

《磁性物理学》课程教学大纲

一、课程基本信息

英文名称	Physics of Magnetism	课程代码	PHYS2037
课程性质	专业选修课程	授课对象	物理学
学 分	2 学分	学 时	36 学时
主讲教师	许晨	修订日期	2021 年 9 月
指定教材	严密, 彭晓领, 《磁学基础与磁性材料》, 浙江大学出版社, 2006 年.		

二、课程目标

(一) 总体目标:

通过本课程的学习掌握磁性的基本物理性质以及磁性材料和技术磁化的发展和应用。使学生具备理论分析和处理一些磁性基本问题的能力。在教学中通过对磁学研究中的经典模型进行深入剖析, 对物理前沿问题、新技术应用的介绍和讨论, 强化学生对磁性物理学中的基本概念和基本原理的理解, 使学生体会物理学思维方式和科学分析方法, 更好地理解科学本质, 形成运用辩证唯物主义世界观和科学的时空观研究问题, 分析问题和解决问题能力。

(二) 课程目标:

课程目标 1: 通过课程教学, 让学生掌握磁性物理学中的基本规律, 了解当前磁性物理发展中的前期问题, 激发学生探索磁学问的兴趣, 鼓励学生利用课堂所学的和课后补充的知识去解决当前的磁学问题。了解磁学与其他学科之间的交叉发展过程, 培养学生勇于探索科学问题的精神, 形成辩证唯物主义世界观和科学的时空观。

课程目标 2: 使学生掌握磁性起源和自发磁化、磁畴和技术磁化等的物理概念和物理图象及严格的数学推导, 培养学生运用掌握磁学知识分析问题的理论和实验能力, 对复杂问题利用简化清晰的物理模型分析能力, 提高学生的抽象思维能力, 培养学生分析和解决实际问题的能力, 为学习后续知识和前沿领域问题打下扎实的基础。

课程目标 3: 让学生通过系统的学习, 掌握利用简明模型分析复杂磁学问题的方法, 掌握运用统计物理方法分析宏观磁学性质的方法。提升学生的数学分析能力和从现象到本质的分析能力, 培养学生利用课堂所学知识来分析和理解课程中介绍的前沿磁学问题的方法。鼓励学生将课堂知识和课后自学相结合来探索一些磁学中的新问题。

(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	对应课程内容	对应毕业要求（及对应关系说明）
课程目标 1	第一章 绪论及磁学基础知识 第二章 磁性起源 第三章 物质的磁性 第六章 技术磁化 第七章 动态磁化过程 第八章 超精细颗粒和薄膜及应用	毕业要求 3, 7, 8: 了解磁性物理的发展史, 介绍当今磁学研究热点问题。掌握物质磁性的基本原理, 理论和实验研究方法。通过对当今磁性材料的开发和应用介绍, 引导学生对磁性物理的兴趣, 学会课后自主查阅资料了解本领域的前沿问题。
课程目标 2	第二章 磁性起源 第三章 物质的磁性 第四章 磁各向异性与磁致伸缩 第五章 磁畴结构 第六章 技术磁化 第七章 动态磁化过程	毕业要求 2, 8: 掌握运用高等数学推导物理问题的能力, 掌握对复杂物理问题进行物理建模方法。能够对具体物理图像进行数学分析和公式推导。培养学生独立思考的能力, 利用已掌握的物理知识对实际磁学中的现象和应用原理进行分析和理解。
课程目标 3	第二章 磁性起源 第三章 物质的磁性 第五章 磁畴结构 第七章 动态磁化过程 第八章 超精细颗粒和薄膜及应用	毕业要求 2, 3, 7: 通过结合固体物理, 统计力学和量子力学知识使学生掌握讨论磁性物理中理论和实验问题的方法, 适当介绍一些与本课程相关的前沿问题, 使学生了解磁学前沿, 开阔学生的视野, 鼓励学生课后通过查阅资料达到进一步了解前沿课题的目的。

三、教学内容

第一章 电磁现象的普遍规律

1. 教学目标

掌握磁性物理的研究内容和研究方法，了解磁性物理学发展历史，物理学家的生平及科学贡献，培养学生的科学精神，建立科学的方法论。掌握磁场强度，磁感应强度，磁化强度，退磁场，毕奥萨伐尔定律，法拉第定律，楞次定律及材料分类方法。

2. 教学重难点

磁场强度、磁感应强度、磁化强度三者的关系。利用毕奥萨伐尔定律计算电流产生的磁场。退磁因子的计算。

3. 教学内容

第一节 磁性物理的简史

一、磁性物理学发展历史回顾

使学生了解磁性物理的发展简史

二、磁性物理的研究内容和研究方法

让学生明白要学什么和如何去学习磁性物理学的方法。使学生深入理解磁学物理量的物理概念及其相互关系。介绍参考书。

第二节 磁场

一、磁场强度

使学生掌握磁场强度的定义，毕奥萨伐尔定律，安培定律以及不同形式的磁力线分布

二、磁感应强度

要求学生掌握法拉第定律，楞次定律

三、国际单位制与高斯单位制

要求学生掌握磁学物理量国际单位制表示方法并了解高斯单位制与国际单位制的联系与区别，目前仍然有学者使用高斯单位制发表论文。

四、产生磁场的方法

介绍日常产生磁场的两种方法，包括电流产生法和永磁铁产生法。重点讲解装置原理和产生超强磁场的方法。

第三节 磁矩与磁化强度

一、磁矩

掌握磁矩在通电圆环和条形磁体中的表述方式。讲解磁矩产生磁场的空间分布，包括圆形电流环，方形电流环以及磁偶极子产生磁场的情况。

二、磁化强度

磁化强度矢量定义，重点讲解磁感应强度、磁场强度及磁化强度之间的数学关系等式。

三、磁性材料的分类

物质根据磁性极化率参数，重点介绍五种分类（抗磁性、顺磁性、铁磁性、反铁磁性和亚铁磁性）及其特征。

四、磁性材料的退磁因子

磁体中的静磁能量及退磁场概念和退磁因子计算。重点推导均匀磁化的球形颗粒退磁因子表达式。

五、磁屏蔽

重点讲解磁屏蔽的原理，并介绍一些磁屏蔽装置。

4. 教学方法

教师讲授，师生讨论等。

5. 教学评价

课后相应习题，思考题，补充习题。

第二章 磁性起源

1. 教学目标

掌握轨道运动和自旋的磁矩计算公式，原子磁矩的计算，洪德规则，晶体场。

熟悉原子磁矩的矢量模型，过渡族金属离子磁矩的实验与理论对比结果。

2. 教学重难点

推导轨道和自旋磁矩的表达式，理解洪德规则，推导兰德因子。轨道角动量淬灭现象。

3. 教学内容

第一节 轨道运动和自旋

一、轨道磁矩

演示推导电子轨道角动量与轨道磁矩公式。

二、自旋磁矩

讲解自旋磁矩的理解难点及计算公式。

第二节 原子磁矩

一、原子磁矩的矢量模型

讲解原子磁矩的矢量模型，推导兰德 g 因子表达式。

二、洪德规则

重点介绍洪德规则及该规则的物理图像，给出原子磁矩的计算公式，举例计算原子磁矩。

第三节 过渡族金属离子磁矩

一、过渡族金属离子磁矩的实验与理论对比

列举过渡族金属离子的磁矩，对比理论计算与实验测量的差别。

二、晶体场

引入晶体场来解释实验现象。具体以氧八面体结构来分析。难点是讲解轨道角动量淬灭现象。详细介绍轨道角动量冻结的概念及图象，阐述其与自由原子磁矩的区别。

4. 教学方法

教师讲授，师生讨论等。

5. 教学评价

课后相应习题，补充习题，思考题。

第三章物质的磁性

1. 教学目标

掌握郎之万顺磁性理论，外斯铁磁性理论的分子场假设和磁畴假设。铁磁性理论推导过程，并得出居里-外斯定律。交换相互作用的来源，铁磁性海森堡模型。超交换模型，反铁磁性理论。

熟悉布里渊函数，铁磁性来源的一些模型，贝蒂-斯莱特曲线，磁极化率与温度的关系曲线，尖晶石结构，包括四面体和八面体结构。

2. 教学重难点

磁矩和磁化强度，磁性材料的分类，外斯铁磁性理论的模型；铁磁性理论推导，交换积分的来源；海森堡理论推导。超交换原理；反铁磁性理论推导。四面体和八面体结构。

3. 教学内容

第一节 顺磁性

一、郎之万顺磁性

郎之万顺磁性物理图像及模型，重点分析如果利用热力学统计物理的知识推导出顺磁性系统的磁化强度与外加磁场强度直接的函数关系。讨论郎之万函数的性质。

二、布里渊函数

对比郎之万经典系统所得结果与实验的差别，引入布里渊函数。考虑磁矩空间取向量子化效应是推导布里渊函数的关键。注意分析推导过程中使用的数学技巧。

第二节 外斯铁磁性理论

一、外斯铁磁性理论假设

介绍外斯铁磁性理论的分子场假设和磁畴假设，给出这两种假设的物理图像。

二、铁磁性理论推导

在郎之万顺磁性理论的基础上，引入分子场，得出关于磁化强度与外加场和分子场的自洽方程。重点分析如何用图解法解自洽方程并得出系统有自发磁化的条件（居里温度）。

三、居里-外斯定律

几在外加小磁场强度的条件下，理论分析系统的磁极化率，得出居里-外斯定律。

四、关于铁磁性来源的一些模型

介绍铁磁性来源的一些模型，包括海森堡交换模型，局域模型，巡游模型，能带模型等。

第三节 交换相互作用

一、交换的起源

从双电子模型出发，考虑空间波函数和自旋波函数的对称性构造整体波函数，得出系统的本征能量，由能量差引入交换积分项，并给出含交换积分的哈密顿量形式（海森堡模型）。以氢原子为例，分析得出含交换积分的哈密顿量。强调交换积分是量子效应结果。

二、铁磁性海森堡模型

一般性地考虑含多个电子系统。详细推导系统交换能的表达式并与外斯铁磁性理论结果比较讨论。

三、贝蒂-斯莱特曲线

介绍根据交换积分的值来区分材料的铁磁性质

第四节 反铁磁性

一、超交换模型

剖析超交换相互作用的物理图像，让学生理解超交换模型这一难点问题。以 3d 轨道的分析为主，解释 M-O-M 结构的超交换原理，并得出一般性结论。

二、反铁磁性理论

介绍反铁磁性材料的磁极化率与温度的关系曲线，在外斯铁磁性理论的框架下引入反铁磁次晶格模型，理论推导出奈尔温度表达式及渐进居里温度。

三、分析磁极化率与温度的关系曲线

从反铁磁性的微观磁矩取向出发，结合温度与外加磁场的变化关系以及多晶材料的平均效应，解释磁极化率与温度的关系曲线。

第五节 亚铁磁性

一、尖晶石结构

介绍尖晶石结构，包括四面体和八面体结构。尖晶石分为正尖晶石和反尖晶石两类。

二、亚铁磁体的磁矩计算

根据亚铁磁体的化学成分（分子式），计算掺杂亚铁磁体的磁矩，实现可调磁矩的材料，并与实验结果对照比较。

4. 教学方法

教师讲授；课堂提问讨论。

5. 教学评价

课后习题，补充作业，思考题。

第四章 磁各向异性与磁致伸缩

1. 教学目标

掌握立方结构的晶面、晶轴表示法，阿库洛夫公式，磁晶各向异性等效场，铁磁颗粒的磁致伸缩。

熟悉磁各项异性分类，实验测量磁晶各项异性常数的方法，磁致伸缩现象。

2. 教学重难点

阿库洛夫公式；磁晶各向异性等效场的计算，磁致伸缩形变计算；多晶材料的磁致伸缩计算。

3. 教学内容

第一节 磁各向异性的种类

一、磁各项异性分类

使学生了解磁各项异性的种类

第二节 立方晶体的磁各项异性

一、晶体结构分析

使学生掌握立方晶体结构及晶面、晶轴表示方法。介绍易磁化轴与难磁化轴概念。理解沿某个晶面切割样品的结果。

二、磁晶各向异性能

要求学生能够利用阿库洛夫公式分析磁晶各项异性能，根据磁晶各项异性常数的正负号判断易磁化方向。掌握由实验测得的磁化功计算磁晶各项异性常数。了解根据扭矩曲线测量磁晶各项异性常数的方法。

三、磁晶各向异性等效场

理解磁晶各向异性等效场的概念，重点分析如何计算立方各向异性等效场，包括易磁化轴沿[100]方向和沿[111]方向，以及单轴各向异性等效场。掌握利用能量等效的方法使问题简化处理的一种应用手段。

第三节 磁致伸缩

一、磁致伸缩现象

介绍磁致伸缩现象，了解其来源。

二、铁磁颗粒的磁致伸缩

分析计算球形铁磁颗粒的磁致伸缩，引入立方晶系单晶公式并计算多晶材料的磁致伸缩。要求掌握处理多晶情况的平均方法。

4. 教学方法

教师讲授，课堂提问等。

5. 教学评价

课后作业，补充习题，思考题。

第五章磁畴结构

1. 教学目标

掌握均匀分布的磁畴计算，布洛赫壁的计算，单畴颗粒尺寸的计算。

熟悉磁畴的结构特征，畴壁的分类。

了解畴壁的观察方法。

2. 教学重难点

磁畴结构；退磁场能计算，磁畴壁计算；单畴颗粒临界尺寸估算。

3. 教学内容

第一节 磁畴的一般特征

一、磁畴的结构特征

介绍不同尺度下磁化物体的磁矩分布情况，单畴，反平行取向磁畴结构，涡旋磁畴结构等。

二、计算均匀分布的磁畴

重点讲解均匀磁畴分布下的静磁能（退磁场能）与畴壁能竞争的结果。估算铁材料的磁畴大小。掌握形成磁畴的根本原因是退磁场能极小的要求。

第二节 畴壁的结构

一、布洛赫壁

根据畴壁中的交换能、磁晶各向异性、磁弹性能等的能量表达式，以能量最低条件求出畴壁的厚度与交换积分常数、磁晶各项异性常数、磁致伸缩系数间的函数关系。估算铁材料的畴壁厚度。

二、畴壁的分类

介绍畴壁的分类，如 90 度畴壁和 180 度畴壁，布洛赫壁和奈尔壁等。

三、畴壁的观察

讲解实验观察畴壁的原理和方法，包括比特方法、电子透镜观测方法、光学效应观测方法、原子力显微术等。

四、单畴颗粒

分析材料从多畴结构变成单畴结构的原因，并由此计算具有立方晶体结构的材料和单轴各项异性材料的临界单畴尺寸。。

4. 教学方法

教师讲授、课堂提问等

5. 教学评价

课后相应习题，补充作业，思考题。

第六章 技术磁化

1. 教学目标

掌握技术磁化曲线的特征，磁畴壁位移和磁畴转动的理论计算，巴克豪斯跳跃现象和单畴颗粒中的不可逆畴转过程。

了解硬磁材料和软磁材料的分类，磁化过程中受到的各自阻力作用，如何利用不可逆畴壁位移过程解释磁滞回线现象。

2. 教学重难点

技术磁化曲线的 5 部分特征，各类能量平衡方程，分析临界条件的数学方法。

3. 教学内容

第一节 技术磁化曲线

一、技术磁化曲线特征

讲解技术磁化曲线的 5 部分特征，包括起始磁化区域，瑞利区域，陡峻区域，趋进饱和磁化区域，顺磁磁化区域。

二、硬磁材料和软磁材料

由磁滞回线介绍磁性材料的软硬分类。

第二节 可逆的畴壁位移和畴转过程

一、磁畴壁位移

理解磁畴壁位移与移动过程中受到的阻力之间的平衡关系，数学推导这种可逆的平衡关系。

二、畴转动过程

分析磁晶各向异性与外加磁场作用下的能量平衡。

第三节 不可逆畴壁位移和畴转过程

一、不可逆畴壁位移过程

难点是如何理解巴克豪斯跳跃现象。由畴壁能在材料中的分布曲线，得出畴壁在空间位置上的受力情况，由平衡条件得出发生不可逆畴壁移动的物理机制。解释磁滞回线现象。

二、不可逆的畴转动过程

以单畴颗粒为主，解释发生不可逆畴转的条件。从数学上对能量的一阶导和二阶导得出临界不可逆畴转条件。掌握相对论时空结构、因果律、同时的相对性、运动时钟变慢、运动尺度缩短和速度变换等相对论中的基本效应；解决相对论运动中问题。

4. 教学方法

教师讲授，课堂提问。

5. 教学评价

课后相应习题，补充作业，思考题。

第七章 动态磁化过程

1. 教学目标

掌握磁性存储单元的读取原理以及如何记录一个二进制数据，朗道-栗弗席兹-吉尔伯特方程。

了解磁带记录的过程原理，研究动态磁化应用的研究方法。包括实验手段，理论分析方法和微磁学数值模拟方法等。

2. 教学重难点

数字式记录的原理，存储单元的读取原理，朗道-栗弗席兹-吉尔伯特方程求解，核磁共振原理。

3. 教学内容

第一节 动态磁化的应用

一、磁带记录

介绍磁带记录的过程原理

二、数字式记录

分析利用磁性材料做成数字式记录的原理，重点理解对存储单元的读取原理以及如何记录一个二进制数据。介绍利用巨磁电阻效应制作的存储单元原理。

第二节 动态磁化过程分析

一、朗道-栗弗席兹-吉尔伯特方程

引入朗道-栗弗席兹-吉尔伯特方程，讲解方程中各个分量的物理含义，演示利用朗道-栗弗席兹-吉尔伯特方程动态观察磁化强度的反转过程。

二、一些应用研究

介绍当今研究动态磁化应用的研究方法。包括实验手段，理论分析方法和微磁学数值模拟方法等。

三、核磁共振

介绍核磁共振原理及其相关应用。

4. 教学方法

教师讲授，课堂提问。

5. 教学评价

课后相应习题，补充作业，思考题。

第八章超精细颗粒和薄膜及应用

1. 教学目标

掌握 Stoner-Wohlfarth 模型，超顺磁颗粒的分析方法。

了解根据材料尺寸大小区别多畴，单畴和超顺磁区域，薄膜结构，超顺磁颗粒的特性和一些实际应用

2. 教学重难点

Stoner-Wohlfarth 模型分析，超顺磁颗粒的理论分析。

3. 教学内容

第一节 单畴、多畴及薄膜

一、实验观测结果

介绍实验上对不同材料在不同尺寸和温度条件下观测系统的矫顽场变化。根据材料尺寸大小，引入多畴，单畴和超顺磁区域，以及薄膜结构。

二、Stoner-Wohlfarth 模型

利用 Stoner-Wohlfarth 模型分析超精细颗粒的磁滞现象。

第二节 超顺磁颗粒

一、单畴颗粒在超顺磁下的实验结果

介绍超顺磁颗粒在实验观察下的磁化曲线。

二、超顺磁颗粒的理论分析

讲解理论分析发生超顺磁性的条件，并比较理论结果与实验结果的吻合程度。

三、磁性流体

介绍超精细颗粒在液体中的应用。

4. 教学方法

教师讲授，课堂提问。

5. 教学评价

思考题。

四、学时分配

表 2：各章节的具体内容和学时分配表

章节	章节内容	学时分配
第一章	绪论及磁学基础知识	4 学时
第二章	磁性起源	4 学时
第三章	物质的磁性	8 学时
第四章	磁各向异性与磁致伸缩	4 学时
第五章	磁畴结构	4 学时
第六章	技术磁化	4 学时
第七章	动态磁化过程	4 学时
第八章	超精细颗粒和薄膜及应用	4 学时

五、教学进度

表 3：教学进度表

周次	日期	章节名称	内容提要	授课时数	作业及要求	备注
1	-	第一章	磁学发展历史，磁性物理的研究内容和研究方法，磁场强度，磁感应强度，国际单位制与高斯单位制，产生磁场的方法。	2	本章节练习题 1， 思考题	
2	-	第一章	磁矩，磁化强度，磁性材料的分类，磁性材料的退磁因子，磁屏蔽。	2	本章节思考题， 补充习题	

3	-	第二章	轨道磁矩，自旋磁矩，原子磁矩的矢量模型。	2	思考题	
4	-	第二章	洪德规则，过渡族金属离子磁矩的实验与理论对比，晶体场。	2	本章习题 1 (1), 6, 补充习题	
5	-	第三章	郎之万顺磁性模型及理论推导，布里渊函数推导	2	本章习题 2 (2) 补充习题	
6	-	第三章	外斯铁磁性理论，居里-外斯定律，铁磁性来源的一些模型。	2	本章习题 2 (3) 思考题	
7	-	第三章	交换的起源，铁磁性海森堡模型，贝蒂-斯莱特曲线，超交换原理。	2	本章习 2 (5) 补充习题	
8	-	第三章	反铁磁性理论，磁极化率与温度的关系曲线，尖晶石结构，亚铁磁体的磁矩计算。	2	本章节练习题 2(4) 思考题	
9	-	第四章	磁性材料中各类磁各向异性的分类，晶体结构分析，磁晶各向异性性能，磁晶各向异性等效场。	2	本章节练习题 1(1), 2 思考题	
10	-	第四章	磁致伸缩现象，铁磁颗粒的磁致伸缩，多晶材料的磁致伸缩。	2	本章习题 1 (2) 思考题	
11	-	第五章	磁畴的结构特征，计算均匀分布的磁畴，退磁场能计算。	2	本章习题 1 补充习题	
12	-	第五章	布洛赫畴壁的计算，畴壁的分类，畴壁的观察，单畴颗粒的计算。	2	本章习题 3 补充习题	
13	-	第六章	技术磁化曲线，硬磁材料和软磁材料分类。	2	本章习题 1 (1) 思考题	
14	-	第六章	可逆的畴壁位移，可逆的畴转过程，不可逆畴壁位移过程，不可逆的畴转过程。	2	补充习题 思考题	
15	-	第七章	数字式记录的原理，存储单元的读取原理。	2	补充习题	

					思考题	
16	-	第七章	朗道-栗弗席兹-吉尔伯特方程求解，动态磁化研究方法，核磁共振原理。	2	思考题	
17	-	第八章	单畴和多畴及薄膜的实验观测，Stoner-Wohlfarth模型分析。	2	补充习题 思考题	
18	-	第八章	超顺磁颗粒的磁化曲线，理论分析发生超顺磁性的条件，超精细颗粒在液体、生物体等中的应用。	2	思考题	

六、教材及参考书目

1. 严密，彭晓领，《磁学基础与磁性材料》，浙江大学出版社，2019年
2. 宛德福，马兴隆，《磁性物理学》，电子科技大学出版社，1994年
3. 戴道生，钱昆明，《铁磁学》，科学出版社，2000年
4. 姜寿亭 李卫，《凝聚态磁性物理》，科学出版社，2003年
5. 金汉民，《磁性物理》，科学出版社，2013年
6. B.D. Cullity, C.D. Graham, "Introduction to magnetic materials", John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 2009

七、教学方法

1. 系统地组织教学内容，融合固体物理，统计力学，量子力学等基础课程的知识为本课程的磁学问题打下基础。同时注重补充本领域前沿问题的内容，培养科学思维能力和科研创新能力。

2. 以PPT讲课为主，辅以适量板书推导。结合传统与现代化教学手段，综合采用讲授、讨论、课堂提问，当场练习等模式。

3. 利用中英文对照方法，对课程重要内容双语化，提升学生阅读国际相关研究领域资料的能力。通过课后查阅文献，专题讨论，小组合作撰写报告等练习，培养学生运用知识能力，创新思维能力和解决问题的能力。

4. 布置适量的课后习题和思考题，巩固所学基础知识，消化吸收重点难点问题，体会物理学家思考处理问题的方法。

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	相关教学内容	平时学习表现+考试
课程目标 2	相关教学内容	平时学习表现+考试
课程目标 3	相关教学内容	平时学习表现+考试

(二) 评定方法

1. 评定方法

平时成绩（作业、出勤，课堂提问及讨论等）占 20%，期中考试占 40%，期末考试占 40%。

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	考试	总评达成度
课程目标 1	20%	20%	课程目标 1 达成度={0.2 x 平时目标 1 成绩+0.8 x 考试目标 1 成绩}/目标 1 总分。 课程目标 2 达成度={0.2 x 平时目标 2 成绩+0.8 x 考试目标 2 成绩}/目标 2 总分。 课程目标 3 达成度={0.2 x 平时目标 3 成绩+0.8 x 考试目标 3 成绩}/目标 3 总分。 总评达成度=0.2 x 课程目标 1 的达成度+0.4 x 课程目标 2 的达成度+0.4 x 课程目标 3 的达成度
课程目标 2	40%	40%	
课程目标 3	40%	40%	

(三) 评分标准

课程 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	完全掌握磁学的发展简史，磁性起源，熟悉磁学研究内容和研究方法，充分认识到磁性物理学在现代科学研究领域的重要性，具备科学的世界观和方法论。	较好掌握磁学的发展简史，磁性起源，较好了解磁学研究内容和研究方法，较好认识到磁性物理学在现代科学研究领域的重要性，具备科学的世界观和方法论。	掌握磁学的发展简史，磁性起源，了解磁学研究内容和研究方法，能够认识到磁性物理学在现代科学研究领域的重要性，具备科学的世界观和方法论。	基本掌握磁学的发展简史，磁性起源，基本了解磁学研究内容和研究方法，基本能够认识到磁性物理学在现代科学研究领域的重要性，具备科学的世界观和方法论。	不了解磁学的发展简史，磁性起源，基本不了解磁学研究内容和研究方法，无法认识到磁性物理学在现代科学研究领域的重要性，无法具备科学的世界观和方法论。
课程 目标 2	完全掌握磁性来源，磁性物质与磁场的相互作用，磁畴物理等知识，完全具备运用所学知识分析磁学问题的能力。能够运用所学对磁学中的新问题提出见解，具有很好的抽象思维能力。	掌握量子力学基本原理和基本计算方法，具有运用量子力学理论求解并分析量子系统的能力和解决交叉学科领域量子问题的能力；具有抽象思维能力。	较好掌握量子力学基本原理和基本计算方法，具有运用量子力学理论求解并分析量子系统的能力和解决交叉学科领域量子问题的能力；具有一定的抽象思维能力。	基本掌握量子力学基本原理和基本计算方法，基本具有运用量子力学理论求解并分析量子系统的能力和解决交叉学科领域量子问题的能力；具有一定抽象思维能力。	未掌握量子力学基本原理和基本计算方法，不能运用量子力学理论求解并分析量子系统，不会解决交叉学科领域的量子问题；抽象思维能力差。
课程 目标 3	完全掌握顺磁理论、铁磁理论的模型构建方法和数学推导方法。很好掌握用统计物理方法分析宏观磁学性质的方法，较好掌握查找相关领域的参考资料。具备相当的科研创新能力和科学思维方法。	掌握顺磁理论、铁磁理论的模型构建方法和数学推导方法。掌握用统计物理方法分析宏观磁学性质的方法，掌握查找相关领域的参考资料。具备科研创新能力和科学思维方法。	较好掌握顺磁理论、铁磁理论的模型构建方法和数学推导方法。较好掌握用统计物理方法分析宏观磁学性质的方法，较好掌握查找相关领域的参考资料。具备一定的科研创新能力和科学思维方法。	基本掌握顺磁理论、铁磁理论的模型构建方法和数学推导方法。基本掌握用统计物理方法分析宏观磁学性质的方法，能够学会查找相关领域的参考资料。具备初步的科研创新能力和科学思维方法。	未能掌握顺磁理论、铁磁理论的模型构建方法和数学推导方法。未能掌握用统计物理方法分析宏观磁学性质的方法，不会查找相关领域的参考资料。不具备科研创新能力和科学思维方法。