# 第八章 电磁振荡与电磁波

## 第一节 麦克斯韦电磁场理论

1．麦克斯韦电磁理论提出：\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_，从而形成电磁波。任何电磁波在真空中的传播速度都等于\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_。

2．麦克斯韦在法拉第等物理学家研究的基础上，经过深入研究实现了物理学理论的又一次大的综合统一。请使用麦克斯韦电磁场理论解释电磁感应现象的本质。

3．当电容器两极板之间的电场发生如图 8 – 1 所示的各种变化时，试说明哪种（或哪几种）变化能够在周边产生电磁波。

*O*

*E*

*t*

A．

*O*

*E*

*t*

B．

*O*

*E*

*t*

C．

*O*

*E*

*t*

D．

4．一束持续的电子流在电场力作用下做匀加速直线运动，则在其周围空间能否产生磁场，并由此磁场产生电场？

5．赫兹一系列电磁波实验的科学贡献是什么？

### 参考答案

1．当空间某处存在随时间不均匀变化的电场时，周围空间会产生随时间不均匀变化的磁场，而这又会在空间产生新的电场，这样，变化的电场和磁场就会由近及远地传播开去。

光速。

2．法拉第认为，当闭合回路磁通量发生改变时，就会在回路中产生感应电流，麦克斯韦理论将这一现象解释为变化的磁场在空间产生了电场，无论闭合回路是否存在，这个电场总是存在的。当闭合回路存在时，电场便在回路中产生感应电流。

3．A 图，电场是稳定的不发生变化，则无法在周围产生磁场，也即无法产生电磁波；B 图、C 图，电场是均匀变化的，则在周围产生稳定的磁场，无法再产生电场，也即无法产生电磁波；D 图，电场是非均匀变化的，则在周围产生非均匀变化的磁场，磁场又在周围产生变化的电场，逐次产生，即产生了电磁波。

4．因为尽管电子流是匀加速运动，但是以任一个截面为研究对象，任意相等的时间内通过的电荷量却是一个常量（就好像从水龙头流下的水，尽管往下速度越快，但水流量一直不变一样），也就是电流恒定，所以能产生恒定的磁场（沿电子流方向电子速度变大，但电子数密度变小，所以沿电子流方向电流强度不变，磁感应强度也不变）。该稳定的磁场不能产生电场。

5．赫兹实验的科学贡献是发现了电磁波的存在，并证明电磁波的传播速度与光速十分接近且和光波一样，能发生反射、折射、干涉、衍射等现象。赫兹实验不仅证实了麦克斯韦的电磁场理论，更为其后的无线电报、无线电广播、电视和雷达等无线电技术的发展奠定了实验基础、开辟了道路。

## 第二节 电磁波的产生与发射

1．什么叫做电磁振荡现象？试绘制正在作电磁振荡的基础电路。

2．判断下列关于电磁振荡的说法是否正确，简述理由。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 说 法 | 判断 | 理由（可以举例或推理） |
| *LC* 振荡电路中的振荡电流与电场能同时出现最大值 |  |  |
| *LC* 振荡电路的电容器放电完毕后，回路中磁场能最小，电场能最大 |  |  |
| *LC* 振荡电路中电流增大，电容器上的电荷一定减小 |  |  |
| *LC* 振荡电路中，电容器的某一极板从带最多的正电荷开始到带最多的负电荷为止，这段时间为一个周期 |  |  |

3．在如图 8 – 2 所示的 *LC* 振荡电路中，某时刻的磁场方向如图所示，且磁场正在减弱，试说明此时电容器正在充电还是放电，并指出图中 *ab* 间电流的方向。

*a*

*b*

*L*

*C*

4．请查找资料并简述常见的公交一卡通（IC 卡）是如何利用电磁感应及 *LC* 振荡电路来实现刷卡功能的。

5．要发射电磁波，电磁振荡的电路必须有哪些特点？若手持一个带电的物体并快速摇晃，请分析是否能够产生电磁波及向外辐射电磁波。

6．天线是指在无线电收发系统中向空间辐射和接收电磁波的装置，收音机上的天线被制作成空心的。查找资料，了解为什么天线要做成空心的。

### 参考答案

1．在振荡电路中产生振荡电流的同时，电场和磁场发生相应的周期性相互转化，这种现象叫做电磁振荡，最基础的电路是 *LC* 回路，由电容与电感组成（图 3）。

2．（1）错，电流最大与磁场能最大是同时出现的，而非电场能。

（2）错，电容放电完毕，此时电场能最小，磁场能最大。

（3）对。

（4）错，这段时间为半个周期，当电容器的电荷量与上次完全相同的时间间隔为一个周期。

3．若磁场正在减弱，则电流在减小，是对电容器充电过程，根据安培定则可以确定电流是由 *b* 向 *a*。

4．常用的公交一卡通（IC 卡）内部有一个由电感线圈 *L* 和电容 *C* 构成的 *LC* 振荡电路，此外还有存储器，读写单元，以及射频模块。公交车上的读卡机（又称射频读写器，刷卡时发出“嘀”的一声响）能够向外发射某一特定频率的电磁波。刷卡时，IC 卡内的线圈 *L* 中产生感应电流，给电容 *C* 充电，达到一定的电压后，驱动卡内芯片进行数据处理和传输。

5．开放电路、提高频率

从理论上，能够产生电磁波，但是该电磁波的频率极低，能够向外辐射的能量也极小。

6．中空的拉杆天线除了收缩便捷、可以增加天线的长度外，也是因为“趋肤效应”。天线在接收高频电磁波时，电流在导体内分布是不均匀的，主要集中在导体的外表薄层。因此将天线设计成空心的。

## 第三节 电磁波的传播和接收

1．人民广播电台的无线电波频率分别为 981 kHz、7 620 kHz、90.0 MHz等，它们的波长分别为多少，属于哪个波段？

2．若某广播电台能够发射波长为 480 m 的无线电信号，那么广播电台播报的“即时新闻”，从广播电台发出后至少多长时间才能够到达距离电台 30 km 远的收音机处？收音机的接收电路中 *LC* 固有频率需要调节至多少赫兹才能收听到新闻？

3．判断下列关于电磁波的说法是否正确，简述理由。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 说 法 | 判断 | 理由（可以举例或推理） |
| 电磁波由真空进入玻璃后频率变小 |  |  |
| 电磁波中的电场和磁场都与传播方向垂直，因此电磁波是横波 |  |  |
| 微波传播可以采用地波的方式，沿地球表面传播很远的距离 |  |  |

4．我国规定 FM 广播使用的频率为 87.5 ~ 108 MHz，总带宽 20.5 MHz。规定每个电台可以占用 75 kHz。

（1）试计算一个电台 FM 89.9（中心频率）的波长可以在什么范围内？

（2）FM 电台的抗干扰能力很强，几乎无杂音，试分析说明为什么不将所有广播电台都设置在该波段，以及 FM 只能听到本地电台的原因。

5．自选若干方面，通过学习对比天波、地波和空间波的传播特点。

### 参考答案

1．981 kHz 的波长为 305.8 m，属于中波

7 200 kHz 的波长为 41.7 m，属于短波

90.0 MHz 的波长为 3.3 m，属于微波

2．电磁波的传播速度 *c* = 3×108 m/s，根据 *t* = = s = 0.000 1 s，又根据 *c* = *λf* 可知，电磁波的频率为 625 kHz，因此根据电谐振 *LC* 振荡电路需调节到与电磁波频率一致，即 625 kHz。

3．（1）错误，波的频率由波源决定，因此进入玻璃后频率不变。

（2）正确，电磁波空间中任意一点的电场 *E* 的方向和磁场 *B* 的方向都和电磁波的传播方向垂直。

（3）错误，微波波长短，需沿直线传播。

4．（1）FM 89.9 的频率为 89.9 MHz，频道带宽为 75 kHz，因此频率范围为 89.862 5 ~ 89.937 5 MHz，根据 *c* = *λf*，可知电磁波的波长范围为 3.335 6 ~ 3.338 4 m。

（2）由于频带很宽，整个中波频段也容不下几个电台。FM 属于超短波段信号，该波段电磁波只能以直线方式传播；因此只能为本地听众服务。

5．

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 传播距离 | 传播方式 | 优点缺点 | 主要用途 |
| 地波 | 几百千米（与发射塔功率和地表情况有关） | 波的衍射 | 稳定，但能量损耗大，需要在高处建立发射塔 | 导航、船舶通信 |
| 天波 | 几千千米 | 波的反射 | 损耗小，但不稳定，易受天气影响 | 无线电广播 |
| 空间波 | 几十千米 | 波沿直线传播 | 稳定、信号强，但需建立中继站 | 移动通信、卫星通信 |

## 第四节 电磁波的应用

1．比较 5G 信号与 4G 信号在衍射能力、传播速度、信号频率上的异同，并简述 5G 信号的优点。

2．有人说将半导体收音机放在正在工作的微波炉前面，若发现收音机播放的声音中有噪声，便可以认为微波炉泄漏微波。你认为这种说法正确吗？为什么？

3．判断下列关于电磁波的说法是否正确，简述理由。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 说 法 | 判断 | 理由（可以举例或推理） |
| 无线电波比红外线更容易发生干涉和衍射现象 |  |  |
| “隐性战机”能够躲避雷达的追踪是因为能对电磁波具有较强的反射作用 |  |  |
| 电磁波在真空中的传播速度和电磁波的频率、波长和能量大小无关 |  |  |



4．查找资料，了解为什么是红外线而非可见光和紫外线具有显著的热效应。

5．我们身边电磁波无处不在，试分别列举有关电磁波为人类带来便捷及危害的实例。

6．为什么说我们生活在电磁波的“海洋”中，请举例说明。

### 参考答案

1．4G 与 5G 信号都是电磁波，因此在空气中的传播速度相同，但 5G 信号的频率更高，波长更短，虽然衍射能力更差，但是能够有足够的带宽，满足更多用户的同时使用和大数据的传输。

2．不正确，一般的收音机 FM 在88 ~ 108 MHz 之间，中波 AM 在 525 ~ 1 610 kHz 左右，短波在 3.2 ~ 22 MHz 左右。而微波炉的微波频率在 2 450 MHz，两者的频率相差很大，微波炉发出的微波会在收音机电谐振时被滤去，不可能检测得到。而微波炉工作时，相关的电子设备所产生的电磁波频率可能在收音机的接收频率内，因此可能被收音机检测到从而产生噪声干扰，但是这不是微波泄漏所导致的。

3．（1）正确，因为无线电波的波长更长，衍射能力更强。

（2）错误，“隐性战机”可以有效避开雷达的追踪主要是将雷达发射的电磁波吸收，电磁波不能反射回雷达，就不能探测到战机的踪影。

（3）正确。

4．物质中的原子不停地相对振动、旋转，这些运动有许多不同的特征频率。原子和分子的振动或旋转运动的特征频率分布在红外谱区，因此当红外线照射物体时，物体更容易能够吸收其能量而使温度升高。

5．便捷：微波炉加热食物；无线电通信；X 及 γ 射线在医学领域的应用等。

危害：过量电磁辐射会损害健康；电磁干扰会影响电子设备正常工作。

6．生活中许多用电器都在使用和产生电磁波，例如工作状态的手机、收音机都在接收或者发射电磁波。家庭中所有的交流用电器都在产生电磁波，如电视机、电冰箱等。还有些用电器则在产生电磁波维持工作，如遥控器利用电磁波控制家电，微波炉利用电磁波加热，家用路由器利用电磁波构建了家庭无线网络等。