



《电磁场与波》 绪论

任课教师：何广强

上海交通大学电子工程系量子非线性光子学实验室



目录

上海交通大学



1 0.1 课程信息

2 0.2 电磁场简介

目录

上海交通大学



1 0.1 课程信息

2 0.2 电磁场简介



何广强

联系电话: 021-34208104

电子邮箱: gqhe@sjtu.edu.cn

办公室: 电信群楼 1 号楼 313

实验室主页: qnp.sjtu.edu.cn

课件 FTP: ftp://public.sjtu.edu.cn

用户名: gqhe 密码: Public (P 大写)

教材及参考书目

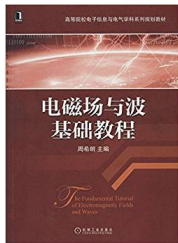


1) 教材

- * 周希朗, 电磁场与波基础教程, 机械工业出版社, 2014

2) 参考书目

- * 周希朗, 电磁场理论与微波技术基础解题指导, 东南大学出版社, 2005
- * William H. Hayt, and John A. Buck. Engineering electromagnetics (工程电磁场). Edition. 6.
- * 曹天元, 上帝掷骰子吗, 北京联合出版公司, 2013



教学内容

上海交通大学



- 1) 第一章：矢量分析与场论；
- 2) 第二章：静电场；
- 3) 第三章：恒定电场；
- 4) 第四章：静磁场；
- 5) 第五章：时变电磁场；
- 6) 第六章：平面电磁波；
- 7) 第七章：导行电磁波；
- 8) 第八章：电磁波的辐射和接收的基础理论



平时成绩: 根据出勤、实验与作业成绩决定

期末考试

课程的性质与任务

上海交通大学



《电磁场与波》介绍的电磁场理论是人类在长期社会实践所发现的实验定律和定理的基础上，经过理论概括形成的一门科学，其研究的对象是电磁场的基本属性、运动规律以及它与其他物质的相互作用。本课程是电类各专业的一门重要的技术基础课，其目的是为后续相关专业课提供必要的理论基础。

本课程以大学物理以及工程数学为基础，较系统地阐述电磁场的本质及其普遍运动规律，使学生较透彻地掌握与电磁场有关的基本概念，熟悉电磁场的运动规律；较深入地阐述平面电磁波、导行电磁波以及电磁波辐射的基本规律和分析方法，进而进一步认识电磁场的本质和运动规律。本课程以麦克斯韦方程组为主线，强调系统性、逻辑性和实用性。通过课程的学习，掌握基本的宏观电磁理论，具备分析和解决基本的电磁场工程问题的能力。

目录

上海交通大学



1 0.1 课程信息

2 0.2 电磁场简介



早期的探索

- 3000 年前，希腊人发现**静电现象**。
- 2600 年前，希腊发现**磁石** (Magnet)。
- 前 220 年，中国人发现磁石的方向性，并由此发明了**司南**。
- 北宋沈括《梦溪笔谈》介绍了以天然磁石摩擦钢针制成的**指南针** (磁化现象)。
- 富兰克林风筝实验证明雷电是静电现象。



Figure 1: 司南



Figure 2: 静电现象



库仑定律和奥斯特实验

1789, 法国物理学家**库仑**通过扭秤实验发现电荷间的静电作用力与距离平方成反比。

1820, 丹麦物理学家**奥斯特**通过实验证实了电与磁之间存在相互作用。

1822, 法国物理学家**安培**发现电流元之间相互作用 (安培环路定理), 提出分子电流假说。

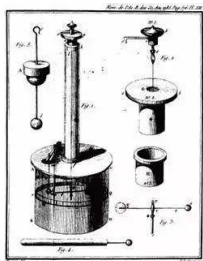


Figure 3: 库仑和扭秤实验

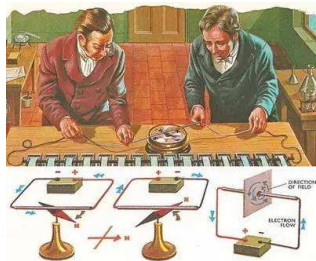


Figure 4: 奥斯特实验



引入更多数学手段

毕奥和萨伐尔指出载流导线的磁场与距离成反比，拉普拉斯应用磁场迭加原理从数学上推出电流元磁场公式，称为“**毕奥—萨伐尔—拉普拉斯定律**”。

泊松、高斯等人为电磁现象引入了**场矢量**（电场强度、电通量密度等），并将这些量表示为空间坐标的函数。

划时代的成就——电磁感应定律

英国物理学家**法拉第**认为**场**是真实的物理存在并于 1831 年发现著名的**电磁感应定律**（磁棒插入导体线圈时线圈中产生电流）。

1845 年他还发现了“磁光效应”，预言了磁、光、电的一体性。

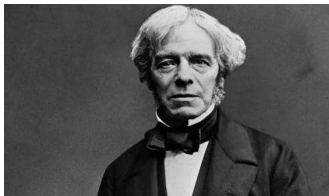


Figure 5: 法拉第

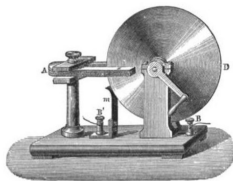


Figure 6: 法拉第发明的实验装置



麦克斯韦和赫兹的贡献

英国物理学家**麦克斯韦**于 1865 年提出了将电、磁、光统归为电磁场中现象的**麦克斯韦方程组**。其在电磁学领域的功绩实现了物理学自艾萨克·牛顿后的第二次统一。

1887 年德国科学家**赫兹**通过实验证明了无线电辐射具有波的所有特性，并发现电磁场方程可以用偏微分方程表达（波动方程）。



Figure 7: 麦克斯韦



Figure 8: 赫兹

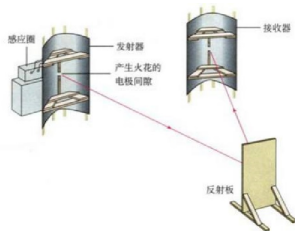


Figure 9: 赫兹实验

电磁场相关领域

上海交通大学



通信

光学

电磁场
理论

电力

微电子

电磁场走向应用

无线电报



赫兹通过实验确认了电磁波是横波，具有与光类似的特性，**全面验证了麦克斯韦的电磁理论的正确性，开启了无线电技术的新纪元。**

1893 年，特斯拉在美国首次公开展示了无线电通信。俄国科学家波波夫于 1895 年在彼得堡演示了一架无线电接收装置。



Figure 10: 早期无线电广播站

电磁场走向应用

无线电报



意大利科学家**马可尼**在 1895 年进行了 **2.5 公里无线电报传送演示**。1899 年，跨越英吉利海峡电报传送试验成功。1901 年，跨越大西洋的 3200 公里的试验成功。马可尼成为**1909 年的物理学诺贝尔奖**得主。



Figure 11: 马可尼



Figure 12: 1933 年在交大设立马可尼纪念铜柱

电磁场走向应用

雷达

上海交通大学



雷达是利用电磁波探测目标的电子设备。雷达发射电磁波对目标进行照射并接收其回波，由此获得目标至电磁波发射点的距离、距离变化率（径向速度）、方位、高度等信息。



Figure 13: 预警雷达



Figure 14: 相控阵雷达

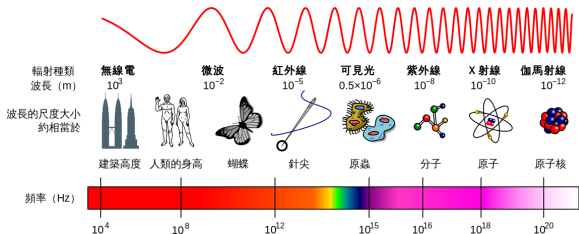
电磁场走向应用

第五代无线通信 (5G)

上海交通大学



5G 提供超大带宽、大规模机器通信和超低时延的服务。



在 5G 中，使用毫米波等高频电磁波，提供更大的带宽。

电磁场走向应用

无线能量传递



借助电磁感应定律，能量可以通过耦合的线圈进行传递，实现了无线能量输送。



Figure 15: 手机无线充电



Figure 16: 利用基站为无人机充电



Figure 17: 电动汽车无线快充

电磁场走向应用

光纤通信技术

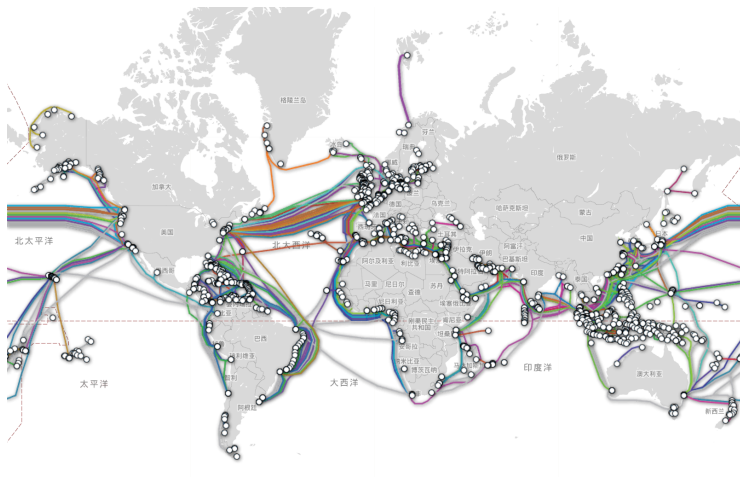


Figure 18: 全球海底光缆分布

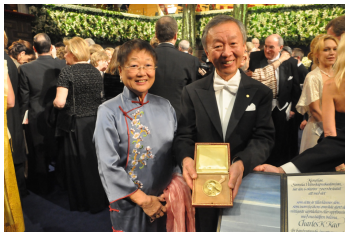
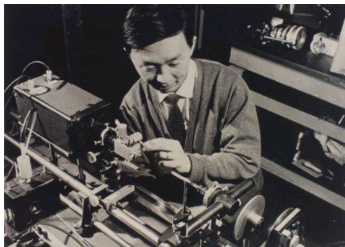
电磁场走向应用

光纤通信技术

上海交通大学



高锟，美籍华裔物理学家，提出用石英玻璃纤维进行长距离信息传递，为人类进入光导新纪元打开了大门，**获得 2009 年诺贝尔物理学奖。**



电磁场走向应用

量子通信

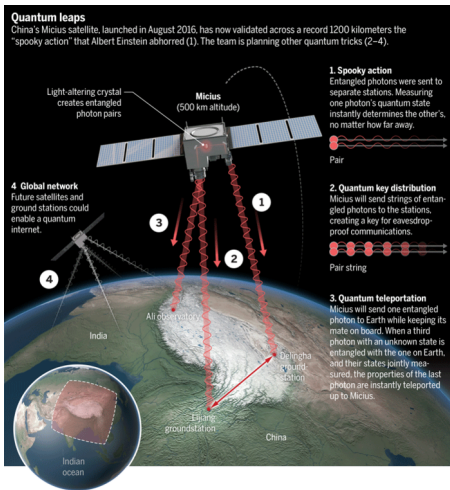


Figure 19: 中国“墨子号”量子通信试验卫星



感谢聆听!

任课教师: 何广强
地址: 上海交通大学电子工程系
邮箱: gqhe@sjtu.edu.cn
主页: qnp.sjtu.edu.cn

