

微讲座 从电磁场到电磁波

1. 初识麦克斯韦的电磁场理论

麦克斯韦建立电磁场理论，预言电磁波的存在，赫兹第一次实验验证电磁波的发射和接收，并测出它的速度与光速相似。

(1)变化的电场周围产生磁场→原理：电流的磁效应。如图 1：变化的电场等效伴随着一个电流→电流的磁效应→产生磁场。断开 S_1 ，合上 S_2 ，对一对金属板（电容器）充电，电场向下增强，等效于逆时针电流；再断开 S_2 ，合上 S_1 ，电容器放电，等效于顺时针电流。

注释：变化是指随时间而变；B 与 E 垂直；空间的扩展。

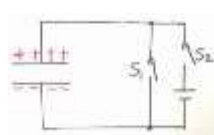


图 1

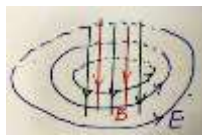


图 2

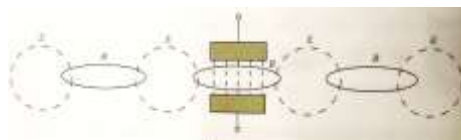


图 3

变化的磁场周围产生电场→原理：电磁感应。如图 2：黑色磁感线表示原来磁场，红色磁感线表示后来增强的磁场。根据楞次定律，B' 向上。这里的思维难点有二：①“没有回路或有形的面积”。②“感应电场的电场线是封闭的”。但设想在这个电场线区域放进去一个回路，立刻就会有如电场线方向的环绕感应电流。

注释：变化是指随时间而变；E 与 B 垂直；空间的扩展；感应电场的电场线与静电场的不同之处。

(3)电磁场与电磁波：①电磁场——空间中的电场与磁场互为因果、交替互生的统一场。②电磁波——变化中电场与磁场交替互生过程本身具有空间扩展性，从而形成了电磁场向远处传播的现象，我们既可以把这个运动现象也可以把这个交替产生并远传的电磁场称作电磁波。

(4)电磁波是横波，且其中的电场成分和磁场成分也交替中相互垂直。电场与磁场的变化频率相同，即为电磁波的频率。

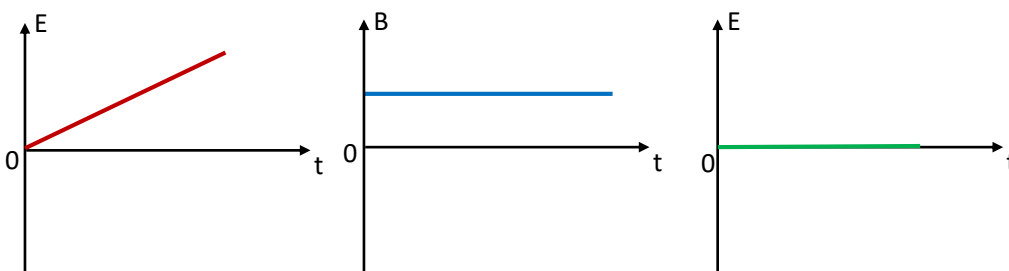
$E = E_{1\max} \sin \omega t$	$B = B_{1\max} \cos \omega t$
$E_1 = -E_{1\max} \sin \omega t$	$B_2 = -B_{2\max} \cos \omega t$
$E_2 = E_{2\max} \sin \omega t$	$B_3 = B_{3\max} \cos \omega t$
如此循环传播不走样	

(5)电磁波与机械波的两点不同：①对介质要求不同，机械波须要介质，电磁波不须要。②传播速度的变化不同，电磁波在真空中波速最大，遇其它介质变小。而机械波在真空中速度为零，相反。

(6)感应电场和感应磁场交替产生的条件与特殊函数：①条件：非均匀变化。②特殊函数见图 4 的表格。

注释：均匀变化的电（磁）场，产生恒定的磁（电）场，不会再有下一个回合。如图 5.至于图线的关系，可以简单描述为：下一级线形与上一级线形的切线斜率所得线形相似。

图 5 展示了三个坐标图，分别表示电场 E 和磁场 B 随时间 t 的变化。第一个图显示 E 随 t 线性增加，第二个图显示 B 随 t 保持恒定，第三个图显示 E 随 t 保持恒定。这说明了均匀变化的电场产生恒定的磁场，而恒定的磁场不会产生新的电场。



2.电磁波及其发射与接收（上海在用版）

(1)莱顿瓶

主要看点：①A 瓶为电容器，用使其带电的办法促使 a、b 间放电。**放电为“变化的电场”**②a、b 间放电时会产生多种频率的电磁波，以框型与 A 并匹配的某一个频率的电磁波为最强。③电磁波向各个方向发射，其中在右侧框型相同的回路中产生**电磁感应**。**B 瓶所在回路成了电磁波的接收器**。④由于回路不闭合，感应电动势表现为氖灯隔断的两片金属带电，积累到一定程度，就促使氖管放电产生红光。



⑤体会电磁波的产生、发射、传播、接收、效应显示。⑥课本中调整 B 瓶所在回路的滑动杆位置，就是要达到“共振”，以使得感应最强。

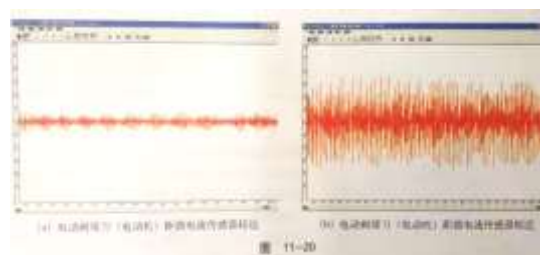
(2)直流电动机转动时发出的电磁波

主要看点：①电磁波来源：电动机转动时线圈切割磁感线带来变化的电流极非均匀变化的磁场；更主要的是换向器的断连带来的火花。②电磁波在多匝线圈中产生电磁感应，形成“感应出的交流电”。③如图是微电流传感器记录到的“感应信号”。左图为电动机离感应线圈较远，右图为较近。它们的频率发布相同。④扩展出去，电焊的电弧、闪电、某些爆炸等都会产生频率丰富的电磁波。



(3)电磁波的反射

与机械波一样，电磁波也有反射现象：实验：小空间的电视机遥控，将遥控器对着任何方向，几乎都能电视机的通断操作顺利。



(4)电磁波的屏蔽

如图，金属包装袋内，塞进一个收音机，发现音量开关不变时，包进去得越多，声音越小，以至于全部包严实后，收音机没有电台信号声音了。这种现象叫电磁波的屏蔽。

注释：能屏蔽电磁波的材料必是导体类。含、钢筋结构、潮湿的土壤。所以如果地铁里有信号说明地铁站或车厢里有“中继装置”。

(5)手机号码的内涵：主叫方手机将声音信号转变为电信号，电信号是变化着的电磁场，从而形成电磁波。经电信部门助送后，电磁波到达接收方手机，再将电信号转化为声音信号。所谓手机号码就是对应着一个个不同的专用电磁波频率。你的号码用哪个频率由通信企业操作。



(6)哪些场合不能用手机：任何自然现象的发生与否，都有量的阈值。下面的列举，只限于定性。

①飞行的飞机 ② 加油站 ③医院的电子设备间及附近 ④电子操作爆破等危险地带 ⑤雷雨天

注释：其它与社会文明要求相关的场合，也请自觉遵守。

3.电磁波谱与可见光谱

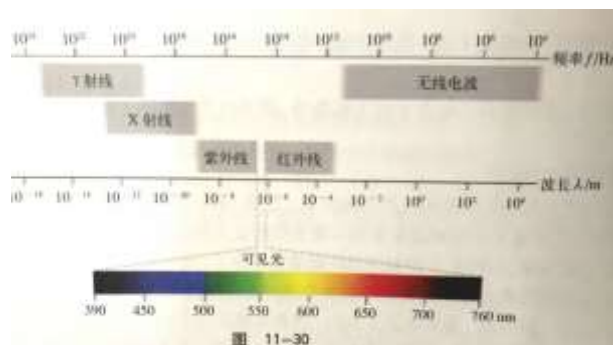
(1)人们发现不同频率的电磁波的产生、功能、应用不同；有意思的是电磁波的频率在非常广阔的范围

内几乎是连续不断的，把这种集成称为电磁波谱。

记住电磁波谱的最常见的七段分类图。

(2)可见光谱。主要看点：①可见光占据的电磁波频率是很窄的一段。频率在 10^{14}Hz ，波长在 10^{-6}m 的数量级（中档附近）。称其为谱，是因为整个可见光的频率也是连续分布的。②给人类的视觉则是红橙黄绿蓝靛紫。③单色光可以由无数个相近频率，可见光中的单频光一定是单色的。④从频率、波长两方面关联一下红外线、紫外线。

(3)电磁波的产生、特性、应用列表。其中彩色字条为重点。



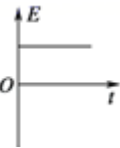
各种电磁波产生、特性、用途

电磁波种类	无线电波	红外线	可见光	紫外线	伦琴射线	γ 射线
频率(Hz)	$10^4 \sim 3 \times 10^{12}$	$10^{12} \sim 3.9 \times 10^{14}$	$3.9 \times 10^{14} \sim 7.5 \times 10^{14}$	$7.5 \times 10^{14} \sim 5 \times 10^{16}$	$3 \times 10^{16} \sim 3 \times 10^{20}$	3×10^{19} 以上
真空中波长(m)	$3 \times 10^4 \sim 10^{-4}$	$3 \times 10^4 \sim 7.7 \times 10^{-7}$	$7.7 \times 10^{-7} \sim 4 \times 10^{-7}$	$4 \times 10^{-7} \sim 6 \times 10^{-9}$	$10^{-8} \sim 10^{-12}$	10^{-11} 以下
产生方法	LC 振荡电路	红外线管外、一切物体	各种冷热光源	紫外线灯、一切高温物体、电弧。	高速粒子撞击固体	核反应
波的组成频率	波长：大 \longrightarrow 小 波动性：明显 \longrightarrow 不明显 频率：小 \longrightarrow 大 粒子性：不明显 \longrightarrow 明显					
观察方法	无线电技术	利用热效应 激发荧光 利用贯穿本领 照相底片感光（化学效应）				核技术
产生机理	LC 电路中电子的振荡	原子的外层电子受到激发			原子内层电子激发	原子核受到激发
特性	波动性强	热效应	引起视觉	化学作用、荧光效应、杀菌	贯穿作用强	贯穿本领最强
用途	通讯，广播，导航	加热烘干、遥感、医疗，导向等	照明，照相，加热	日光灯、紫外灯消毒、治疗皮肤病、荧光防伪等	检查探测，透视，治疗等	探测，治疗等

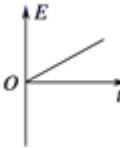
巩固练习

- 下列各组电磁波中，按波长由长到短排列正确的是（ ）
 - 红外线、紫外线、可见光、 γ 射线
 - γ 射线、紫外线、红外线、可见光
 - γ 射线、紫外线、可见光、红外线
 - 红外线、可见光、紫外线、 γ 射线
- 在真空中所有电磁波都具有相同的（ ）
 - 频率
 - 波长
 - 能量
 - 波速
- 医院常用 X 光机检查人的身体，X 光机利用了 X 射线的（ ）
 - 荧光效应
 - 灭菌消毒作用
 - 强穿透能力
 - 显著热效应

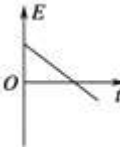
4. 下列现象能说明电磁波具有能量的是 ()
- ①电磁波能在真空中传播②微波炉能利用电磁波加热食物③太阳能热水器能将太阳能转化为内能④电磁波是纵波, 其中电场和磁场的方向处处相互垂直
- A. ①② B. ①③ C. ②③ D. ③④
5. 下列哪些不是紫外线的作用 ()
- A. 荧光效应 B. 促进人体合成维生素 D C. 杀死多种细菌 D. 遥控电视机和录象机
6. 由核反应产生, 且属于电磁波的射线是 ()
- A. α 射线 B. γ 射线 C. X 射线 D. 阴极射线
7. 电磁波与机械波具有的共同性质是()
- A. 都是横波 B. 都能传输能量 C. 都能在真空中传播 D. 都具有恒定的波速
8. 红外线测温仪对人体测温时, 换算成温度时, 还要考虑到红外线的频率组成, 比如, 温度高, 不仅红外线强, 而且红外线中的高频部分占比也会增加。另测得的结果受日常天气的影响不大, 则可以判断 ()
- A. 测到的红外线是人体本身产生的 B. 测温枪对遥控器产生的信号测量, 读数会很高
- C. 读数一定是所对准的皮肤的温度 D. 读数与测温枪距离皮肤的距离和角度没有关系
9. 下列说法正确的是 ()
- A. 电磁波在真空中以光速 c 传播 B. 在空气中传播的声波是横波
- C. 声波只能在空气中传播 D. 光需要介质才能传播
10. 无线电波、红外线、可见光、紫外线、X 射线、 γ 射线合起来, 形成了范围非常广阔的电磁波谱。下列应用中符合实际的是 ()。
- A. 医院里常用紫外线对病人进行透视
- B. 医院里常用 X 射线照射病房和手术室进行消毒
- C. 用红外射线处理医院排放的污水, 可杀死各种病原体, 保护环境免受污染
- D. 用 γ 射线照射马铃薯, 可防止其发芽, 以便长期保存
11. 某防空雷达发射的电磁波频率为 $f=3 \times 10^3$ MHz, 屏幕上尖形波显示, 从发射到接收经历时间 $\Delta t=0.4$ ms, 被监视的目标到雷达的距离是_____km; 该雷达发出电磁波的波长是_____m。
12. 下列电磁波中, 波长最长的是 ()
- A. 无线电波 B. 红外线 C. 紫外线 D. γ 射线
13. 关于电磁场和电磁波, 下列说法错误的是 ()
- A. 麦克斯韦首先预言了电磁波的存在
- B. 变化的电场一定产生变化的磁场
- C. 电磁场由发生区域向远处的传播就是电磁波
- D. 频率为 750kHz 的电磁波在真空中传播时, 其波长为 0.4×10^3 m
14. 电磁波在真空中传播的速度是 3.00×10^8 m/s, 有一个广播电台的频率为 90.0MHz, 这个台发射的电磁波的波长为 ()
- A. 2.70m B. 3.00m C. 3.33m D. 270m
15. 电磁波与声波比较不正确的是 ()
- A. 电磁波的传播不需要介质, 声波的传播需要介质
- B. 由空气进入水中时, 电磁波速度变小, 声波速度变大

- C. 由空气进入水中时, 电磁波波长变短, 声波波长变长
- D. 电磁波和声波在介质中的传播速度都是由介质决定的, 与频率无关
16. 一种电磁波入射到半径为 1 m 的孔上, 可发生明显的衍射现象, 这种波属于电磁波谱的区域是 ()
- A. γ 射线 B. 可见光 C. 无线电波 D. 紫外线
17. 下列说法正确的是 ()
- A. 在光的双缝干涉实验中, 若将入射光由绿光改为紫光, 则条纹间距变宽
- B. 在观察单缝衍射现象时, 若缝的宽度 d 越窄, 则衍射条纹越暗, 衍射现象越明显
- C. 电磁波和声波在介质中的传播速度, 都是由介质决定, 与频率无关
- D. 用红外线照射时, 钞票上用荧光物质印刷的文字会发出荧光
18. 某同学在研究性学习活动中, 用两个手机做实验. 他先将手机 A 设置为响铃模式, 并将它置于下列四种实验装置中, 然后用手机 B 拨号至手机 A. 若该同学听不到手机 A 的铃声, 但可以看到手机 A 显示手机 B 的号码, 则手机 A 是 ()
- A. 用普通玻璃杯罩住 B. 置于真空玻璃容器中
- C. 用透明塑料薄膜包住, 浸入纯净水中 D. 放在加速运动的实验小车内
19. 对于电磁波和声波, 以下说法正确的是 ()
- A. 它们都能在真空中传播 B. 它们都能发生干涉和衍射
- C. 它们的传播速度相同 D. 它们具有相同的波的特性和本质
20. 通常无线电视信号是通过电视塔发送的, 电视塔天线发送的是 ()
- A. 机械波 B. 超声波 C. 次声波 D. 电磁波
21. 电磁波由真空进入介质后, 发生变化的物理量有 ()
- A. 波长和频率 B. 波速和频率 C. 波长和波速 D. 频率和能量
22. 手机是移动通信设备之一。关于手机的认识, 正确的有 ()
- A. 既能发射电磁波, 也能接收电磁波 B. 只能发射电磁波, 不能接收电磁波
- C. 不能发射电磁波, 只能接收电磁波 D. 既不能发射电磁波, 也不能接收电磁波
23. 关于电磁波的应用, 下列说法不正确的是 ()
- A. 一切动物、墙壁、地面、车辆、飞机等都在不停地发射红外线
- B. 一切物体都能够发射紫外线, 如太阳、弧光灯发出的光中就包含紫外线
- C. x 射线能使包在黑纸里的照相底片感光
- D. γ 射线对人体正常细胞有很强的破坏作用
24. 如图是各电场的电场强度 E 随时间 t 的变化图象, 其中能向外发射的电磁波是 ()
- 

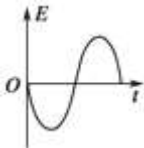
A.



B.



C.



D.
25. 一些电器设备同时具有发射和接收电磁波的功能, 但也有些设备只能发射或只能接收电磁波, 下面所列设备在工作时只是用来接收电磁波的是 ()
- A. 手机 B. 雷达 C. 微波炉 D. 收音机

参考答案

1. D 2. D 3. C 4. C 5. D 6. B 7. B 8. C 9. A 10. D
11. 60 0.1 12. A 13. B 14. C 15. D 16. C 17. B 18. B 19. B 20. D
21. C 22. A 23. B 24. D 25. D