

云南大学本科教学

《电磁场与电磁波实验》课程教学大纲

一、课程基本信息

课程名称	电磁场与电磁波实验						
	Electromagnetic field and electromagnetic wave experiment						
课程代码	INF03L2002			课程性质	必修		
开课院部	信息学院			课程负责人	黎鹏		
课程团队	黎鹏、唐猛、周克峰						
授课学期	第3学期			学分/学时	1/27		
课内学时	27	理论学时		实验学时	27	实训(含上机)	
		实习		其他			
课外学时							
适用专业	通信工程						
授课语言	中文						
先修课程	电磁场与电磁波；微波技术与天线						
后续课程	移动通信实验						
课程简介	<p>电磁场与电磁波实验是一门重要的专业基础实践性课程。本课程是在微波频段下的进行。微波是波长很短的电磁波，微波波长与电路的几何尺寸已可比拟，集中参数电压电流等概念已不适用，取代它们的是分布参数和电场、磁场。这就使低频无线电测量中电压、电流和频率的三个基本参量被反射参量、功率和频率（波长）取代。课程中反射参量以及网络参量的测量在微波测量及微波电路设计中有很重要的应用。无线通信系统及部分器件初步设计与仿真，有利于培养学生的动手能力和实际应用能力。</p> <p>课程包括对无线通信技术的基本理论和基本分析方法，微波传输线的传输特性，天线基本原理，常用天线的基本特性、结构及应用，无线通信系统及部分器件初步设计等方面的学习。</p>						

二、课程目标及对毕业要求指标点的支撑

序号	课程目标	支撑毕业要求指标点	毕业要求
1	课程目标 1: 培养学生熟练、正确使用常见微波仪器仪表、微波元器件, 学会阅读微波电路图, 实现微波测量系统的搭建、调试、测量和数据处理。	3.4 能够针对通信领域复杂工程问题完成系统的设计与实现, 测试验证模块的正确性, 并进行性能优化。	毕业要求 3: 能够设计针对通信领域复杂工程问题解决方案, 设计满足特定需求的通信系统、信号处理单元(部件), 并能在设计环节中体现创新意识, 考虑社会、健康、安全、法律、文化及环境因素。
2	课程目标 2: 培养学生对电磁仿真软件开发平台的应用能力, 使用软件平台进行微波元器件、电磁系统的应用开发。		
3	课程目标 3: 能够正确利用测试仪器仪表、设备获得原始数据; 掌握对数据的分析处理能力, 通过对记录结果的分析、加工做出正确的判断、得出实验结论; 能采用准确、规范的语言撰写实验报告。	4.4 能对实验结果进行分析和解释, 并通过信息综合得到合理有效的结论。	毕业要求 4: 能够基于科学原理并采用科学方法对通信领域复杂工程问题进行研究, 包括设计实验、分析与解释数据、并通过信息综合得到合理有效的结论。
4	课程目标 4: 理解电磁波常见物理现象的机理, 对电磁物理现象进行数学解析分析, 将电磁物理现象应用于实际。		
5	课程目标 5: 理解常见微波功能器件的电路结构、工作原理; 正确读懂器件电路原理图, 具备运用电路原理图进行仿真建模、单元电路的功能分析及测试能力。	5.3 能够针对具体的对象, 开发或选用满足特定需求的现代工具, 模拟和预测专业问题, 并能够分析其局限性。	毕业要求 5: 能够针对电子信息工程中的问题, 选择与使用常用检测仪器、硬件和软件工具以及电子信息系统开发平台, 实现对复杂工程问题的预测与模拟, 并能够理解其局限性。
6	课程目标 6: 深化对功能元器件的电路结构和工作原理的理解; 能够根据功能指标需求, 完成特定功能器件的开发设计。		
7	课程目标 7: 实现对多种典型天线的设计开发。针对不同需求指标, 借助软件开发工具, 完成特定需求的天线建模, 并优化天线性能指标。	5.2 能够选择与使用恰当的仪器、信息资源、工程工具和专业模拟软件, 对通信领域复杂工程问题进行分析、计算与设计。	
8	课程目标 8: 实现对基本微波元器件模块的灵活应用。针对信号传输模块完成各功能模块的连接, 并实现各模块间的阻抗匹配, 设计综合微波传输系统。		

三、教学内容及进度安排

序号	教学内容	学生学习预期成果	课时	教学方式	支撑课程目标
1	<p>内容：微波测量系统基本知识和实验平台使用简介。</p> <p>重点：实验操作规范；实验要求。常见微波元器件结构及性能指标。</p> <p>难点：Ansoft Designer、HFSS 等软件开发环境的使用。</p>	<p>熟悉微波信号源、测量工具及常见微波元器件的使用方法；能够通过查阅操作技术手册正确使用测量工具，根据电路图进行微波系统搭建。能够借助 Ansoft Designer、HFSS 等开发环境，掌握微波元器件开发方法。</p>	1	知识点讲解及操作演示。	课程目标 1：培养学生熟练、正确使用常见微波仪器仪表、微波元器件，学会阅读微波电路图，实现微波测量系统的搭建、调试、测量和数据处理。
2	<p>内容：传输线、微带线基本知识，阻抗匹配、失配测量。</p> <p>重点：传输线、微带线参数测量，利用不同的电阻进行阻抗匹配、失配的测量。</p> <p>难点：阻抗变换器的设计方法。</p>	<p>掌握传输线、微带线基本概念，搭建微波传输系统观察阻抗匹配、失配的现象，以了解匹配电路的特性。掌握微波传输系统中用单螺调配器调节系统阻抗匹配的方法。规范记录实验数据。课后要求：规范撰写实验报告。</p>	2	知识点讲解、操作演示、答疑	<p>课程目标 1：培养学生熟练、正确使用常见微波仪器仪表、微波元器件，学会阅读微波电路图，实现微波测量系统的搭建、调试、测量和数据处理。</p> <p>课程目标 3：能够正确利用测试仪器仪表、设备获得原始数据；掌握对数据的分析处理能力，通过对记录结果的分析、加工做出正确的判断、得出实验结论；能采用准确、规范的语言撰写实验报告。</p>

3	<p>内容：微波波长、驻波系数测量。 重点：微波波长测量方法，利用匹配、失配负载进行驻波系数测量。 难点：大驻波系数测量方法，直接法测量驻波系数。</p>	<p>搭建微波传输系统观察匹配、失配负载的驻波系数。掌握大驻波系数测量方法及直接法测量驻波系数方法。熟练运用微波信号源、选频放大器、检波器等测量仪器观察驻波系数。规范记录实验数据。 课后要求：规范撰写实验报告。</p>	2	<p>知识点讲解、操作演示、答疑</p>	<p>课程目标3：能够正确利用测试仪器仪表、设备获得原始数据；掌握对数据的分析处理能力，通过对记录结果的分析、加工做出正确的判断、得出实验结论；能采用准确、规范的语言撰写实验报告。课程目标5：理解常见微波功能器件的电路结构、工作原理；正确读懂器件电路原理图，具备运用电路原理图进行仿真建模、单元电路的功能分析及测试能力。</p>
4	<p>内容：定向耦合器参数及电介质特性测量。重点：定向耦合器耦合度、方向性参数测量方法；谐振腔Q值、介质特性测量方法。难点：介质特性测量数据处理方法。</p>	<p>熟练使用微波仪器进行测量；掌握定向耦合器特性及耦合度、方向性、隔离度等参数测量方法；掌握用谐振腔Q值方法测量绝缘物质介电常数实部、虚部方法；规范记录实验数据。 课后要求：规范撰写实验报告。</p>	3	<p>知识点讲解、操作演示、答疑</p>	<p>课程目标3：能够正确利用测试仪器仪表、设备获得原始数据；掌握对数据的分析处理能力，通过对记录结果的分析、加工做出正确的判断、得出实验结论；能采用准确、规范的语言撰写实验报告。课程目标5：理解常见微波功能器件的电路结构、工作原理；正确读懂器件电路原理图，具备运用电路原理图进行仿真建模、单元电路的功能分析及测试能力。</p>

5	<p>内容：功率衰减器、功分器特征参数测量及软件设计。</p> <p>重点：功分器功率分配的比例调节。</p> <p>难点：功分器软件设计。</p>	<p>熟练使用微波仪器进行测量；掌握功率衰减器衰减倍数测量方法；掌握功分器功率分配、隔离度硬件测量及软件设计方法；规范记录实验数据。</p> <p>课后要求：规范撰写实验报告。</p>	2	<p>知识点讲解、操作演示、答疑</p>	<p>课程目标2：培养学生对电磁仿真软件开发平台的应用能力，使用软件平台进行微波元器件、电磁系统的应用开发。课程目标3：能够正确利用测试仪器仪表、设备获得原始数据；掌握对数据的分析处理能力，通过对记录结果的分析、加工做出正确的判断、得出实验结论；能采用准确、规范的语言撰写实验报告。</p>
6	<p>内容：滤波器参数测量；基本滤波器模块的硬件测量；滤波器的内部电路结构、工作原理及软件设计。</p> <p>重点：不同种类滤波器电路的设计。</p> <p>难点：滤波器的软件设计。</p>	<p>熟练使用微波仪器进行测量；掌握低通、高通、带通、带阻滤波器参数测量方法；掌握不同类型滤波器电路设计及软件仿真方法；规范记录实验数据。</p> <p>课后要求：规范撰写实验报告</p>	3	<p>知识点讲解、操作演示、答疑</p>	<p>课程目标2：培养学生对电磁仿真软件开发平台的应用能力，使用软件平台进行微波元器件、电磁系统的应用开发。课程目标6：深化对功能元器件的电路结构和工作原理的理解；能够根据功能指标需求，完成特定功能器件的开发设计。</p>

7	<p>内容：放大器、振荡器特征参数测量及软件设计。</p> <p>重点：功分器功率分配的比例调节。</p> <p>难点：功分器软件设计。</p>	<p>熟练使用微波仪器进行测量；掌握放大器放大倍数测量方法；掌握振荡器参数硬件测量方法；掌握软件设计方法；规范记录实验数据。</p> <p>课后要求：规范撰写实验报告。</p>	2	<p>知识点讲解、操作演示、答疑</p>	<p>课程目标2：培养学生对电磁仿真软件开发平台的应用能力，使用软件平台进行微波元器件、电磁系统的应用开发。课程目标5：理解常见微波功能器件的电路结构、工作原理；正确读懂器件电路原理图，具备运用电路原理图进行仿真建模、单元电路的功能分析及测试能力。</p>
8	<p>内容：电磁波的反射、衍射、干涉、偏振现象理论分析及测量。</p> <p>重点：单缝衍射角及双缝干涉角的理论分析及测量。</p> <p>难点：偏振现象的理论依据及偏振角测量。</p>	<p>熟练使用微波仪器进行测量；掌握反射、衍射、干涉、偏振现象测量方法；掌握相应的理论计算依据；规范记录实验数据。</p> <p>课后要求：规范撰写实验报告。</p>	3	<p>知识点讲解、操作演示、答疑</p>	<p>课程目标3：能够正确利用测试仪器仪表、设备获得原始数据；掌握对数据的分析处理能力，通过对记录结果的分析、加工做出正确的判断、得出实验结论；能采用准确、规范的语言撰写实验报告。课程目标4：理解电磁波常见物理现象的机理，对电磁物理现象进行数学解析分析，将电磁物理现象应用于实际。</p>

9	<p>内容：迈克尔逊干涉、布拉格衍射特征参数测量。</p> <p>重点：测量范围内迈克尔逊干涉角的平均取值。</p> <p>难点：布拉格衍射分子间距的测量。</p>	<p>熟练使用微波仪器进行测量；掌握迈克尔逊干涉仪测量方法；掌握布拉格衍射测量分子间距方法；掌握相应的理论计算依据；规范记录实验数据。</p> <p>课后要求：规范撰写实验报告。</p>	3	<p>知识点讲解、操作演示、答疑</p>	<p>课程目标3：能够正确利用测试仪器仪表、设备获得原始数据；掌握对数据的分析处理能力，通过对记录结果的分析、加工做出正确的判断、得出实验结论；能采用准确、规范的语言撰写实验报告。课程目标4：理解电磁波常见物理现象的机理，对电磁物理现象进行数学解析分析，将电磁物理现象应用于实际。</p>
10	<p>内容：综合实验—典型天线设计，包括矩形（圆形）微带天线、单（偶）极子、对数周期天线等典型天线设计及测量。重点：对数周期天线设计及测量。难点：矩形（圆形）微带天线的50欧阻抗匹配设计。</p>	<p>掌握矩形（圆形）微带天线、单（偶）极子、对数周期天线等典型天线设计及测量，掌握天线的特征参数测量方法；掌握天线的50欧阻抗匹配设计方法。能够从需求出发，发现问题、提出问题、并解决问题，规范记录实验数据。</p> <p>课后要求：规范撰写实验报告。</p>	6	<p>知识点讲解、课堂讨论、答疑</p>	<p>课程目标7：实现对多种典型天线的设计开发。针对不同需求指标，借助软件开发工具，完成特定需求的天线建模，并优化天线性能指标。课程目标8：实现对基本微波元器件模块的灵活应用。针对信号传输模块完成各功能模块的连接，并实现各模块间的阻抗匹配，设计综合微波传输系统。</p>

注：“学生学习预期成果”是描述学生在学完本课程后应具有的能力，可以用认知、理解、应用、分析、综合、判断等描述预期成果达到的程度。

四、课程考核

序号	课程目标 (支撑毕业要求指标点)	评价依据及成绩比例		成绩比例(%)
		作业	考试	
1	课程目标 1: 培养学生熟练、正确使用常见微波仪器仪表、微波元器件, 学会阅读微波电路图, 实现微波测量系统的搭建、调试、测量和数据处理。(支撑毕业要求指标点 3.4)	5		5
2	课程目标 2: 培养学生对电磁仿真软件开发平台的应用能力, 使用软件平台进行微波元器件、电磁系统的应用开发。(支撑毕业要求指标点 3.4)	5		5
3	课程目标 3: 能够正确利用测试仪器仪表、设备获得原始数据; 掌握对数据的分析处理能力, 通过对记录结果的分析、加工做出正确的判断、得出实验结论; 能采用准确、规范的语言撰写实验报告。(支撑毕业要求指标点 4.4)	10		10
4	课程目标 4: 理解电磁波常见物理现象的机理, 对电磁物理现象进行数学解析分析, 将电磁物理现象应用于实际。(支撑毕业要求指标点 4.4)	10		10
5	课程目标 5: 理解常见微波功能器件的电路结构、工作原理; 正确读懂器件电路原理图, 具备运用电路原理图进行仿真建模、单元电路的功能分析及测试能力。(支撑毕业要求指标点 5.3)	20		20
6	课程目标 6: 深化对功能元器件的电路结构和工作原理的理解; 能够根据功能指标需求, 完成特定功能器件的开发设计。(支撑毕业要求指标点 5.3)	15		15
7	课程目标 7: 实现对多种典型天线的设计开发。针对不同需求指标, 借助软件开发工具, 完成特定需求的天线建模, 并优化天线性能指标。(支撑毕业要求指标点 5.2)	20		20
8	课程目标 8: 实现对基本微波元器件模块的灵活应用。针对信号传输模块完成各功能模块的连接, 并实现各模块间的阻抗匹配, 设计综合微波传输系统。(支撑毕业要求指标点 5.2)	15		15
合计		100		100

五、教材及参考资料

(必含信息：教材名称·作者·出版社·出版年度·版次·书号)

- [1] 《微波系统教程》赵东风，黎鹏，云南大学出版社，2009.
- [2] 《电磁波微波技术与天线》盛振华，西安电子科技大学出版社，2004.
- [3] 《微波技术基础》廖承恩，国防工业出版社，2000.

大纲执笔人：黎鹏

附录：各类考核评分标准表

实验评分标准

教学目标要求	评分标准				权重 (%)
	90-100	80-89	60-79	0-59	
课程目标 1：培养学生熟练、正确使用常见微波仪器仪表、微波元器件，学会阅读微波电路图，实现微波测量系统的搭建、调试、测量和数据处理。（支撑毕业要求指标点 3.4）	准确完成实验平台安装配置，熟练掌握实验平台使用方法；能够基于实验平台完成电路搭	基本完成实验平台安装配置，掌握实验平台使用方法；能够基于实验平台完成电路搭	部分完成实验平台安装配置，基本掌握实验平台使用方法；基于实验平台完成部分电路搭	未掌握实验平台的安装、配置及使用方法；未能基于实验平台完成给定电路的搭建、运行	5
课程目标 2：培养学生对电磁仿真软件开发平台的应用能力，使用软件平台进行微波元器件、电磁系统的应用开发。（支撑毕业要求指标点 3.4）	熟练掌握根据电磁仿真软件开发平台，并按要求进行模型的仿真、分析；获得正确的实	掌握根据电磁仿真软件开发平台。能够及时判断并更正测试中出现的错误。	掌握根据电磁仿真软件开发平台。能够及时判断测试中出现的错误。经指正后获得实验结	未能按照课程要求提前预习实验相关知识，课堂实验内容不能按时完成或未能获得预	5
课程目标 3：能够正确利用测试仪器仪表、设备获得原始数据；掌握对数据的分析处理能力，通过对记录结果的分析、加工做出正确的判断、得出实验结论；能采用准确、规范的语言撰写实验报告。（支撑毕业要求指标点 4.4）	原始数据记录规范、清晰，能够将原始数据经过整理、分析后得出正确的实验结论。实验报告撰写图表正确规范、语言表达准确，针对实验原理总结完整。	原始数据记录完整，能够将原始数据经过整理、分析后得出正确的实验结论。实验报告撰写内容完整，针对实验原理总结正确。	原始实验数据记录完整但未能进行进一步的整理分析形成最终结论。实验报告撰写内容，但图表和原理总结不完整。	实验数据、图表记录不完整、不规范；未对实验数据进行分析。	10

<p>课程目标 4: 理解电磁波常见物理现象的机理, 对电磁物理现象进行数学解析分析, 将电磁物理现象应用于实际。(支撑毕业要求指标点 4.4)</p>	<p>掌握电磁波常见物理现象的测量方法, 得到准确数据, 对电磁物理现象进行数学解析分析。</p>	<p>基本掌握电磁波常见物理现象的测量方法, 得到较准确的数据, 能对电磁物理现象进行数学解析分析。</p>	<p>部分掌握电磁波常见物理现象的测量方法, 得到较准确的数据, 能部分对电磁物理现象进行数学解析分析。</p>	<p>未掌握电磁波常见物理现象的测量方法, 得不到准确数据。</p>	<p>10</p>
<p>课程目标 5: 理解常见微波功能器件的电路结构、工作原理; 正确读懂器件电路原理图, 具备运用电路原理图进行仿真建模、单元电路的功能分析及测试能力。(支撑毕业要求指标点 5.3)</p>	<p>熟练掌握常见微波功能器件的电路结构、工作原理; 具备运用电路原理图进行微波器件的建模及测试能力。</p>	<p>基本掌握常见微波功能器件的电路结构、工作原理; 具备运用电路原理图进行微波器件的建模及测试能力。</p>	<p>部分掌握常见微波功能器件的电路结构、工作原理; 具备运用电路原理图进行部分微波器件的建模及测试能力。</p>	<p>不能对微波功能器件进行建模及测试。</p>	<p>20</p>
<p>课程目标 6: 深化对功能元器件的电路结构和工作原理的理解; 能够根据功能指标需求, 完成特定功能器件的开发设计。(支撑毕业要求指标点 5.3)</p>	<p>熟练对功能元器件的电路结构进行优化, 能够根据功能指标需求, 完成特定功能器件的开发设计。</p>	<p>基本能对功能元器件的电路结构进行优化, 能够根据功能指标需求, 完成特定功能器件的开发设计。</p>	<p>能对功能元器件的电路结构进行优化, 能够根据功能指标需求, 完成部分器件的开发设计。</p>	<p>不能够根据功能指标需求, 完成特定功能器件的开发设计。</p>	<p>15</p>

<p>课程目标 7: 实现对多种典型天线的设计开发。针对不同需求指标,借助软件开发工具,完成特定需求的天线建模,并优化天线性能指标。(支撑毕业要求指标点 5.2)</p>	<p>熟练使用开发环境,实现多种典型天线的设计开发,根据需求,优化天线性能指标;结合测试数据,调整建模参数。</p>	<p>基本能使用开发环境,实现多种典型天线的设计开发,根据需求,优化天线性能指标;结合测试数据,调整建模参数。</p>	<p>基本能使用开发环境,实现部分典型天线的设计开发,根据需求,优化天线性能指标。</p>	<p>不能能使用开发环境,实现多种典型天线的设计开发,根据需求,优化天线性能指标。</p>	<p>20</p>
<p>课程目标 8: 实现对基本微波元器件模块的灵活应用。针对信号传输模块完成各功能模块的连接,并实现各模块间的阻抗匹配,设计综合微波传输系统。(支撑毕业要求指标点 5.2)</p>	<p>熟练实现对基本微波元器件模块的灵活应用,设计综合微波传输系统。信号在微波传输系统中的阻抗匹配,得到预期实验结果。</p>	<p>基本实现对基本微波元器件模块的灵活应用,设计综合微波传输系统。信号在微波传输系统中的阻抗匹配,得到的实验结果基本符合实验预期。</p>	<p>在教师指导下基本实现对基本微波元器件模块的灵活应用,设计实现综合微波传输系统。</p>	<p>不能在教师指导下设计实现综合微波传输系统。</p>	<p>15</p>