



全国高等教育自学考试

光纤通信原理 同步练习册

全国高等教育自学考试指导委员会 组编
叶险峰 编著

(2002年版)
浙江大学出版社

Q · G · G · D · J · Y · Z · X · K · S

全国高等教育自学考试

光纤通信原理同步练习册

(2002 年版)

全国高等教育自学考试指导委员会组编

叶险峰 编著



浙江大學出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

光纤通信原理同步练习册 / 全国高等教育自学考试指导委员会组编; 叶险峰编著. — 杭州: 浙江大学出版社, 2002. 3

ISBN 7-308-02916-6

I. 光... II. ①全... ②叶... III. 光纤通信—通信理论—高等教育—自学考试—自学参考资料
IV. TN929.11

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 009337 号

出版发行 浙江大学出版社

(杭州浙大路 38 号 邮政编码 310027)

(E-mail: zupress@mail.hz.zj.cn)

(网址: <http://www.zjupress.com>)

责任编辑 徐宝澍

排 版 浙江大学出版社电脑排版中心

印 刷 浙江广育报业印务有限公司

开 本 850mm×1168mm 1/32

印 张 3.5

字 数 88 千

版 印 次 2002 年 3 月第 1 版 2002 年 3 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 7-308-02916-6/TN·063

定 价 6.50 元

组 编 前 言

依靠自己的力量,在有限的时间里学习一门新学科,从不懂到懂,从不会到会,从不理解到理解,从容易遗忘到记忆深刻,从不会应用到熟练应用,从模仿到创新,把书本知识内化为自己的知识,是一个艰难的过程。在这个过程中,自学者不仅需要认真钻研考试大纲,刻苦学习教材和辅导书,还应该做适量的练习,把学和练有机地结合起来,否则,就不能达到预定的学习目标。“纸上得来终觉浅,绝知此事要躬行”。这是每一位自学者都应遵循的信条。

编写练习,同样是件不容易的事。它对编写者提出了相当高的要求:

有较深的学术造诣。

有较丰富的教学经验。

对高等教育自学考试有深刻的理解并有一定的辅导自学者的经历。

对考试大纲、教材、辅导书有深入的了解,对文中的重点、难点、相互联系等有准确的理解。

对自学者学习需要和已有的知识基础有一定的了解。

只有把这些因素融会在一起,作者才能编写出高质量的,有利于举一反三、事半功倍的练习。

基于以上考虑,我们组织编写出版了同步练习册,使之与考试大纲、教材、自学辅导书相互补充,形成一个完整的学习媒体系统。

之所以把这些练习称为同步练习,是因为:

第一,它与考试大纲、教材的内容及顺序是一致的。按照考试

大纲、教材的章、节、知识点的顺序编选习题,方便自学者循序渐进地学习与练习。

第二,它与自学者学习过程是一致的。自学过程大体包括初步接触、大体了解、理解、记忆、应用、创新、复习等阶段。在每一个阶段,自学者都容易找到相应的练习。

如此学与练同步的方式,有利于激发自学的兴趣与动机,有利于集中注意力于当前所学的内容,有利于理解、巩固、记忆、应用,尤其有利于自学者及时知道自己的学习状态与结果,以便随时调整学习计划,在难度较大处多投入精力。

基于对学习目标的考虑,我们把同步练习大致分为四类:

第一,单项练习:针对一个知识点而设计的练习。其目的在于帮助自学者理解和记忆基本概念和理论。

第二,综合练习:针对几个知识点而设的练习。这又可分为在本章综合、跨章综合、跨学科综合三级水平。其目的在于帮助自学者把相关知识联系起来,形成特定的知识结构以便灵活地应用。

第三,创造性练习:提供一些案例、事实、材料,使考生应用所学到的理论、观点、方法创造性地解决问题。这类问题可能没有统一的答案,只有一些参考性的思路。其目的很明显,就是培养自学者创新意识和能力。

第四,综合自测练习:在整个学科范围内设计练习,尽量参照考试大纲的题型,组成类似考卷的练习。其目的在于使自学者及时检测全部学习状况,帮助自学者作好迎接统一考试的知识及心理准备。

希望应考者在使用同步练习之前了解我们的构想,理解我们的意图,以便主动地选择适合自己学习的练习题目。

孔子说:“学而时习之,不亦乐乎。”一边学,一边练,有节奏、有规律地复习,不仅提高了学习效率,也会给艰难的学习过程带来不少的快乐。圣人能够体会到这一点,我们每一位自学者同样能体会

到。如果通过这样的学习过程,实现了学习目标,实现了人生的理想,实现了对自我的不断超越,那么,我们说这种学习其乐无穷也毫不夸张。

全国高等教育自学考试指导委员会

2000 年 10 月

目 录

✓ 第 0 章 预备知识	1
0.1 重要公式	1
0.2 复习思考题与解答	2
0.3 例题	5
0.4 综合练习题	5
✓ 第 1 章 概述	7
1.1 复习思考题与解答	7
第 2 章 介质薄膜波导	9
2.1 重要公式	9
2.2 复习思考题与解答	9
2.3 习题与解答	11
2.4 例题	13
2.5 综合练习题	14
2.5.1 填空题	14
2.5.2 计算题	14
✓ 第 3 章 光导纤维和光缆	15
3.1 重要公式	15
3.2 复习思考题与解答	16

3.3	习题与解答	19
3.4	例题	21
3.5	综合练习题	22
3.5.1	选择题	22
3.5.2	填空题	23
3.5.3	计算题	24
✓ 第4章	光源和光发射机	25
4.1	重要公式	25
4.2	复习思考题与解答	26
4.3	习题与解答	29
4.4	综合练习题	30
4.4.1	选择题	30
4.4.2	填空题	32
4.4.3	计算题	32
✓ 第5章	光电检测器和光接收机	34
5.1	重要公式	34
5.2	复习思考题与解答	34
5.3	习题与解答	36
5.4	综合练习题	38
5.4.1	选择题	38
5.4.2	填空题	39
5.4.3	计算题	39
第6章	光纤通信系统	42
6.1	重要公式	42
6.2	复习思考题与解答	42

6.3	习题与解答	45
6.4	例题	47
6.5	综合练习题	49
6.5.1	选择题	49
6.5.2	填空题	50
6.5.3	计算题	50
✓ 第7章	同步数字体系(SDH)	53
7.1	重要公式	53
7.2	复习思考题与解答	53
7.3	习题与解答	56
7.4	综合练习题	58
7.4.1	选择题	58
7.4.2	填空题	59
✓ 第8章	光放大器	61
8.1	重要公式	61
8.2	复习思考题与解答	61
8.3	综合练习题	64
8.3.1	选择题	64
8.3.2	填空题	64
8.3.3	计算题	65
第9章	现代光纤通信技术介绍	66
9.1	重要公式	66
9.2	复习思考题与解答	66
9.3	综合练习题	68

第 10 章 光纤及光纤通信系统的测量	70
10.1 重要公式	70
10.2 复习思考题与解答	70
10.3 综合练习题	73
附录 I 练习题答案	74
附录 II-1 光纤通信原理模拟试题 1	81
附录 II-2 光纤通信原理模拟试题 2	85
附录 II-3 光纤通信原理模拟试题 1 参考答案	90
附录 II-4 光纤通信原理模拟试题 2 参考答案	94
参考书目	98
后 记	99

第 0 章 预备知识

0.1 重要公式

麦克斯韦方程组: 积分形式

$$\oint \vec{H} \cdot d\vec{l} = \int (\vec{J} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}) \cdot d\vec{S}$$

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{l} = - \int \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \cdot d\vec{S}$$

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{S} = 0$$

$$\oint \vec{D} \cdot d\vec{S} = q$$

微分形式

$$\nabla \times \vec{H} = \vec{J} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}$$

$$\nabla \times \vec{E} = - \frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$$

$$\nabla \cdot \vec{B} = 0$$

$$\nabla \cdot \vec{D} = \rho$$

波动方程: $\nabla^2 \vec{E} - \mu\epsilon \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2} = 0$

$$\nabla^2 \vec{H} - \mu\epsilon \frac{\partial^2 \vec{H}}{\partial t^2} = 0$$

亥姆霍兹方程式: $\nabla^2 \vec{E} + k^2 \vec{E} = 0$

$$\nabla^2 \vec{H} + k^2 \vec{H} = 0$$

平面波

$$\text{传播速度 } v = \frac{\omega}{k} = \frac{1}{\sqrt{\mu\epsilon}}, k = \omega \sqrt{\mu\epsilon}$$

$$\text{相位常数(波数)} \quad k = \frac{\omega}{v} = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{2\pi}{\lambda_0} \cdot n = k_0 n$$

斯奈耳定律: $\theta_1 = \theta_1$ (反射定律)

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2 \text{ (折射定律)}$$

$$\text{菲涅尔公式: } R = \frac{E'_{01}}{E_{01}} = |R| e^{j_1 \phi_1}$$

$$T = \frac{E_{02}}{E_{01}} = |T| e^{j_2 \phi_2}$$

水平极化波

$$R = \frac{n_1 \cos \theta_1 - n_2 \cos \theta_2}{n_1 \cos \theta_1 + n_2 \cos \theta_2}$$

$$T = \frac{2n_1 \cos \theta_1}{n_1 \cos \theta_1 + n_2 \cos \theta_2}$$

垂直极化波

$$R = \frac{n_2 \cos \theta_1 - n_1 \cos \theta_2}{n_2 \cos \theta_1 + n_1 \cos \theta_2}$$

$$T = \frac{2n_1 \cos \theta_1}{n_2 \cos \theta_1 + n_1 \cos \theta_2}$$

$$\text{临界角: } \sin \theta_c = \frac{n_2}{n_1}$$

全反射条件: $n_1 > n_2$

$$\theta_c < \theta_1 < 90^\circ$$

0.2 复习思考题与解答

1. 麦克斯韦方程组各方程式的含义是什么?

答:麦克斯韦方程组中各方程式的含义依次是

(1) 表示电场随时间变化,将产生变化磁场,称为全电流定律。

(2) 表示变化的磁场,将感应出变化电场,称为电磁感应定律,又称法拉第定律。

(3) 表示磁力线是闭合的,无头无尾的,称为磁通连续性定理。

(3) 表示电位移矢量与源之间的关系,称为高斯定理。

2. 什么是均匀平面波?

答:所谓均匀平面波是指在与传播方向垂直的无限大平面的每个点上,电场强度 E 的幅度相等、相位相同,磁场强度 H 的幅度也相等、相位也相同。

3. 当平面波投射到两种介质的分界面时,将产生什么现象?用什么定律来说明,其表示式是什么?

答:平面波沿 k_1 方向由介质 I 射到两介质的分界面上,这时将产生反射和折射。

反射和折射的基本规律是用斯奈尔定律和菲涅尔公式表示。

斯奈尔定律说明反射波、折射波与入射波方向之间的关系。

菲涅尔公式表明反射波、折射波与入射波的复数振幅之间的关系。

4. 什么是临界角?写出其表示式。

答:折射角刚好达到 90° 时的入射角称为临界角,用 θ_c 表示,

$$\sin\theta_c = \frac{n_2}{n_1}$$

5. 什么是反射系数?什么是折射系数?

答:反射波与入射波的复数振幅之比,称为反射系数;折射波与入射波的复数振幅之比,称为折射系数。

6. 什么是水平极化波?什么是垂直极化波?

答:电场矢量与分界面平行的平面波叫做水平极化波;磁场矢

量与分界面平行的平面波叫做垂直极化波。

7. 什么是全反射?全反射的条件是什么?

答:当 $n_1 > n_2$ 时, $\theta_2 > \theta_1$, 如果进一步增大入射角 θ_1 , 则折射角 θ_2 也随着增大。当入射角增加到某一值时, 折射角 θ_2 将可达到 90° 。这时折射光将沿界面传播。若入射角 θ_1 再行增大, 光就不再进入第二种介质, 入射光全部被反射回来。这种现象称为全反射。

全反射的条件是: $n_1 > n_2, \theta_c < \theta_1 < 90^\circ$

8. 写出介质 I 中合成波的表示式, 并说明其物理意义。

答: 介质 I 中的合成波

$$E = 2E_{01} \cos(k_{1x}x + \Phi_1) e^{-j(k_{1z}z - \Phi_1)}$$

第一项 $\cos(k_{1x}x + \Phi_1)$ 是合成波表达式的幅度中的一部分, 这是一种驻波的形式, 说明合成波沿 x 方向按三角函数规律变化, 呈驻波分布;

第二项 $e^{-j(k_{1z}z - \Phi_1)}$ 在表达式中是相位成分, 可看出相位随 z 的增大而落后, 即相位随传播距离 z 的增大而落后。故此项表示一个沿 z 传播的成分, 即沿 z 方向是呈行波状态。

9. 写出介质 II 中波的表示式, 并说明其物理意义。

$$\text{答: } E_2 = E_{01} |T| e^{-\alpha x} \cdot e^{-j(k_{2z}z - \Phi_1)}$$

式中包含两个因子, 随 z 方向变化的相位因子为 $e^{-j(k_{2z}z - \Phi_1)}$, 它说明沿 z 方向呈行波状态, 其相位常数 k_{2z} 与介质 I 相位常数相同。说明介质 I 中的波和介质 II 中的波是一个统一波型的两部分, 它们以相同速度沿 z 方向传播。

随 x 方向变化的因子是 $e^{-\alpha x}$, 它是描述幅度变化情况的因子。介质 II 中波的幅度随离开界面的距离越远而呈指数式的减小, 减小的速度以参量 α 来决定, α 称为 x 方向的衰减常数。

10. 什么是导行波?

答: 电磁波的能量被限制在波导芯子(包括金属波导或介质波导)和芯子附近, 并且沿与界面平行的方向传输, 被介质表面所导

行的电磁波称为导行波,简称为导波。

0.3 例题

(1) 光从空气($n_1 = 1$)射进玻璃($n_2 = 1.5$),分别求入射角 $\theta_i = 0^\circ$ 和 $\theta_i = 15^\circ$ 时的透射角。

解:根据斯奈耳定律,

$$n_1 \sin \theta_i = n_2 \sin \theta_t$$

当 $\theta_i = 0^\circ$ 时, $n_2 \sin \theta_t = 0$, 则 $\theta_t = 0$;

当 $\theta_i = 15^\circ$ 时, $\sin \theta_t = \frac{n_1}{n_2} \sin \theta_i = 0.17$, 则 $\theta_t = 9.94^\circ$ 。

(2) 上题中光从玻璃中穿出重新进入空气。假定第二个界面平行于第一个界面。新的入射角为 9.94° 。求折射光的方向。

解:根据斯奈耳定律,

$$n_1 \sin \theta_i = n_2 \sin \theta_t$$

$\theta_i = 9.94^\circ, n_1 = 1.5, n_2 = 1$, 则

$$\sin \theta_t = \frac{n_1}{n_2} \sin \theta_i = \frac{1.5}{1} \sin 9.94^\circ = 0.259$$

则 $\theta_t = 15^\circ$

0.4 综合练习题

0.4.1 填空题

(1) 光波是一种电磁波,说明电磁波行为的基本方程是

其微分形式为

(2) 所谓波动方程就是将无源麦氏方程联立得到的方程。各向同性媒质的波动方程为

(3) 矢量的亥姆霍兹方程为

在直角坐标系中, 标量的亥姆霍兹方程为

(4) 平面波在同一种物质中是沿直线传播的, 当遇到两种物质的交界面时, 将产生_____和_____现象。若入射角大于临界角, 则电磁波不再进入第二种物质, 而由界面全部反射回第一种物质, 这种现象称为_____。

反射定律_____

折射定律_____

临界角_____

全反射条件_____

(5) 导行波

电磁波的能量被限制在波导芯子(包括金属波导或介质波导)和芯子附近, 并且沿与界面平行的方向传输, 被介质表面所导行的电磁波称为_____。

第 1 章 概 述

1.1 复习思考题与解答

1. 什么是光通信和光纤通信？

答：利用光波作为载频的通信方式，称为光通信。如果传光的媒介是采用光导纤维（简称为光纤），则这种通信方式就是光纤通信。

2. 光（电磁波）的传播形态分成哪几类？

答：根据传播方向上有无电场分量或磁场分量，可将光（电磁）波的传播形态分成如下三类：

TEM 波：在传播方向上没有电场和磁分量，称为横电磁波。

TE 波：在传播方向上有磁场分量但无电场分量，称为横电波。

TM 波：在传播方向上有电场分量而无磁场分量，称为横磁波。

3. 光纤通信主要有哪些优点？

答：（1）传输频带宽，通信容量大。

（2）传输损耗小。

（3）抗电磁干扰能力强。

（4）线径细，重量轻。

（5）资源丰富。