

临床放射学
放射科医师函授专业大专试用教材

X线物理与防护

北京医科大学
中华医学会放射学会
1988北京

X线物理与防护

主	编	马	延	洪	
副	主	编	王	淑	云
编	写	金	家	美	
审	校	张	丹	枫	
		孙	立	亭	

北京医科大学
中华医学会放射学会
1988年 北京

前 言

我国地广人多，近年来医疗事业发展X线机普及到广大基层医疗卫生单位，由此产生了大量从事放射诊断工作的医务人员，鉴于放射专业技术干部的现实情况，为尽快提高专业队伍的技术水准，适应社会主义四化建设的实际需要，我们组织了国内放射学专家、教授主编了一套系列自学教材。教材共有八本：X线物理与防护、骨关节放射诊断学、呼吸系统放射诊断学、心血管系统放射诊断学、腹部放射诊断学、神经放射诊断学、五官放射诊断学、泌尿妇产放射诊断学。

教材的特点是通俗易懂、深入浅出，同时也结合了新技术（如B超、CT等），适合于自学。并附有大量X线线条图。由于线条图明显不同于X线照片，我们为弥补学习之不足，除X线物理与防护外，其余七册均组织了X线片幻灯资料以配合自学使用。部分书还编有自学思考题及习题解答，无疑有利于自学者。

我们期望自学者能在二年内，以1300学时结合教学大纲自学这八本书，而达到初级放射诊断医师水平。

由于编写时间仓促，水平有限，难免有错误及不到之处，恳切希望同志们及广大学员批评指正。

北京医科大学 中华医学会放射学会 全国放射诊断医师函授班

1988年7月

目 录

前 言

第一篇 X线物理	(1)
第一章 光的基本知识	(1)
第一节 对光的本性的认识	(1)
第二节 光的电磁理论与电磁谱	(2)
一、电磁波	(2)
(一) 电磁场理论	(2)
(二) 电磁波的基本性质	(2)
(三) 电磁波的波长、频率和波速	(3)
二、光的电磁理论	(3)
三、电磁谱	(4)
第三节 光的量子性	(7)
一、光电效应的实验规律	(7)
二、光电效应与波动论的矛盾	(8)
三、爱因斯坦的量子解释	(8)
第四节 光子的质量和动量	(10)
一、相对论的两个重要结论	(10)
(一) 质量与速度的关系	(10)
(二) 质量与能量的关系	(10)
二、光子的质量和动量	(11)
第五节 波粒二象征	(13)
习题 1—1	(14)
第二章 原子发光机理	(15)
第一节 原子结构	(15)
第二节 原子核外结构	(16)
第三节 原子发光机理	(18)
一、原子的能级	(18)
二、能级跃迁光辐射	(21)
习题 1—2	(23)
第三章 X线的产生和性质	(24)
第一节 X线的发现	(24)
第二节 X线的本质和特性	(25)

一、X线的本质	(25)
二、X线的特性	(26)
(一) 物理效应	(26)
(二) 化学效应	(27)
(三) 生物效应	(27)
第三节 X线的量与质	(27)
第四节 X线的产生	(28)
一、X线的产生条件	(28)
二、X线管	(29)
三、X线的产生装置	(30)
四、自整流和全波整流X线机电路	(32)
(一) 自整流X线机电路	(32)
(二) 全波整流X线机电路	(33)
第五节 X线的产生原理	(33)
一、电子与物质的相互作用	(33)
二、X线的产生原理	(35)
(一) 连续X线谱	(35)
(二) 特征X线谱	(38)
第六节 影响X线产生的有关因素	(40)
一、靶物质的影响	(40)
二、管电压的影响	(41)
三、管电流的影响	(41)
四、高压波形的影响	(42)
第七节 X线的产生效率	(42)
第八节 X线的空间分布	(43)
一、薄靶周围X线的空间分布	(43)
二、厚靶X线的空间分布	(43)
三、X线机周围剂量场的分布	(44)
习题 1—3	(50)
第四章 X线与物质的相互作用	(52)
第一节 概述	(52)
第二节 X线与物质相互作用的主要过程	(53)
一、光电效应	(53)
(一) 光电效应	(53)
(二) 线光电减弱系数与线光电能量转移系数	(54)
(三) 光电效应的几率	(54)
(四) 光电效应中的特征辐射	(55)
(五) 诊断放射学中的光电效应	(55)
(六) 光电子的角分布	(56)
二、康普顿效应	(56)

(一) 康普顿效应	(56)
(二) 反冲电子及散射光子的能量	(56)
(三) 康普顿效应的截面	(59)
(四) 线减弱系数和线能量转移系数	(60)
(五) 康普顿散射光子和反冲电子的角分布	(60)
三、电子对效应	(61)
第三节 X线与物质相互作用的其他过程	(62)
一、相干散射	(62)
二、光核反应	(63)
第四节 各种基本作用发生的相对几率	(63)
一、X线与物质相互作用的总结	(63)
二、原子序数 Z 和光子能量 $h\nu$ 与三种基本作用的关系	(64)
三、在诊断放射学中各种基本作用发生的相对几率	(64)
习题 1—4	(65)
第五章 X线在物质中减弱规律	(67)
第一节 单能窄束X线在物质中的减弱规律	(67)
一、窄束概念及其指数减弱规律	(67)
二、质量减弱系数、质能转移系数及质能吸收系数	(70)
(一) 质量减弱系数 μ/ρ	(70)
(二) 质能转移系数 μ_{tr}/ρ	(71)
(三) 质能吸收系数 μ_{en}/ρ	(72)
(四) 混合物和化合物的质量减弱系数和质能吸收系数	(76)
第二节 宽束X线在物质中的减弱规律	(78)
一、宽束X线在物质中的减弱规律	(78)
二、积累因子	(78)
第三节 连续能谱的X线在物质中的减弱规律	(81)
一、连续X线在物质中的减弱特点	(81)
二、X线的滤过	(82)
(一) 固有滤过	(82)
(二) 附加滤过	(82)
第四节 诊断放射学中X线的减弱	(85)
一、X线通过人体的减弱规律	(85)
二、诊断放射学中的散射线	(86)
(一) 照射面积的影响	(86)
(二) 被照射体厚度的影响	(87)
(三) 管电压的影响	(87)
第五节 影响X线减弱的因素	(87)
一、射线能量和原子序数对减弱的影响	(87)
(一) 射线能量和原子序数对作用类型的影响	(87)
(二) 射线能量对减弱的影响	(88)

(三) 原子序数对减弱的影响	(88)
二、密度对减弱的影响	(89)
三、每克电子数对减弱的影响	(89)
习题 1—5	(90)
第二篇 X 线剂量	(92)
第一章 X 线常用的辐射量和单位	(92)
第一节 照射量	(93)
一、照射量及其单位	(93)
(一) 照射量 X	(93)
(二) 照射量的单位	(94)
二、照射量率 \dot{X} 及其单位	(95)
第二节 吸收剂量	(96)
一、吸收剂量及其单位	(96)
(一) 吸收剂量 D	(96)
(二) 吸收剂量的单位	(96)
二、吸收剂量率 \dot{D} 及其单位	(97)
三、吸收剂量与照射量的关系	(97)
第三节 比释动能	(100)
一、比释动能与比释动能率	(100)
(一) 比释动能 K 及其单位	(100)
(二) 比释动能率 \dot{K} 及其单位	(100)
二、比释动能与吸收剂量的关系	(101)
(一) 带电粒子平衡	(101)
(二) 比释动能与吸收剂量的关系	(102)
(三) 比释动能和吸收剂量随物质深度的变化	(102)
三、比释动能概念的应用	(103)
第四节 剂量当量	(104)
一、剂量当量及其单位	(104)
(一) 剂量当量 H	(104)
(二) 剂量当量的单位	(105)
二、剂量当量率 \dot{H} 及其单位	(106)
三、有效剂量当量	(107)
(一) 辐射效应的危险度 r	(107)
(二) 有效剂量当量 H_E	(107)
四、集体剂量当量和集体有效剂量当量	(109)
(一) 集体剂量当量 S	(109)
(二) 集体有效剂量当量 S_E	(109)
习题 2—1	(109)
第二章 照射量的测定	(111)

第一节 标准电离室	(111)
第二节 实用型电离室	(113)
一、理想空腔电离室	(114)
二、实用型电离室	(114)
(一) 室壁厚度	(115)
(二) 电离室大小	(115)
(三) 仪器校正	(115)
三、NYL—Ⅲ型伦瑟计的使用	(116)
(一) 测量量程	(116)
(二) 仪器结构	(116)
(三) 工作原理	(117)
(四) 使用说明	(117)
第三节 照射量测量的其他方法	(119)
一、闪烁计数器	(119)
二、盖革—弥勒(G—M)计数管	(120)
习题 2—2	(211)
第三章 吸收剂量的测定	(122)
第一节 量热计测定法	(122)
第二节 电离室测定法	(123)
第三节 吸收剂量的估算法	(124)
习题 2—3	(126)
第四章 X线质的测定	(127)
第一节 半价层	(127)
第二节 半价层的测定	(128)
一、测定半价层的方法	(128)
二、影响半价层的因素	(128)
(一) 管电压、总滤过对半价层的影响	(128)
(二) FFD、FCD、线束 ϕ 对半价层的影响	(129)
第三节 有效能量和等值电压	(133)
习题 2—4	(135)
第三篇 X线防护	(136)
第一章 X线在医学上的应用	(136)
第一节 X线在诊断方面的应用与发展	(136)
一、X线透视	(136)
二、影像增强器及X线电视	(138)
(一) 影像增强器的结构和工作原理	(138)
(二) 影像增强器的优点	(139)
(三) 新型影像增强管	(140)
(四) X线电视	(140)

三、X线摄影·····	(140)
(一) 一般X线摄影·····	(140)
(二) 乳腺X线摄影·····	(141)
(三) 特殊X线摄影·····	(141)
四、造影检查·····	(142)
五、X线CT·····	(142)
六、X线诊断技术的发展趋势·····	(144)
七、X线诊断检查频率及其发展趋势·····	(145)
八、我国在X线应用中值得注意的几个问题·····	(149)
第二节 X线在治疗方面的应用与发展·····	(149)
一、X线在治疗方面的应用·····	(149)
二、X线在治疗方面的发展趋势·····	(150)
习题3—1·····	(151)
第二章 X线对人体的危害 ·····	(152)
第一节 辐射损伤概述·····	(152)
一、辐射损伤机理·····	(152)
二、影响辐射损伤的因素·····	(153)
(一) 辐射性质·····	(153)
(二) X线剂量·····	(153)
(三) 剂量率·····	(153)
(四) 照射方式·····	(153)
(五) 照射部位和范围·····	(153)
(六) 环境因素·····	(154)
第二节 慢性小剂量照射的生物效应·····	(154)
一、非随机效应·····	(155)
(一) 血液和造血器官的变化·····	(155)
(二) 眼晶体的改变·····	(155)
(三) 放射性皮肤损伤·····	(155)
二、随机效应·····	(158)
(一) 致癌作用·····	(158)
(二) 遗传效应·····	(159)
三、胎内照射效应·····	(160)
第三节 小剂量受照人员的医学观察·····	(161)
一、检查要求·····	(161)
二、检查项目·····	(161)
三、不适应症·····	(161)
四、远期随访观察·····	(162)
习题3—2·····	(162)
第三章 X线防护标准 ·····	(163)
第一节 辐射防护学概述·····	(163)

一、辐射防护学的特点	163
二、辐射防护学的任务和主要内容	163
三、近代辐射防护之趋向	164
第二节 辐射防护标准概述	164
一、辐射防护标准的演变	164
二、ICRP最新辐射防护标准	165
(一) 基本限值	165
(二) 推定限值	167
(三) 管理限值	167
(四) 参考水平	167
三、危险度在辐射防护标准中的应用	168
第三节 我国的放射防护标准	169
一、《放射防护规定》	169
二、拟订的《放射卫生防护标准》	170
(一) 放射工作人员的剂量限值	170
(二) 对公众的个人剂量限值	172
(三) 医疗照射的防护	172
(四) 教学中接触电离辐射时的剂量限值	172
(五) 放射工作场所的限值	172
(六) 其他标准限值	173
习题 3—3	173
第四章 X线防护原则	174
第一节 X线防护的目的	174
第二节 X线防护原则	174
一、剂量限制体系(制度)	174
(一) 辐射实践的正当化	174
(二) 辐射防护的最优化	174
(三) 个人剂量限值	175
二、防护外照射的一般方法	176
(一) 缩短受照时间	176
(二) 增大与X线源的距离	176
(三) 屏蔽防护	176
三、固有防护为主与个人防护为辅的原则	177
四、X线工作者和被检者防护兼顾的原则	177
五、合理降低个人受照剂量与全民检查频度	177
习题 3—4	177
第五章 X线屏蔽防护	178
第一节 屏蔽材料的防护性能	178
一、屏蔽材料的铅当量	178
(一) 铅当量	178

(二) 铅当量测定	(178)
(三) 常用材料的铅当量	(182)
二、屏蔽材料的散射量	(183)
(一) 散射量	(183)
(二) 散射量测定	(185)
(三) 散射线能量的测定	(185)
第二节 屏蔽材料的选择	(186)
一、常用的屏蔽防护材料	(187)
二、复合防护材料	(187)
三、碳纤维板材料	(188)
第三节 X线的屏蔽计算	(188)
一、计算X线屏蔽的依据	(188)
(一) X线的量和质	(188)
(二) 屏蔽材料的防护性能	(189)
(三) 屏蔽用途和距离	(189)
(四) 工作负荷	(189)
(五) 使用系数和占有系数	(189)
二、计算X线屏蔽的方法	(190)
(一) 利用屏蔽公式计算X线屏蔽	(190)
(二) 利用透射比计算X线屏蔽	(193)
(三) 利用减弱倍数计算X线屏蔽	(197)
(四) 直接用工作量求X线屏蔽	(194)
三、X线屏蔽计算方法评价	(197)
四、计算X线屏蔽时的注意事项	(198)
习题 3—5	(199)
第六章 医用诊断X线的防护	(200)
第一节 X线机的防护	(200)
一、X线机的防护设备	(200)
(一) 透视用X线机的防护设备	(200)
(二) 摄影用X线机的防护设备	(201)
二、X线机的防护性能	(201)
(一) 有用射线束照射量率的测试	(201)
(二) X线管头组装体漏射线照射量率的测试	(201)
(三) 防护区照射量率的测试	(203)
(四) 总滤过铅当量的测试	(205)
三、旧X线机的防护改进	(206)
(一) “管、遮、屏”防护装置	(206)
(二) 床侧板和X线机配套防护装置	(207)
(三) 减少漏射线量的措施	(209)
(四) 牙科X线机的防护改进	(209)

第二节 X线机房的防护设施·····	(210)
一、X线机房的建筑要求·····	(210)
二、X线机房内的防护设施·····	(211)
(一) 固定式防护设施·····	(211)
(二) 活动式防护设施·····	(212)
(三) 辅助防护用品·····	(214)
第三节 质量保证程序·····	(215)
一、X线机防护管理·····	(215)
二、安全操作规则·····	(215)
习题 3—6·····	(216)
第七章 医用治疗X线的防护·····	(218)
第一节 医用治疗X线机的防护规定·····	(218)
一、技术要求·····	(218)
(一) 对X线管头组装体漏射线的规定·····	(218)
(二) 对遮线筒有用线束透过率的规定·····	(219)
(三) 对有用线束不对称性的规定·····	(219)
(四) 其他技术要求·····	(219)
二、检验方法·····	(220)
第二节 医用治疗X线防护规则·····	(220)
一、防护设施·····	(220)
二、操作规则·····	(221)
习题 3—7·····	(221)
第八章 被检者和患者的防护·····	(221)
第一节 人类的辐射环境·····	(222)
一、天然辐射源·····	(222)
二、人工辐射源·····	(223)
第二节 医疗照射的剂量水平和危险度估计·····	(223)
一、X线诊断中被检者接受剂量的水平·····	(226)
二、X线诊断检查的危险度估计·····	(229)
第三节 医疗照射的控制原则·····	(226)
第四节 被检者和患者的防护措施·····	(230)
一、提高有关人员的放射防护知识水平·····	(230)
二、正确的临床判断与合适的检查方法·····	(230)
(一) 应用X线检查和治疗的指征·····	(230)
(二) 选择合适的检查方法·····	(231)
三、采用恰当的X线质和量·····	(232)
四、认真控制照射野范围·····	(233)
五、注意非照射部位的屏蔽防护·····	(234)
六、提高记录系统的灵敏度·····	(235)
七、避免操作失误·····	(235)

八、严格执行安全操作规则	236
第五节 医疗照射的剂量估算	236
一、利用X线机输出额估算器官剂量	237
二、利用深部剂量分布估算组织剂量	240
(一) 表面反散射系数 b	240
(二) 百分深度剂量 P	241
(三) 组织剂量计算	242
三、利用器官——空气比计算器官剂量	244
(一) 器官——空气比 F	245
(二) 器官剂量计算	247
习题 3—8	248
第九章 X线防护监测	249
第一节 场所辐射监测	249
一、场所辐射监测的目的和内容	249
二、场所辐射监测的方法和仪器	249
第二节 个人剂量监测	251
一、个人剂量监测的目的	251
二、个人剂量监测方法	251
(一) 施行个人剂量监测的工作条件	251
(二) 个人剂量监测方法	251
(三) 个人剂量评价方法	252
(四) 个人剂量监测记录	253
三、个人剂量监测仪	254
(一) 个人剂量笔	255
(二) 胶片剂量计	255
(三) 荧光玻璃剂量计	256
(四) 热释光剂量计	256
(五) 个人剂量报警器	257
四、个人剂量估算	258
(一) 利用辐射场照射量率估算个人剂量	258
(二) 根据工作量估算个人剂量	258
(三) 利用器官——空气比估算个人剂量	259
习题 3—9	261
学生实验	262
实验一 稀薄气体放电和阴极射线的研究	262
实验二 验证X线的特性	264
实验三 减弱系数的实验测定	264
实验四 照射量的测定	266
实验五 半价层的测定	268
实验六 铅当量的测量	271

实验七	散射线量的测定	(273)
实验八	X线卫生防护调查	(274)
实验九	剂量监测仪的使用	(275)
实验十	透视用X线机防护性能测试	(275)

附录

附录一	SI 单位制简介	(278)
附录二	常用物理常数和单位换算系数	(281)
附录三	医学物理标准男人数据	(283)
附录四	附表	(284)
附表 1	元素周期表	(285)
附表 2	e^{-x} 函数表	(286)
附表 3	f' 系数表	(287)
附表 3.1	f' 甲状腺系数值	(289)
附表 3.2	f' 卵巢系数值	(290)
附表 3.3	f' 睾丸系数值	(291)
附表 3.4	f' 肺系数值	(292)
附表 3.5	f' 乳腺系数值	(293)
附表 3.6	f' 子宫(胚胎)系数值	(294)
附表 3.7	f' 红骨髓系数值	(295)
附表 3.8	f' 全身系数值	(296)
附录五	附图	(284)
附图 1	X线机输出额 \dot{X} 。与焦皮距的关系	(298)
附图 2	距焦点10厘米处输出额 \dot{X} 。与管电压(脉冲)的关系	(298)
附图 3	距焦点10厘米处输出额 \dot{X} 。与管电压(恒压)的关系	(298)
附图 4	距焦点1米处输出额 \dot{X} 。与管电压(恒压)的关系	(298)
附图 5	距焦点10厘米处输出额 \dot{K} 。与管电压(恒压)的关系	(299)
附图 6	距焦点1米处输出额 \dot{K} 。与管电压(恒压)的关系	(299)
附表 7	距焦点1米处输出额 \dot{K} 。与管电压(恒压)关系	(299)
附图 8	距焦点75厘米处输出额 \dot{K} 。与管电压(恒压)的关系	(299)
附图 9	平均每单位照射量的骨髓剂量与光子能量的关系	(300)
附图 10	平均每单位照射量的睾丸剂量与光子能量的关系	(300)
附图 11	平均每单位照射的卵巢剂量与光子能量的关系	(300)
附图 12	X线透过铅时的透射量 B 与屏蔽厚度的关系	(300)
附图 13	X线透过铅时的透射量 B 与屏蔽厚度的关系	(301)
附图 14	X线透过有机玻璃时的透射量 B 与屏蔽厚度的关系	(301)
附图 15	X线透过软钢时的透射量 B 与屏蔽厚度的关系	(301)
附图 16	X线透过软钢时的透射量 B' 与屏蔽厚度的关系	(301)
附图 17	X线透过有机玻璃时的透射量 B' 与屏蔽厚度的关系	(302)
附图 18	X线透过铅时的透射量 B' 与屏蔽厚度的关系	(302)

附图19	X线透过铅时的透射量 B' 与屏蔽厚度的关系	(302)
附图20	X线透过混凝土时的透射量 B' 与屏蔽厚度的关系	(302)
附图21	宽束X线(脉动电压)穿过混凝土时的透射比 η 与屏蔽厚度的关系	(303)
附图22	宽束X线(恒压)穿过铅时的透射比 η 与屏蔽厚度的关系	(303)
附图23	宽束X线穿过铅时的透射比(穿透率) η 与屏蔽厚度的关系	(303)
附图24	宽束X线(脉动高压)穿过铅时的透射比 η 与屏蔽厚度的关系	(303)
附录六	教学大纲	(304)

第一篇 X 线物理

第一章 光的基本知识

第一节 对光的本性的认识

X线又称X光，它具有光的一切通性，是光的一部分。为了研究和掌握有关X线的知识，并为X线剂量与防护以及其它专业课的学习奠定物理学基础，我们要先学习有关光的基本知识。

光到底是什么？这是三百年来一直争论不休的老问题。正是这种对光的本性的探讨，有力地推动了物理学的发展。

在十七世纪关于光的本性存在两派不同学说。一派是以牛顿为代表的“微粒说”，认为光是从光源发出的一种高速粒子流，并以此观点解释了光的反射定律，但它难以说明光的衍射现象。几乎在同一时期，以惠更斯为代表的另一派物理学家提出了光的波动学说，认为光是在媒质中传播的一种波动。他从光和声的某些现象的相似性出发，认为光是在“以太”中传播的波。所谓“以太”则是一种假想的弹性极大的媒质，它充满于整个宇宙空间。波动说虽然成功地解释了光的反射和折射现象，但它没有把波动过程的特性给予充分地说明，更没有指出光现象的周期性和波长、频率的概念。因此，他也不能说明光的干涉、衍射等有关光的波动本性的现象。在这一时期“微粒法”一度成为物理学中光学的主流派，波动说居次要地位。

光的理论在十八世纪没有什么进展。到了十九世纪，已经初步形成了波动光学体系。1845年法拉第发现了光的振动面在强磁场中旋转，从而揭示了光现象与电磁现象的内 在联系。

十九世纪七十年代麦克斯韦发展了光的波动说，并建立了光的电磁理论。他认为光波实际上是电磁波的一种，并从本质上证明了光和电磁现象的统一性。这个理论在1888年被实验所证实。实验从波长和频率来测定电磁波的传播速度，发现它恰好等于光速。至此，光的电磁理论被确认了，这是人类对光的本性在认识上的一次飞跃。实验证明光的传播可以不需要介质，“以太”是根本不存在的。但机械波如声波和超声波则必须在弹性媒质中传播。

十九世纪末到二十世纪初，随着X线和放射性相继被发现，人类对物质结构的认识逐步深入，光学的研究发展到光的发生、光和物质相互作用的微观机构中去。光的电磁理论的主要困难是不能解释光和物质的相互作用的某些现象，如光电效应等。1900年普朗克提出了辐射的量子论，认为各种频率的电磁波只能以一定的能量子方式从振源发射出去，能量子是不连续的。1905年爱因斯坦发展了普朗克的能量子假说，把量子论贯穿到整个辐射和吸收过程中，提出了杰出的光子理论，圆满地解释了光电效应等现象。这一理论指出光子是和光的频率联系着的。至此，人们一方面从光的干涉、衍射等现象中证实了光的波动性；另一方面又

从光电效应等现象中证实了光的量子性，从而证明光同时具有波粒二象性。

事实上，不仅光具有波粒二象性，而且一切习惯概念上的实物粒子同样具有这种二象性。场和粒子是个统一体，只有在不同的实验条件下表现不同。例如在干涉和衍射的条件下，更多地表现出波动性；而在原子吸收和发射时则更多地表现出量子性。

光和一切微观粒子都具有波粒二象性。这个认识进一步推动人们去更深入地探索光和物质的本质，包括实物和场的本质问题。人类对光的本性的认识并不以此为止，仍需继续探索和研究。

第二节 光的电磁理论与电磁谱

一、电磁场

(一) 电磁场理论

该理论是 1863 年麦克斯韦提出，后来经赫芝的实验所证实。根据这个理论可知电磁场（即光场）具有波动的性质，并可推算出其传播速度就等于光速。

电磁场理论的要点是：

1. 不仅电荷能产生电场，变化的磁场也能产生电场。这一电场的强弱全决定于磁场变化的快慢。如果磁场随时间的变化是均匀的，它所激发的电场是稳定的；如果磁场随时间的变化是不均匀的，它所激发的电场是随时间变化的。

2. 不仅电流能产生磁场，变化的电场也能激发磁场。这一磁场的强弱完全决定于电场变化的快慢。如果电场随时间的变化是均匀的，它所激发的磁场是稳定的，如果电场随时间的变化是不均匀的，它所激发的磁场是随时间变化的。

根据这个理论，如果在空间某一区域变化的电场（或变化磁场）；那么在邻近区域就将引起变化磁场（或变化电场）；这种变化磁场（或变化电场）又在较远区域引起新的变化电场（或变化磁场），这样继续下去，变化电场和变化磁场连续激发，由近及远，并以有限的速度传播的过程，就称为电磁波。

(二) 电磁波的基本性质

1. 图 1·1·1 所示，电磁波的电场（E）方向平行于 Y 轴，磁场（H）方向平行于 Z 轴，传播则沿 X 方向。这表明电磁波是横波。

2. 沿给定方向传播的电磁波，E 和 H 分别在各自的平面上振动，这一特性称为偏振性。

3. 电场强度（E）和磁场强度（H）按同相位变化，就是说二者的变化步调一致。

4. 变化电场和变化磁场以相同的波速 $V = \frac{1}{\sqrt{\epsilon\mu}}$ 传播。波速 V 决定于介质的介电常数 ϵ 和磁导率 μ 。

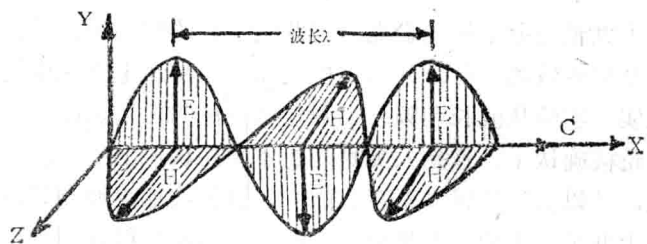


图 1·1·1 平面电磁波