

《电动力学》课程教学大纲

一、课程基本信息

英文名称	Electrodynamics	课程代码	PHYS3003
课程性质	专业必修课程	授课对象	物理学
学 分	4 学分	学 时	72 学时
主讲教师	王钢	修订日期	2021 年 6 月
指定教材	郭硕鸿, 电动力学 (第 3 版), 北京: 高等教育出版社, 2008.		

二、课程目标

(一) 总体目标:

让学生通过本课程的学习掌握电磁场的基本属性、运动规律以及电磁场和带电物质之间的相互作用规律; 具备分析和处理一些电磁场基本问题的初步能力; 在教学中通过对科研前沿课题、新技术应用以及科研案例的教学和讨论, 强化学生对电动力学基本概念和基本原理的理解, 提高逻辑思维与公式推导的能力, 并能应用这些基本概念和规律解释新的现象, 培养学生科学地分析和解决问题的能力, 提高学生的科学素质, 使学生系统地掌握电磁场理论的基本规律和内在联系, 以及狭义相对论中时空的基本性质。最终使学生体会物理学思想及科学方法, 更好地理解科学本质, 形成辩证唯物主义世界观和科学的时空观。

(二) 课程目标:

课程目标 1: 通过系统的学习电磁场运动的基本规律, 让学生掌握静电场、静磁场、电磁波的传播等电磁现象的普遍规律, 加深对电磁场和时间空间基本性质的理解, 形成辩证唯物主义世界观和科学的时空观。

课程目标 2: 获得在本门课程领域内分析和处理一些基本问题的初步能力, 让学生从学习《电动力学》中掌握理论体系建立过程中的思想方法, 并为学习后续课程和独立解决实际问题打下必要的基础。

课程目标 3: 适当介绍一些与本课程相关的前沿课题, 如阿哈罗诺夫-玻姆效应, 超导体的电磁场性质, 人工电磁材料, 引力波等以开阔学生的眼界, 培养学生探索物理前沿的兴趣和能力。

课程目标 4: 通过学习和了解电动力学发展史、重大科学事件和物理学家故事等, 体会物理学家的物理思想和科学精神, 培养学生的爱国热情, 探索未知、追求真理、永攀高峰的责任感和使命感。通过科学家的人文示范, 给学生积极正面影响。

(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	第〇章 数学知识准备 第一章 电磁现象的普遍规律 第二章 静电场 第三章 静磁场 第四章 电磁波的传播 第五章 电磁波的辐射 第六章 狭义相对论	7-2 具有终身学习的意识，了解物理学前沿和物理教学领域及国际发展动态。	掌握如何运用高等数学和矢量分析处理电动力学问题；通过“场”的概念的引入和学习，理解静态和动态电磁场的基本性质，以及狭义相对论时空观。
课程目标 2	第〇章 数学知识准备 第一章 电磁现象的普遍规律 第二章 静电场 第三章 静磁场 第四章 电磁波的传播 第五章 电磁波的辐射 第六章 狭义相对论		通过学习运用高等数学和矢量分析处理电动力学问题，掌握模型建构、分析与综合、推理类比等科学思维方法，培养学生批判性思维和质疑能力，养成独立思考的习惯。
课程目标 3	第一章 电磁现象的普遍规律 第二章 静电场 第三章 静磁场 第五章 电磁波的传播		通过介绍一些与本课程相关的前沿问题，并应用电磁场理论分析讨论相关问题，适当使学生了解物理学前沿，开阔学生的眼界，培养学生科学探究的兴趣和能力。
课程目标 4	第一章 电磁现象的普遍规律 第四章 电磁波的传播 第六章 狭义相对论		通过学习和了解电动力学发展史、重大科学事件和物理学家故事等，体会物理学家的物理思想和科学精神，培养学生的爱国热情，探索未知、追求真理、永攀高峰的责任感和使命感。

三、教学内容

第〇章 数学知识准备

1. 教学目标

掌握矢量分析等数学基本知识，理解散度、梯度、旋度的含义并会计算。

2. 教学重难点

散度、梯度、旋度的理解与计算。

3. 教学内容

矢量分析：矢量代数、散度、旋度和梯度；重点掌握散度和旋度的一些定理； nabla 算符的矢量性和微分性；掌握和运用矢量算符公式、曲线正交坐标系；并矢和张量。

4. 教学方法

教师讲授，师生讨论等等。

5. 教学评价

课后相应习题、补充习题

第一章 电磁现象的普遍规律

1. 教学目标

了解电动力学理论的建立和发展过程，安培、法拉第、麦克斯韦、海维赛德、爱因斯坦庞加莱等科学家的生平及科学贡献，培养学生的责任感及科学精神。

理解麦克斯韦方程组及其建立过程；理解场的物质性；

掌握电磁场的边值关系；

掌握电磁场的能量和能流，理解包含电磁能在内的能量守恒与转化定律

2. 教学重难点

麦克斯韦方程组的理解；电磁场的能量和能流。

3. 教学内容

3.1 电磁学及电动力学发展历史

电动力学发展历史，包括电磁场基本概念的历史背景，麦克斯韦方程组的建立过程，法拉第、麦克斯韦、爱因斯坦等科学家的科学贡献，等等。

3.2 电荷和电场，电流和磁场

使学生掌握电磁实验基本定律；深刻理解和掌握电磁场的散度和旋度特性。

3.3 位移电流，麦克斯韦方程组

位移电流的导出及物理意义；掌握麦克斯韦方程组。

3.4 麦克斯韦方程组与守恒定律

电荷守恒定律，磁荷守恒定律；麦克斯韦方程组的对称性

3.5 介质的本构关系与麦克斯韦方程组

电位移和磁场强度；介质的本构关系；介质中的麦克斯韦方程组

3.6 电磁场边值关系，电磁场的能量和能流

麦克斯韦方程组在界面处的形式；电磁场能量密度和能流密度的定义；掌握电磁场的能量守恒定律。

4. 教学方法

教师讲授，师生讨论，翻转模式，指导学生自主学习等。

5. 教学评价

完成“***科学家的生平及科学贡献”的小论文；课后相应习题，补充习题

第二章 静电场

1. 教学目标

掌握静电场的基本规律；

会用分离变量法和镜像法求解静电场问题，体会等效替代的思想与方法。

2. 教学重难点

会用分离变量法和镜像法求解静电场问题

3. 教学内容

3.1 静电场的标势及微分方程

静电场情况下退耦合的麦克斯韦方程组；电势及泊松方程。

3.2 唯一性定理与边值问题

唯一性定理的意义；边界条件。

3.3 分离变量法

分离变量法解决静电场问题。

3.4 镜像法

掌握镜像法解决静电场问题。

3.5 电多极矩

对电多极矩只作一般性介绍。

4. 教学方法

教师讲授，同伴教学，师生讨论等。

5. 教学评价

课后相应习题，补充习题

第三章 静磁场

1. 教学目标

理解静磁场的基本规律；
会用磁标势求解磁场问题；
体会类比物理学思想。

2. 教学重难点

静磁场的基本规律；磁标势引入的条件

3. 教学内容

3.1 静磁场的矢势及微分方程

用矢势描述磁场的非唯一性和规范条件的引入。

3.2 磁标势

通过解决磁标势问题进一步掌握分离变量法。

3.3 磁多极矩

只作一般性介绍。

3.4 阿哈罗诺夫-玻姆效应

只作一般性介绍

3.5 超导体的电磁性质

超导体的本构关系和伦敦方程，以及所导致的超导体的宏观电磁性质

4. 教学方法

教师讲授；同伴教学

5. 教学评价

课后习题，补充作业

第四章 电磁波的传播

1. 教学目标

掌握平面电磁波的波函数，理解平面电磁波的特性；
理解电磁波的反射、折射规律；
掌握电磁波在导体中、波导中的传播规律。

2. 教学重难点

平面电磁波的波方程的推导；电磁波在波导中的传播规律

3. 教学内容

3.1 波动方程，平面电磁波，亥姆霍兹方程，能量密度和能流密度

从麦克斯韦方程组推导波动方程；深刻讲解电磁波动解满足横场条件和手性关系的物理根源和物理意义；平面电磁波在无限大自由空间中的传播和偏振特性，以及色散关系；电磁波的能量密度和能流密度。

3.2 电磁波在界面上的反射与折射

Snell 定律，以及与电磁波的动量守恒定律和能量守恒定律之间的关系；电磁波的 TE 和 TM, Fresnel 公式及阻抗的定义；结合 Snell 定律和 Fresnel 公式深刻理解全反射的物理意义。

3.3 电磁波在导体内的传播

导体的本构关系；电磁波在导体内的趋肤效应；完美金属边界条件。

3.4 电磁波在谐振腔内的振荡

谐振腔的电磁波振荡模式所满足的条件；分立的振荡频率；最低振荡频率的物理意义。

3.5 电磁波在波导内的传播

电磁波在波导内传播所满足的条件；波导模式的横波特点；截止频率以及物理意义。

4. 教学方法

教师讲授，师生讨论等

5. 教学评价

课后作业，补充习题

第五章 电磁波的辐射

1. 教学目标

理解推迟势的物理意义；

掌握电偶极辐射的规律和在实际中的应用。

2. 教学重难点

推迟势；电偶极辐射规律

3. 教学内容

3.1 电磁场的标势和矢势

理解电磁势的规范变换和规范不变性；库伦规范和洛伦兹规范；电磁势所满足的达朗贝尔方程。

3.2 推迟势

理解推迟势的物理意义。

3.3 电偶极辐射

掌握电偶极辐射的规律和在实际中的应用。

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，补充作业

第六章 狭义相对论

1. 教学目标

掌握洛伦兹时空变换，速度变换关系；理解相对论时空观；了解相对论建立的历史背景和过程，培养学生的创新精神。

2. 教学重难点

相对论时空观；相对论四维形式

3. 教学内容

3.1 相对论的历史背景和迈克尔逊莫雷实验

了解迈克尔逊莫雷实验的原理和结果。

3.2 相对论的基本原理，间隔不变性和洛伦兹变换

相对论的基本假设；掌握间隔不变性和洛伦兹变换。

3.3 相对论的时空理论

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。

3.4 相对论的四维形式

闵科夫斯基空间；理解洛伦兹变换的四维形式。

3.5 电动力学的相对论不变性

四维矢量；麦克斯韦方程组的协变性

4. 教学方法

教师讲授，师生讨论

5. 教学评价

课后相应习题，补充作业

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
第〇章	数学知识准备	6 学时
第一章	电磁现象的普遍规律	14 学时
第二章	静电场	10 学时
第三章	静磁场	8 学时
第四章	电磁波的传播	16 学时
第五章	电磁波的辐射	8 学时
第六章	狭义相对论	10 学时

五、教学进度

表 3: 教学进度表

周次	章节名称	内容提要	授课时数	作业及要求	备注
1	第〇章	矢量分析、场论 (一)	3	课后习题: 2、3、6、补充习题	
2	第〇章	矢量分析、场论 (二)	3	掌握和运用矢量算符公式、nabla 算符的矢量性和微分性	
3	第一章	电荷和电场 电流和电场	3	课后习题: 8、9、11、12、13、14、补充习题	
4	第一章	麦克斯韦方程组 介质的电磁性质	3	掌握麦克斯韦方程组与电荷、磁荷守恒定律, 理解电磁场的边值关系	
5	第一章	电磁场边值关系	3		

		电磁场的能量和能流			
6	第二章	静电场的标势及其微分方程 唯一性定理	3	课后习题： 1、2、6、7、9、10、 11、12、补充习题 理解唯一性定理，能够运用分离变量法和镜像法解决静电场问题	
7	第二章	拉普拉斯方程 分离变量法	3		
8	第二章	镜像法	3		
9	第三章	磁矢势及其微分方程	3	课后习题： 7、9、10、11、12、补充习题 通过解决磁标势问题进一步掌握分离变量法	
10	第三章	磁标势	3		
11	第四章	平面电磁波	3	课后习题：2、3、7、 8、9、13、补充习题 掌握电磁波在界面上的反射与折射，推导波动方程；掌握电磁波在波导内的传播条件及模式	
12	第四章	电磁波在介质界面上的反射和折射	3		
13	第四章	有导体存在时电磁波的传播	3		
14	第四章	谐振腔 波导	3		
15	第五章	电磁场的矢势和标势 推迟势	3	课后习题：1、2、9、补充习题 理解推迟势和电磁势，掌握矢势的应用	
16	第五章	电偶极辐射	3		
17	第六章	狭义相对论的基本原理	3	课后习题：2、3、4、 6、7、补充习题 理解并计算运动时钟变慢、运动尺度缩短和速度变换等相对论中的基本效应	
18	第六章	相对论的时空理论， 相对论力学	3		

六、教材及参考书目

1. 阚仲元. 电动力学[M], 北京: 人民教育出版社, 1979.
2. J. D. Jackson. Classical Electrodynamics[M], 北京: 高等教育出版社, 1978.
3. 刘觉平. 电动力学[M], 武汉: 武汉大学出版社, 2004.
4. 俞允强. 电动力学简明教程[M]. 北京: 北京大学出版社, 2003.
6. 蔡圣善, 朱耘, 徐建军. 电动力学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2002.
7. 尹真. 电动力学[M], 北京: 科学出版社, 2004.

七、教学方法

采用板书和电子讲义的方式, 兼取传统与现代化教学手段的优势; 采用讲授、讨论、翻转课堂等教学方法和模式; 教学中始终突出以学生为本的教育理念, 重视课程的规划和建设, 按照课程体系制定规范的教学大纲和教学进度表因材施教, 使学生掌握物理学的发展脉络和科学思维方法, 使学生变被动学习为主动学习, 真正达到从会学到好学; 通过启发式教学培养学生较强的主动思考习惯, 注重对大学生创新思维和实际问题能力的培养; 及时与学生进行有效沟通, 布置课后作业, 必要时进行习题讲解; 通过对电动力学中的一些问题和相关的物理前沿问题讨论分析, 加深学生理解电磁场本质和辩证唯物主义的时空观, 有效培养学生的科学思维能力和问题解决能力。

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	过程化考试+平时学习表现
课程目标 2	相关教学内容	过程化考试+平时学习表现
课程目标 3	相关教学内容	过程化考试+平时学习表现
课程目标 4	相关教学内容	过程化考试+平时学习表现

(二) 评定方法

1. 评定方法

过程化考试 4-5 次，占 80%，平时成绩（包括作业、课程论文、讨论等）占 20%。

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	过程化考试	总评达成度
课程目标 1	60%	60%	(例：课程目标 1 达成度={0.2 x 平时目标 1 成绩+0.8 过程化考试目标 1 成绩}/目标 1 总分。 过程化考核按考核实际情况分析)
课程目标 2	20%	20%	
课程目标 3	10%	10%	
课程目标 4	10%	10%	

(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	完全掌握该课程的基础知识，完全理解电磁场和时间空间基本性质，形成了正确的辩证唯物主义世界观和科学的时空观。	掌握了该课程的基础知识，较好地理解电磁场和时间空间基本性质，形成了正确的辩证唯物主义世界观和科学的时空观。	较好地掌握该课程的基础知识，较好地理解电磁场和时间空间基本性质，形成了正确的辩证唯物主义世界观和科学的时空观。	基本掌握该课程的基础知识，基本理解电磁场和时间空间基本性质，形成了正确的辩证唯物主义世界观和科学的时空观。	没有掌握该课程的基础知识，没有理解电磁场和时间空间基本性质，初步形成了正确的辩证唯物主义世界观和科学的时空观。
课程 目标 2	深刻体会电动力学课程理论体系建立过程中的物理思想方法，形成	体会了电动力学课程理论体系建立过程中的物理思想方法，形成了模型建	较好地体会电动力学课程理论体系建立过程中的物理思想方法，	基本体会电动力学课程理论体系建立过程中的物理思想方法，基本形成了	没有体会电动力学课程理论体系建立过程中的物理思想方法，初步

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
	了模型建构、分析与综合、推理类比等科学思维方法，能够应用场论等数学方法分析、解决物理问题。	构、分析与综合、推理类比等科学思维方法，能够应用场论等数学方法分析、解决物理问题。	较好地形成了模型建构、分析与综合、推理类比等科学思维方法，基本能够应用场论等数学方法分析、解决物理问题。	模型建构、分析与综合、推理类比等科学思维方法，基本能够应用场论等数学方法分析、解决物理问题。	形成了模型建构、分析与综合、推理类比等科学思维方法，不能够应用场论等数学方法分析、解决物理问题。
课程 目标 3	正确应用电磁场理论分析讨论中学物理电磁学中问题，有很好的科学探究能力。	可以较好地应用电磁场理论分析讨论中学物理电磁学中问题，有较好的科学探究能力。	可以应用电磁场理论分析讨论中学物理电磁学中问题，有一定的科学探究能力。	基本能够应用电磁场理论分析讨论中学物理电磁学中问题，初步形成科学探究能力。	不能准确应用电磁场理论分析讨论中学物理电磁学中问题，科学探究能力比较薄弱。
课程 目标 4	深刻体会了物理学家的物理思想和科学精神，有很高爱国热情，自觉形成了很高的探索未知、追求真理、永攀高峰的责任感和使命感。牢固树立了坚定的理想信念。	体会了物理学家的物理思想和科学精神，有很高爱国热情，自觉形成了较高的探索未知、追求真理、永攀高峰的责任感和使命感。树立了坚定的理想信念。	较好地体会了物理学家的物理思想和科学精神，有很高爱国热情，较好地形成了探索未知、追求真理、永攀高峰的责任感和使命感。基本树立了坚定的理想信念。	基本体会了物理学家的物理思想和科学精神，有很高爱国热情，基本形成了较高的探索未知、追求真理、永攀高峰的责任感和使命感。基本树立了坚定的理想信念。	没有充分体会物理学家的物理思想和科学精神，探索未知、追求真理、永攀高峰的责任感和使命感相对比较薄弱。