超新星，新星
- 星际吸收：星际尘埃，星际气体

2、考试要求

- (1) 掌握恒星各基本参数的物理涵义、测量及计算方法，能够根据给定条件进行各种参数的测量、计算和估计；
- (2) 掌握并理解赫罗图、星团、光谱分类、星族、特殊恒星、超新星、星际吸收等相关知识点。

(二) 恒星大气及辐射特征

1、考试大纲

- (1) 辐射转移基础、恒星大气中的辐射转移、源函数
 - 辐射转移基础：辐射强度 I_λ ，能量的辐射转移，源函数，发射线和吸收线
 - 恒星大气中的辐射转移：辐射转移方程，表面强度，流量与有效温度，流量与辐射的各向异性，辐射能量密度
 - 源函数：太阳大气的源函数，辐射平衡，灰大气模型
- (2) 连续谱吸收系数、非灰大气的影响、压力分层
 - 连续谱吸收系数：吸收过程，玻尔兹曼公式，萨哈公式，太阳大气中的吸收系数，A 型星和 B 型星的吸收系数
 - 非灰大气的影响：巴尔末跳变，非灰大气对温度的影响
- (3) 谱线的形成与光谱分析
 - 谱线的形成：光学薄谱线，谱线吸收系数，谱线轮廓，谱线致宽，等值宽度，生长曲线
 - 光谱分析：巴尔末跳变，斯特龙根色指数，生长曲线的分析
- (4) 非局部热动平衡、色球、冕和星风
 - 局部热动平衡与非局部热动平衡的物理，基本方程
 - 色球、冕和星风：观测和物理基础
 - 压力分层：流体静力学平衡，压力与重力，电子压力，辐射压力

2、考试要求

- (1) 掌握恒星大气的结构、观测特点、观测方法和物理特性，掌握局部热动平衡方程，了解色球、冕、星风等物理特征；
- (2) 掌握辐射相关理论，能够进行计算与推导；
- (3) 掌握光谱形成和光谱分析的基础知识，能够根据给定条件进行初步光谱分析。

（三）恒星内部结构

1、考试大纲

- （1）守恒定律与恒星结构、流体静力平衡、热平衡
 - 流体静力平衡的物理基础和基本方程
 - 内能的平衡转移：维里定理
 - 恒星内部的热平衡和能量传输
 - 初步的质光关系
 - （2）恒星对流理论基础
 - 能量传输机制：为什么发生对流、对流运动稳定性判据
 - 混合长理论及其应用（对流的基本物理图像和数学、对流中的能量交换；混合长：参数的选择和意义；混合长对流理论的成功与失败：对流超射问题、锂丰度问题）
 - （3）不透明度、能源、核合成和产能机制
 - 恒星结构理论框架中的“输入物理”：不透明度，核产能率、引力势能和内能，核反应-恒星演化的驱动
 - （4）建立恒星结构基本方程、恒星结构量纲分析
 - 温度梯度与能量转移
 - 动量守恒与压力梯度、恒星震动的数学
 - 恒星方程组：结构、演化、短时标问题的物理基础和数学
 - 无量纲化和恒星的基本量纲分析
 - （5）恒星结构方程求解、主序恒星模型
- 恒星结构方程组求解的基本数学和计算方法（数学和计算方法）。
- 史瓦西方法
 - 亨耶方法
 - 恒星演化基本图像、恒星按质量分段的物理和天文学意义

2、考试要求

利用本章所学，能够进行恒星内部结构的理论描述、推导和计算，深刻理解恒星的内部结构。

（四）恒星演化

1、考试大纲

- （1）小质量恒星的演化
 - 典型的小质量恒星-太阳：“标准”太阳模型、太阳中微子问题
 - 主序到红巨星：基本图像
 - 简并过程和物态方程、“中等质量”和“小质量”恒星
 - 氦闪与水平分支、渐进巨星分支的物理、行星状星云、白矮星
- （2）大质量恒星演化、演化晚期及结局
 - “大质量”恒星与“中等质量”恒星、天文观测问题

- 演化中的物理问题：物质混合、蓝回绕（blue loop）、高级核燃烧
- 演化结局与 II 型超新星
- （3） 恒星模型计算
 - 恒星结构方程的数字解
 - 恒星演化程序，MESA 课堂实习
 - 数字恒星模型与恒星内部物理过程
- （4） 恒星演化理论的观测检验、脉动变星
 - 恒星演化理论的观测检验（回顾）：星团赫罗图、演化残留体
 - 观测问题：周光关系的物理基础和应用
 - 经典造父变星与恒星理论问题
 - 恒星震动和激发机制、赫罗图中的不稳定带
- （5） 双星演化基础
 - 观测宇宙中的恒星成分
 - 双星和多星系统的观测统计性质
 - 双星的分类、观测对象与理论模型对于关系、单星理论的缺陷
 - 限制性三体问题及罗希瓣模型

2、考试要求

利用本章所学，能够进行恒星演化过程的物理描述、推导和计算，深刻理解恒星演化过程及不同类型恒星演化的特点。

（五）恒星形成与星族合成

1、考试大纲

- （1） 恒星形成基础、初始质量函数
 - 星族的理论概念和观测现象
 - 基本图像简介、与恒星形成相关的观测和物理
 - 对流与林中四郎线：原恒星和红巨星的相关物理
 - 初始质量函数
 - 双星演化的重要意义
- （2） 星族合成理论框架及应用
 - 星族合成基本假设、合理性及应用范围
 - 星族合成方法基础及简单星系模型
 - 实际应用：光谱、谱指数

2、考试要求

利用本章所学，能够进行恒星形成的物理描述，深刻理解恒星形成理论，并能够根据实际给定情况进行分析和简单计算。

四、星系宇宙学部分

1、考试大纲

- (1) 引论(历史、星系分类、哈勃定律、坐标、星等)
- (2) 银河系
- (3) 旋涡星系
- (4) 星系、星系团和类星体
- (5) 牛顿力学下的球形膨胀宇宙模型
- (6) 广义相对论初步
- (7) 相对论宇宙学
- (8) 观测宇宙学
- (9) 宇宙微波背景辐射
- (10) 大爆炸核合成
- (11) 暴胀宇宙
- (12) 结构形成
- (13) 星系形成
- (14) 宇宙微波背景辐射各向异性

2、考试要求

掌握星系天文学和宇宙学的基本概念,理解这一领域的基本理论和观测方法,并能进行简单的计算。

五、主要参考书目

- 1、Astronomy Today, by Eric Chaisson & Steve Mc Millian.
- 2、《今日天文学》,高健、詹想译
- 3、《天体物理学》,李宗伟、肖兴华编著,高等教育出版社
- 4、《天文学新概论》,苏宜编著,华中科技大学出版社
- 5、《实测天体物理学》黄佑然等著
- 6、《天体物理方法》胡景耀著
- 7、《观测天体物理学》刘学富著
- 8、《天文望远镜原理和设计》程景全著
- 9、《天体物理方法》杨大卫译
- 10、Introduction to stellar astrophysics, Volume 1, II, III (Bohm-Vitense, Cambridge University Press, 1997).
- 11、An Introduction to Stellar Astrophysics, Francis LeBlanc, 2010.
- 12、An Introduction to Modern astrophysics, B. W. Carroll and D. A. Ostlie, 1996
- 13、Extragalactic Astronomy and Cosmology - an introduction, P. Schneider

14、An Introduction to Modern Cosmology, A. Liddle