# 第八单元 电磁场与电磁波初步

## 一、单元概述

本单元参考《2017 年版高中物理课标》必修 3 的“电磁场与电磁波初步”主题，主要由磁场及其描述、电磁感应现象、电磁场与电磁波等内容组成．本单元与第六单元中电场的性质相呼应，帮助学生建立对电磁场的基本认识，形成初步的物质观，是学习选择性必修课程中法拉第电磁感应定律、交流电等的基础．

在本单元学习中，学生通过了解我国古代磁学研究成果以及磁学在生活生产中的应用示例，体会科学知识对人类文明的推动作用；通过实验认识磁场，了解磁场是一种物质，拓展对物质的认识；通过类比电场线，引入磁感线，学会用磁感线描绘典型磁体和电流周围的磁场；通过类比电场强度，建立磁感应强度的概念，进一步感受比值定义物理量的方法，体会类比思想在科学研究中的作用；建立磁通量的概念，通过实验了解电磁感应现象和产生感应电流的条件，体会“电生磁、磁生电”的对称思想在科学研究中的作用；通过实验了解电磁波的产生、传播和接收，知道电磁场的物质性，进一步拓展对物质的认识；在电磁场及电磁波初步的学习过程中，感受科学知识在生活生产中的应用，体会科学·技术·社会·环境的关系．

本单元课程内容学习逢议安排 6 课时．

## 二、内容要求

本单元对应《2017 年版高中物理课标》必修 3 的“电磁场与电磁波初步”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，“具体要求例举”是针对主要内容给出的表现性要求的示例．

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **标引** | **内容** | **具体要求例举** |
| 3.3.1 | 磁现象 | **了解磁现象**．能列举磁现象在生产生活中的应用；能列举中国古代磁学研究成果和与磁相关的现代技术发展，能说出其对人类文明的影响． |
| 3.3.2 | 磁场 | **认识磁场**．能说出磁场是一种物质，能判断磁极和通电导线周围存在磁场． |
| 磁感应强度 | **了解磁感应强度**．能说出磁场对处于磁场中的电流有力的作用，能说出磁感应强度的概念． |
| 磁感线 | **了解磁感线**．能说出磁感线的特点；能用磁感线分析通电直导线和通电线圈周围磁场分布，能用右手螺旋定则判断通电直导线和通电线圈周围磁场的方向；能比较电场线和磁感线． |
| 3.3.3 | 磁通量 | **知道磁通量**．能说出磁通量的概念． |
| 电磁感应现象 | **了解电磁感应现象**．能简述电磁感应现象；能说出产生感应电流的条件；能在实际问题中判断是否有感应电流产生，能解释相关现象；知道电磁感应现象的应用及其对现代社会的影响，能列举电磁感应现象在生活中的应用． |
| 3.3.4 | 电磁波 | **了解电磁波**，能说出电磁场具有物质性；能简述电磁波的产生、传播和接收． |
| 3.3.5 | 电磁波的应用 | **了解电磁波的应用**．能列举电磁波在生活中的应用及其带来的影响． |
| 3.3.6 | 光 | **初步了解光的“波粒二象性”**．知道光是一种电磁波，能说出光具有波动性；能说出在真空中光速与电磁波传播的速度相等；知道光的能量是不连续的，能说出光子的概念． |

## 三、教学指引

### （一）内容结构导图

电磁场

电磁感应现象

电磁波

磁现象

电流的磁效应

磁感线

磁感应强度

磁通量

光

磁场

### （二）任务设计举隅

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，将其作为本单元学习的核心任务．《2017 年版高中物理课标》必修 3 的学业要求中指出本单元要培养学生“在分析和论证过程中，能使用证据说明自己的观点”“体会科技进步对人类生活和社会发展的影响”．因此，以生活中学生时常听到但对其物理意义不甚清晰的“电磁辐射”为切入点，串联磁场、电磁感应和电磁波等内容，将本单元核心任务确定为“设计海报，对变电站周围的‘电磁辐射’进行科普宣传”，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、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** |
| 设计海报，对变电站周围的“电磁辐射”进行科普宣传 | 探寻变电站周围磁场的来源 | 磁现象、磁场、磁感线 | 1 |
| 研究变电站周围磁场的强弱 | 磁感应强度、磁通量 | 2 |
| 重走法拉第研究电磁感应之路 | 电磁感应现象 | 2 |
| 研究生活中的“电磁辐射” | 电磁场、电磁波、光 | 1 |

### （三）重点活动举隅

#### 1．单元活动

活动名称 设计海报，对变电站周围的“电磁辐射”进行科普宣传

活动资源 工作人员实地测量变屯站周围电磁场的报道视频、用小磁针和铁屑研究通电直导线和通电螺线管周围磁场的演示实验器材．

活动系列

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **对应课时** | **活动过程** | **活动说明** |
| 第一课时 | **分析讨论** 根据初中所学知识，讨论哪些工具或器材可以检测空间中是否存在磁场．  **实验验证** 用小磁针验证通电直导线周围存在磁场． | 介绍变电站周围磁场来源于站内的通电导线，学生在回顾小磁针“指南”的原理后，将其作为检测工具，验证通电直导线周围存在磁场． |
| 第三课时 | **实例计算** 国家标准规定，50 Hz 变电站的公众曝露控制限制为磁感应强度 100 μT，假设该磁场为匀强磁场：  （1）若将长为 10 cm、通有 1 A 电流的直导线置于该环境中，通电直导线与磁场垂直，计算通电直导线所受磁场力的大小．  （2）若将边长为 10 cm 的闭合线圈置于该环境中，线圈平面垂直于磁场方向，计算通过线圈的磁通量．  **分析讨论** 能否通过测量一段通电导线所受的磁场力大小来测量磁感应强度？ | 根据磁感应强度和磁通量的定义，在简单问题中计算相应物理量．  讨论利用磁感应强度的定义测量磁场强弱的可行性，介绍测量磁场强弱的工具． |
| 第五课时 | **分析讨论** 变电站中电流的大小和方向都在不断变化，若在其中一段通电直导线附近放置一个闭合线圈，线圈中能否产生感应电流？ | 在具体情境中运用感应电流产生的条件判断是否会产生感应电流．线圈放置的方式不同，结果不同，可根据学生的掌握程度设置问题的开放度． |
| 第六课时 | **分析讨论** 变电站周围是否存在“电磁辐射”？ | 辨析电磁辐射与电磁场、电磁波三个概念．教师介绍变电站周围电场和磁场的特点，学生根据提供的信息，结合电磁波的产生与传播，分析出变电站周围几乎不存在电磁波． |

设计意图 围绕对变电站周围的“电磁辐射”进行科普宣传这一任务，学生的学习沿两条主线展开：一是弄清“电磁辐射”的准确物理意义，逐步建立磁场、电磁场、电磁波的概念，再运用所学知识描述变电站周围电磁场这一具体情境；二是从电磁理论与技术的关联出发，在探测磁场中定义磁感应强度和磁通量，了解电磁感应现象，探究产生感应电流的条件，随后发现身边常见的电磁辐射及其作用与可能的危害．这两条主线最终在科普海报中交汇呈现．

#### 2．课时活动

活动 1 引入磁感应强度概念

活动资源 用 DIS 探究影响磁场力大小的因素实验装置．

活动过程

［类比猜想］ 类比电场强度的定义，从磁场力的角度定义用来描述磁场强弱的物理量，猜想影响磁场力大小的因素．

［观察讨论］ 观察磁场力的大小与通电导线和磁场方向的夹角之间的关系，教师将磁场中的通电导线（线框的一边）转动一周，观察磁场力的大小变化，重点关注磁场力最大和磁场力为零时通电导线的位置，明确通电导线垂直于磁场放置时所受的磁场力可以反映磁场强弱．

［实验探究］ 探究磁场力的大小与通电导线长度、电流大小的关系．教师介绍实验装置并操作，学生根据实验结果归纳结论，定义磁感应强度．

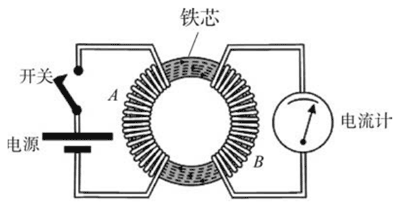
活动说明 磁场和电场都比较抽象，特别是磁场力大小，它与通电导线的空间取向有关，是学生比较难理解的内容，可通过实验现象帮助学生形成感性认识．学生在观察演示实验的过程中，主要关注实验结论的归纳，无需进行复杂的数据处理，本活动可根据实际情况，选用DIS实验或传统实验，若选用传统实验，则学生需要记录实验结果．

设计意图 本活动通过类比电场强度，引出用磁场力与某些物理量的比值定义用来描述磁场强弱的物理量，通过演示实验，探究磁场力的大小与通电导线长度、电流大小、通电导线与磁场方向的夹角三个因素的关系，最后引入磁感应强度．

活动 2 重走法拉第研究电磁感应之路

活动资源 原、副绒圈，灵敏电流计，学生电源，滑动变阻器，开关，导线等．

活动过程

［历史回溯］ 介绍法拉第研究电磁感应现象的历史过程，引入电磁感应现象和感应电流的概念．法拉第将两个线圈绕在一个圆环铁芯上，线圈 A 与电源、开关组成回路，线圈 B 与电流计组成回路．在接通或断开开关的瞬间，发现电流计的指针发生振荡，最后又回到原位，如图 8 – 1 所示．

［作出猜想］ 学生用提供的实验器材，分组重复法拉第的研究，再根据实验结果，猜想感应电流产生的条件．

［实验验证］ 学生分组讨论，设计实验方案，验证猜想，教师根据学生的方案提供必要的器材（如滑动变阻器等）．学生分组完成实验，归纳感应电流产生的条件．

活动说明 在条件许可的情况下，本活动可作为自主活动由学生分组完成．本活动重点关注［作出猜想］和［实验验证］两个环节．

本活动中，以法拉第的研究历程为线索，他发现线圈通电或断电时另一个线圈会产生感应电流，为了便于学生借鉴，略去了原本用条形磁铁产生感应电流的环节．

设计意图 本活动通过回溯法拉第研究电磁感应现象的历史，引导学生用提供的器材重走大师之路，通过实验探究感应电流产生的条件．活动中学生将经历猜想一验证的探究过程，并通过合作与交流完成探究．

## 四、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，例如可以对学生参与“重走法拉第研究电磁感应之路”的活动表现进行评价，建议在［实验验证］环节，根据电路连接的正确性和结果记录的完整性进行评价，二是日常作业评价，在学习完本单元后，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；如果学生完成单元长作业“设计海报，对变电站周围的‘电磁辐射’进行科普宣传”，则可根据提供的评价表对海报进行评价．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．以下给出了部分课堂例题、课后作业及单元检测的示例，供教师参考使用．

### 示例 1

如图 8 – 2 所示，一根长为 Δ*l* = 0.2 m 的直导线水平放置在一足够大的匀强磁场中，导线与磁场方向相互垂直．当导线内通以大小为*I* = 3 A的电流时，导线受到的磁场力大小为 *F* = 6×10-2 N，则匀强磁场的磁感应强度大小为 *B* = \_\_\_\_\_\_\_\_T；当导线位置保持不变、长度缩短为原来的一半，磁场的磁感应强度*B* = \_\_\_\_\_\_\_\_T．

× × × ×

× × × ×

× × × ×

× × × ×

*B*

*I*

分析根据磁感应强度的定义式，可计算磁场在某处的磁感应强度大小：

*B* = = T = 0.1 T．

磁感应强度描述的是磁场的强弱，其大小和方向都由磁场本身决定，与放入其中的导线长度、电流强度大小无关．

解答0.1；0.1

属性表

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **内容** | **涉及的主要素养** | **质量水平分析** |
| 磁感应强度 | 物理观念中“运动与相互作用观念” | 能指出磁感应强度是描述磁场本身性质的物理量，与放入其中的通电导线无关．达到水平二． |
| 科学思维中“科学推理” | 能在简单的情境中计算磁感应强度大小，达到水平二． |

说明 本示例建议在学习“磁感应强度”概念后作为课堂反馈或课后作业使用．

### 示例 2

如图 8 – 3 所示，匀强磁场中有一个正方形金属线框 abcd，判断下列几种情况下，线框中是否产生感应电流：

× × × ×

× × × ×

× × × ×

× × × ×

a

b

c

d

（1）保持线框平面与磁场方向垂直，线框向右平动；

（2）保持线框平面与磁场方向垂直，线框向纸面外平动；

（3）线框绕通过ab中点与dc中点的轴转动；

（4）保持线框平面与磁场方向垂直，将线框拉成圆形．

分析 感应电流产生的条件有两个：一是闭合回路，二是通过闭合回路的磁通量发生变化．本题中的磁场为匀强磁场，因此只有当线框在垂直磁场方向上的投影面积发生变化时，闭合回路的磁通量才会变化．而投影面积的变化又有两种可能：一是线框自身的面积发生变化，即情况（4），二是线框平面与磁场方向的夹角发生变化，即情况（3）．

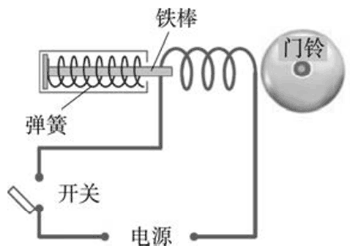
解答 （1）（2）中线框不产生感应电流，（3）（4）中线框能产生感应电流，

属性表

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **内容** | **涉及的主要素养** | **质量水平分析** |
| 电磁感应现象 | 科学思维中“科学推理” | 能根据感应电流产生的条件，在简单的情境中判断是否产生感应电流，达到水平二． |

说明 本示例建议在学习“感应电流产生的条件”后作为课堂反馈使用．

### 示例 3

如图 8 – 4 所示是一种门铃的工作原理图：

（1）说明门铃的工作过程；

（2）观察身边事物，发掘这个装置的至少一项其他用途，并简要说明工作过程．

分析 对于装置的工作原理可遵循从结构到功能的顺序进行分析．图 8 – 4 所示门铃的核心结构是电磁铁．分析电磁铁通电前后铁棒的运动，即可说清门铃的工作原理，难点在于分析弹簧的作用，即让铁棒在断电后回到原来的位置．

解答

（1）当开关闭合，螺线管通电，成为电磁铁，铁棒受到通电螺线管的吸引，带动弹簧向右运动，铁棒敲击门铃，使门铃发出声响，此时铁棒周围的弹簧处于压缩状态．当开关断开，铁棒不再受磁场力，在弹簧弹力的作用下回到原来的位置．

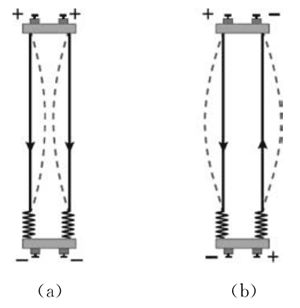
（2）略（如电磁起重机、电磁阀等与电磁铁直接相关的装置，或与磁现象间接相关的装置均可）．

属性表

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **内容** | **涉及的主要素养** | **质量水平分析** |
| 磁现象 | 科学思维中“模型建构”“科学推理” | 能在熟悉的问题情境中应用电磁铁模型，能分析生活中常见的与磁现象相关的装置的工作原理．达到水平二． |

说明 本示例建议在学习“磁现象”后作为课后作业使用；第（2）题可作为长作业，引导学生通过观察身边事物或搜集资料等方式，发现隐藏在装置背后的磁现象．

### 示例 4

某同掌通过实验研究两根平行通电直导线间的相互作用力方向，实验装置及结果如图 8 – 5，虚线为导线通电后的位置：

（1）分析说明两根平行通电直导线之间的相互作用力是如何作用的；

（2）猜想左侧通电直导线所受磁场力方向与其电流方向和右侧通电直导线产生的磁场方向的关系，并说明理由．

分析 第（1）题运用磁场对置于其中的通电导线有力的作用，分别分析一侧通电直导线产生的磁场对另一侧通电直导线施加了力的作用．并且可以归纳出电流方向与力的方向有关．第（2）题进一步运用右手螺旋定则判断右侧通电直导线产生的磁场方向，结合电流和磁场力的方向，作出猜想．

解答

（1）左侧通电直导线在空间中产生磁场，右侧通电直导线在磁场中受到了力的作用；当两根直导线通以同向电流时相互吸引，通以反向电流时相互排斥．

（2）略（回答合理即可．要点有三：一是根据实验结果确定左侧通电直导线的电流方向和受力方向；二是用右手螺旋定则分析右侧通电直导线产生的磁场方向；三是根据直接现象或理论分析作出猜想）．

属性表

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **内容** | **涉及的主要素养** | **质量水平分析** |
| 磁场 | 科学思维中“科学推理” | 能在具体的情境中，根据磁场及其特性，分析通电导线之间的相互作用力．达到水平二． |
| 科学探究中“问题” | 能根据实验现象，提出物理问题，并结合推理作出合理的猜想，达到水平三． |

说明 本示例建议在学习“电流的磁效应”后作为课后作业使用，本示例不要求知道左手定则，主要为学生提供根据现象提出问题、作出假设的机会．

### 示例 5

麦克斯韦认为光是一种电磁波的主要依据是\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_，爱因斯坦提出光子说的主要实验依据是\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_。

分析 光的波粒二象性只需要初步了解．麦克斯韦根据真空中电磁波和光的传播速度而将二者联系在一起；而光电效应现象引发了电磁理论的危机，爱因斯坦提出的光子说成功解释了这一现象．

解答 电磁波在真空中的传播速度等于光茌真空中的传播速度光电效应现象

属性表

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **内容** | **涉及的主要素养** | **质量水平分析** |
| 光 | 物理观念中“物质观念” | 能说出光的波粒二象性的理论和实验依据，达到水平二． |

说明 本示例建议在学习本单元后作为单元检测使用，完成时间约为1分钟．

### 示例 6

如图 8 – 6 所示，一个线圈固定放置，线圈中心有一个可以自由转动的小磁针．当线圈通以顺时针电流 *I* 时，小磁针将（ ）．

*I*

N

S

A．N 极向纸外、S 极向纸内

B．N 极向纸内、S 极向纸外

C．顺时针转动

D．逆时针转动

分析 根据右手螺旋定则可以判断出，通电线圈内部的磁场垂直纸面向内．由于小磁针静止时 N 极的指向为磁场方向，可判断出小磁针 N 极将指向纸内．

解答 B

属性表

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **内容** | **涉及的主要素养** | **质量水平分析** |
| 磁场 | 科学思维中“科学推理” | 能用右手螺旋定则判断通电线圈中心处的磁场方向．达到水平二． |

说明 本示例建议在学习“电流的磁效应”后作为课后作业使用，或在完成单元学习后作为单元检测使用，完成时间约为 1 分钟．

### 示例 7

如图 8 – 7 所示，在一足够大的匀强磁场中有一面积为 4×10−2 m2 的正方形导线框，当导线框平面与磁场垂直时，穿过线框的磁通量为 2.4×10−2 Wb，则磁场的磁感强度是 *B* = \_\_\_\_\_T．若将这导线框以其中一边为轴转过 90°，则这时穿过导线框平面的磁通量将变为\_\_\_\_\_Wb．

× × × ×

× × × ×

× × × ×

× × × ×

*B*

分析 当导线框平面与磁场垂直时，根据磁通量的计算式 *Φ* = *BS* 可知，该匀强磁场的磁感应强度

*B* = = = 0.6 T．

当导线框以任何一条边为轴转过 90° 后，导线框平面与磁场平行，根据磁通量的定义，此时穿过导线框平面的磁通量变为 0．

解答 0.6，0

属性表

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **内容** | **涉及的主要素养** | **质量水平分析** |
| 磁通量 | 科学思维中“科学推理” | 能在简单的具体问题中，根据磁通量的计算式，计算磁感应强度；能根据磁通量的定义，判断导线框与磁场平行时磁通量为 0．达到水平二． |

说明 本示例建议在学习“磁通量”后作为课后作业使用，或作为单元检测使用，完成时间约为 2 分钟．

### 示例 8

日常生活中，人们常常谈“辐射”色变，无论是身边的家用电器、电子产品，还是周边的变电站和高压线，人们总是担心其产生的“电磁辐射”会对健康产生不利的影响．

在一次宣传活动中，市辐射环境监督站专家带领市民来到变电站外现场监测辐射强度．两台黄色检测仪器上的测量值显示，变电站产生的电场的电场强度在 0.1 ~ 0.2 V/m 之间波动、产生的磁场的磁感应强度也维持在 0.6 μT左右．

国家标准（GB 8702 - 2014）规定，50 Hz 变电站和高压线的公众曝露控制限值为电场强度 4 000 V/m、磁感应强度 100 μT，世界卫生组织推荐的标准限值为电场强度 5 000 V/m、磁感应强度 200 μT．测量值均远低于标准．

根据本单元所学知识，查阅相关资料，设计海报，对变电站周围的“电磁辐射”进行科普宣传．

附：评价量表

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **评价指标** | **具体描述** | **评分** |
| 覆盖面 | 至少包含对“电磁辐射”概念的说明，变电站周围电场和磁场的国家标准及相关测量数据；拓展介绍电磁辐射的危害与防范 | 1□ 2□ 3□ 4□ 5□ |
| 科学性 | 宣传内容无科学性错误；提出的观点有合理可信的证据支持 | 1□ 2□ 3□ 4□ 5□ |
| 趣味性 | 科普海报设计美观，有创意；内容形式生动，能引起公众的兴趣 | 1□ 2□ 3□ 4□ 5□ |

属性表

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **内容** | **涉及的主要素养** | **质量水平分析** |
| 电磁波 | 物理观念中“物质观念”“能量观念” | 能辨析电磁波、电磁场和电磁辐射的含义．达到水平二． |
| 科学思维中“科学论证” | 能通过搜集实测数据，对标国家标准，阐述变电站的电磁波对人体无危害．达到水平二． |
| 科学态度与责任中“社会责任” | 能意识到科学与技术的应用需要考虑人类的健康与安全，达到水平二． |

说明 本示例建议作为单元长作业使用，完成时间 2 周．在本单元学习开始时布置，建议由小组合作完成．布置任务的同时下发评价表，主要为学生制作海报提供参考方向．可从覆盖面、科学性、趣味性等方面展开评价，建议采用学生自评和同伴互评的方式，可根据实际条件组织学生以社会实践的方式，向家长、社区进行宣讲，并收集反馈信息．