# 第六单元 电磁振荡与电磁波

本单元主要由麦克斯韦电磁场理论，电磁振荡，电磁波的发射、传播与接收，以及电磁波 谱及其应用等组成。必修 3 中已涉及电磁场和电磁波，以及不同波段电磁波的应用。在此基础上，通过本单元学习，学生将进一步了解麦克斯韦电磁场理论的主要观点、电磁波谱等，并以无线电波为例学习电磁波的发射、传播与接收。电磁波相关知识的深入学习是理解光是一种电磁波的重要基础。

本单元课程内容学习建议安排 5 课时

## 一、教学要点

### 1．单元内容结构

麦克斯韦电磁场理论

电磁波

发射

传播

接收

赫兹实验

电磁振荡

电磁波谱

无线电波

### 2．单元学习要求

本单元对应《2017 年版高中物理课标》选择性必修2的“磁场”主题，下表中的“标引”与《2017 年版高中物理课标【内容要求】下的序号一致，“内容”是根据【内容要求】提炼出的单元主要内容，“具体要求举例”是针对主要内容给出的表现性要求的示例。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 标引 | 内容 | 具体要求举例 |
| 2.3.1 | 电磁场理论 | **初步了解电磁场理论**。能简述麦克斯韦电磁理论的基本思想及其实验证据；初步了解场的统一性与多样性。 |
| 2.3.2 | 电磁振荡 | **了解电磁振荡**。能说出 LC 振荡电路具有周期性；能简述一个周期内的回路电流、极板间电压和极板上电荷量的变化规律，以及电场能和磁场能相互转化的过程。 |
| 2.3.3 | 电磁波的发射、传播与接收 | **知道电磁波的发射、传播和接收**。能简述电磁波的产生条件、发射条件和传播规律；能列举生活中发射和接收电磁波的装置。 |
| 2.3.4 | 电磁波谱 | **认识电磁波谱**。能说出电磁波按照频率、波长排列的顺序；能简述各个波段的电磁波的名称、特征；能列举各波段电磁波在生活中的典型应用。 |

#### 3．单元内容与核心素养

在本单元学习中，学生将了解麦克斯韦电磁场理论的主要思想，以及电磁波的发射、传播和接收，加深对电磁场是统一体的认识，进一步完善物质观念和能量观念；经历麦克斯韦电磁理论的建立过程，体会对称思想、统一思想对物理学理论发展的重要意义；通过实验，了解 LC 振荡电路的周期性特征，类比简谐运动，分析振荡周期内电场能与磁场能的相互转化过程；知道各波段电磁波的名称、特征，了解电磁波谱所体现的分类特征；知道电磁波在生活中的应用，体会基础科学的重大发现在社会发展中的作用。

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 编号 | 核心内容 | 物理观念 | 科学思维 | 科学探究 | 科学态度与责任 |
| 6.1 | 电磁场理论 | ● | ○ | ○ | ● |
| 6.2 | 电磁振荡 | ◎ | ● | ◎ | ○ |
| 6.3 | 电磁波的发射、传播与接收 | ○ | ◎ | ● | ◎ |
| 6.4 | 电磁波谱 | ◎ | ◎ | ○ | ◎ |

## 二、单元实施

### 1．单元任务设计

本单元的任务设计思考路径是：在研读《2017 年版高中物理课标》的基础上，发掘出学生完成本单元学习后能够处理的一项任务，将其作为本单元的核心任务。《2017 年版高中物理课标》选择性必修 2“电磁振荡与电磁波”主题的【内容要求】中有“通过实验，了解电磁振荡”“知道电磁波的发射、传播和接收”，本单元核心内容以电磁学研究历史为线索，突出电磁场和电磁波在生产生活中的应用，而在各波段的电磁波中，无线电波的探测是比较适合高中学生开展的活动，因此将本单元的核心任务确定为“制作简易电磁波探测器”。在教学中核心任务还需要进一步分解，以利于逐步落实，具体的任务分解、相关的教学内容及课时安排详见下表。

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 核心任务（问题）及其分解 | | 教学内容 | 课时安排 |
| 制作简易电磁波探测器 | 研究人类认识电磁波的过程 | 电磁场理论  赫兹实验 | 1 |
| 研究无线电波的发射 | 电磁振荡  无线电波的发射 | 1 |
| 研究电磁波的传播和接收 | 电磁波的传播  无线电波的接收 | 1 |
| 研究不同波段电磁波的应用 | 电磁波谱及其应用 | 1 |
| 展示所制作的简易电磁波探测器 | | 1 |

### 2．重点活动设计

#### （1）单元活动

##### 活动名称 制作简易电磁波探测器

**活动资源** LC 振荡电路，赫兹实验演示装置，DIS 电压、电流、微电流传感器等。

**活动系列**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 对应课时 | 活动过程 | 舌动说明 |
| 第一课时 | **回顾讨论**。在电磁学的发展历程中，哪些理论是根据对称思想提出的？  **观察讨论**。了解赫兹实验演示装置结构，观察赫兹实验现象，讨论赫兹实验的验证作用。 | 回顾各种电磁学理论的提出，从对称的角度理解麦克斯韦所提出的“变化的电场产生磁场”这一观点的创造性。  强调电磁场携带能量。 |
| 第二课时 | **类比分析**。类比简谐振动，根据实验所得的 *I* – *t* 图和 *U* – *t* 图，分析 LC 振荡电路中一个周期内的能量变化情况。  **观察讨论**。从能量的角度，分析实验时振荡电路中电压和电流的最大值逐渐减小的原因。 | 类比简谐振动中的动能和势能相互转 化，分析理想情况下电磁振荡中电场能和磁场能之间的相互转化，类比阻尼振动，知道实际电路中由于存在电阻，部分电磁能将转化为内能。 |
| 第三课时 | **观察讨论**。观察电磁波发射和接收的演示实验，比较发射电路与 LC 振荡电路的区别。  **分析比较**。电磁波和机械波的产生与传播有何相同与不同之处？ | 强调电磁波发射需要将闭合的振荡电路改为开放电路。  强调电磁波是周期性变化的电场和磁场相互激发的过程。 |
| 第五课时 | **交流展示**。展示所制作的简易电 磁波探测器，说明设计原理，介绍制 作经验. | 展示单元任务成果，总结本单元的知识内容。 |

**设计意图** “制作简易电磁波探测器”首先要了解电磁波的本质及其产生、传播和接收的规律，该单元任务涵盖了本单元的核心内容。为了完成“制作”，除了从零开始外，学生也可以通过了解生活中电磁波发射、接收装置的结构，从中发掘可以使用的零件并进行改造。完成单元任务的过程也体现了对电磁波应用实例的关注。在第五课时“交流展示”中，建议在单元任务发布时提供评价量表，也可以根据学生情况提供设计表格示例，指导学生完成任务，明确交流内容。评价表可以从探测器的功能性、原理说明的清晰性、展示交流内容的丰富性和条理性等方面设置评价要点。

#### （2）课时活动

##### 活动 1 观察赫兹实验现象

**活动资源** 赫兹实验演示装置。

**活动过程**

观察描述 学生阅读教科书，了解赫兹实验的原理和过程。教师介绍实验室演示赫兹实验的装置，学生通过类比，分析实验室装置中不同部分的作用。随后教师进行演示，学生观察并记录实验现象。

交流讨论 学生分享观察到的实验现象，交流讨论为什么氖管被点亮的现象能够说明其接收到了电磁波。

**活动说明** 本活动通过演示实验让学生建立赫兹实验中电磁波发射和接收的具象认识，演示所使用的实验器材可能因校情不同而不同，但只要作用相似即可。若条件实在有限，可使用实验视频或动画演示替代。

**设计意图** 本活动可在学习麦克斯韦电磁场理论后演示，学生不仅需要留意观察氖管被点亮等现象，还需要尝试从电磁波产生的机制解释氖管被点亮的原因。对原理的理解能够帮助学生体会赫兹实验对于验证电磁波存在的重要性。

##### 活动 2 探讨 LC 振荡电路电流、电压的变化规律

**活动资源** LC振荡电路、电流传感器、电压传感器。

**活动过程**

观察描述 教师介绍 LC 振荡电路的结构，电容器充电后，学生观察并描述电容器两端电压随时间的变化情况、回路中电流随时间的变化情况。

理论分析 根据电流、电压变化的特点，结合电容、电感的知识，类比简谐振动，从能量角度分析 LC 振荡电路一个周期内电场能和磁场能的变化情况。

交流讨论 类比阻尼振动，讨论在实际的 LC 振荡电路中，电流、电压的峰值不断减小的原因。

**活动说明** 在“观察描述”环节，教师可以将电压和电流变化情况对照来看，对变化情况的描述（包括周期性、峰值的变化等）尽可能准确。在“理论分析”环节，教师引导学生依据电容器两端的电压讨论储存的电场能，依据通过电感的电流讨论磁场能，分析得出电场能减小时磁场能增大，电场能增大时磁场能减小，类比简谐振动，从能量转化和守恒的角度分析两者的关系，可用柱状图定性表示一个振荡周期内电场能和磁场能的相对大小。

**设计意图** 振荡电路与之前所学的稳恒电路不同，电路中的电流、电压等物理量在不断变化，了解这些物理量的变化情况是分析振荡电路的基础，也是本活动的重点。“理论分析”环节是本活动的难点，教师可以根据学情做铺垫，帮助学生复习电容与电场能、电感与磁场能的相关知识，进而展开讨论。类比简谐振动和阻尼振动，一方面通过熟悉的模型引导学生研究新的物理问题，另一方面强调证据意识，让学生学会尊重实验结果与理论分析的差异，并尝试作出解释。

##### 活动 3 观察时断时续的电流所产生的电磁波

**活动资源** 收音机、干电池组、小灯泡、钢尺、胶布、开关、导线等。

**活动过程**

观察描述 用导线连接干电池组、小灯泡和钢尺的一端，与钢尺另一端连接的导线可沿钢尺滑动。将收音机放置在电路附近，令其处在不接收任何电台的状态。接通电路，使导线沿钢尺滑动，电路中产生持续的电流（小灯泡持续发光），观察收音机的收音情况。在钢尺上每隔一段距离贴一块胶布，再次接通电路，使导线沿钢尺滑动，电路中产生时断时续的电流（小灯闪烁），观察收音机的收音情况。

分析验证 根据麦克斯韦电磁场理论，分析时断时续的电流是如何产生电磁波的。据此提出利用现有器材产生电磁波的其他方案，并进行实验验证。

交流讨论 根据实验现象，讨论时断时续的电流产生的是哪种类型的电磁波。

**活动说明** 在“观察描述”环节，增加小灯泡是为了更直观地看出电流的变化情况，也可以用电流传感器替代小灯泡。“分析验证”环节，可以根据学情提示学生回顾如何用麦克斯韦电磁场理论解释电磁波的产生；进行实验验证时仍可利用电池组、小灯泡组成的电路，使电路不断接通再断开，观察收音机的收音情况。

**设计意图** 电磁波的发射与接收对学生而言是比较抽象的过程，一方面是因为电磁波看不见、摸不着，另一方面是因为生活中能见到的电磁波发射和接收装置的结构比较复杂。通过本活动可以比较直观地展示电磁波的产生与接收，为学生提供感性经验。这个活动包含了科学探究的部分要素，在观察的基础上，提供了运用麦克斯韦电磁场理论定性解释现象的情景。此外，该活动能引出生活中发射和接收无线电波的天线等装置的结构和原理。

### 3．评价示例

本单元评价包括三个部分：一是日常课堂活动评价，可以选择本单元的重点活动进行评价，例如在“探讨 LC 振荡电路电流、电压的变化规律”活动中的“观察描述”环节，对学生观察描述实验现象的完整性和准确性作出评价。二是日常作业评价，在学完本单元后，学生或教师根据作业的正确率、订正率等情况，完成本单元的日常作业评价。三是单元检测，教师根据学生在规定的时间内完成本单元检测的情况给出测试的成绩。“重点活动设计”中已给出课堂活动评价的示例，以下给出部分课堂例题、课后作业及单元检测的示例，供教师参考使用。

**示例 1** 如图所示，一列电磁波的电场与磁场相互垂直。

（1）图（a）和图（b）中各放置了一根竖直导线，分析说明哪种情况下导线中更容易产生电流。

（2）在图（a）的情况下，将导线换成一个闭合线圈，为使线圈中产生电流，应如何放置线圈？

*E*

*B*

（a）

（b）

*E*

*B*

**分析**

（1）导线中产生电流的原因是电子受到电场力作用发生定向移动，因此当电场与导线平行时，更容易产生电流。

（2）要在闭合线圈中产生电流，最好是令磁场垂直穿过线圈，磁通量变化会产生感应电流。

**解答**

（1）图（a）中，电场平行于导线，能够使导线中的电子发生定向移动，因此更容易在导线中产生电流。

（2）应使线圈平面垂直于磁场方向放置。

**属性表**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 内容 | 涉及的主要素养 | 质量水平分析 |
| 电磁场理论 | 科学思维中“科学推理” | 能对综合性物理问题进行分析和推理，获得结论。对应水平四。 |

**说明** 本示例建议在学习“麦克斯韦电磁场理论”后作为课堂例题或课后作业使用，也可将两小问拆开，分别用作课堂例题、课后作业。

**示例 2** 假设一 LC 振荡电路的总能量保持不变，电场能从最大变为零所需时间 *t* = 1.5 μs。

（1）求该 LC 振荡电路的周期 *T* 和频率 *f*。

（2）当磁场能达到最大值后，再经过多长时间将再次达到最大值？

**分析** 从电场能最大开始计时，经过 个周期，电场能变为零，全部转化为磁场能。磁场能达到最大值后，经过 个周期再次达到最大值。

**解答**

（1）经过 个周期，电场能变为零，全部转化为磁场能，由此可得振荡周期 *T*、振荡频率 *f* 分别为

*T* = 4*t* =4×1.5 μs = 6 μs

*f* = = Hz = 1.67×105 Hz

（2）磁场能达到最大值后，每经过个周期再次达到最大值，所以再经过 3 μs 磁场能再次达到最大值。

**属性表**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 内容 | 涉及的主要素养 | 质量水平分析 |
| 电磁振荡 | 科学思维中“科学推理” | 能对比较简单的物理问题进行分析和推理，获得结论。对应水平二。 |

**说明** 本示例建议在学习“电磁振荡”后作为课后作业使用，或作为单元检测使用，完成时间约 2 分钟。

**示例 3** 当木星处于其卫星和太阳之间时，其卫星被遮挡，出现“卫星食”。1676 年，天文学家罗默通过对一年中不同时刻木星的卫星食的观察，提出光速是一个有限值的观点。他当时并不知道日地距离，但估计光穿过地球绕日运行轨道的直径需要约 22 min。日地平均距离的现代测量值为 1.5×1011 m。

（1）根据罗默的估计，光速为多大？

（2）若以光速的现代测量值 3.0×108 m/s计算，光穿过地球轨道用时多少？

**分析** 根据定义，光速是光传播的距离与所用时间的比值，可利用公式计算得出。

**解答**

（1）根据罗默的估计，可得出光速

*v* = = m/s = 2.3×108 m/s

该值约为现代公认值的 77%。

（2）根据运动学规律，光穿过地球轨道用时

*t* = = s = 1 000 s

罗默估计的时间与这个时间非常接近。

**属性表**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 内容 | 涉及的主要素养 | 质量水平分析 |
| 电磁波的发射、传播与接收 | 科学思维中“科学推理” | 对常见的物理问题进行分析，通过推理，获得结论。对应水平三。 |

**说明** 本示例建议在学习“电磁波的发射、传播与接收”后作为课后作业使用，或作为单元检测使用，完成时间约 3 分钟。

**示例 4** 关于无线电波，甲、乙两位同学提出了自己的看法。同学甲认为“无线电波可以看成是一种低频光波”，同学乙则认为“收音机能够收音，因此无线电波是一种声波”。你如何评价两位同学的观点？

**分析** 两位同学的观点是对无线电波本质的讨论，无线电波是一种频率较低的电磁波，而声波是机械波。虽然无线电波和光波都是电磁波，但无线电波由振荡电路产生，光波由原子核外电子跃迁发出，两者的产生机制不同，它们与其他物质相互作用的性质也不同，通常不能将无线电波称为光波。

**解答** 无线电波和可见光虽然都是电磁波，但产生机制和性质不同，通常不能将无线电波说成是光波，同学甲的观点不合理。声波是一种机械波，所以不能认为无线电波是声波，收音机接收到无线电波后，通过内部电路和音响装置将其转化为声波输出，因此同学乙的观点也不合理。

**属性表**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 内容 | 涉及的主要素养 | 质量水平分析 |
| 电磁波谱 | 物理观念中的“物质观念”、科学思维中“科学推理” | 了解所学的物理概念及其相互关系，对常见的物理问题进行分析，通过推理，作出解释。对应水平三。 |

**说明** 本示例建议在学习“电磁波谱”后作为课堂例题使用，或作为课后作业使用，完成时间约 2 分钟。