

《3.7 取样定理及其应用》教学设计

课程名称	信号与系统	课程学时	72 学时
讲授内容	3.7 取样定理及其应用	开课时间	大学二年级第二学期
讲授时长	45 分钟	教学对象	2021 级电信 12 班
一、课前系统部分——教学分析			
1. 教材分析			
<p>取样定理是本教材第三章第七节的内容，位于教材第 131-139 页。该节内容前，学生已经学习了连续系统的时域和频域分析，了解了时域和频域之间的对应关系。取样是对模拟信号进行时间离散的过程，是模拟信号数字化即 A/D 转换的第一个步骤，为本章的重要基础知识点之一，也为后续课程《通信原理》中的量化、编码等内容的学习打下前期基础。</p>			
2. 教学说明			
内容说明	<p>本讲首先通过不同点阵效果的 LED 显示图片和一小段视频引出生活中的取样效果，接着从专业角度通过电路图展示取样的实现原理，并辅以时域和频域动画展示，引导学生思考和总结出取样需要满足的条件，在展示取样定理具体内容的基础上进行课堂例题的讲解，并请同学上黑板书写课堂练习题的答案。介绍完取样定理意义和应用后，教师采用 Matlab 软件进行一段音频信号的取样，让学生切实体会到不同取样频率所得到的不同语音效果，从而了解取样的工程应用。由此，从生活中的取样，到取样定理的原理、意义和工程应用全部向学生呈现，这有利于学生更深刻体会自己所学知识的作用，进一步提高学生学习的潜动力。</p>		
思政引入	<p>俗话说，食品安全大于天！作为人类个体的我们，一日三餐必不可少，而随着科学技术的发展，我们身边出现了更多的“科技与狠活”。本讲在引入取样时采用三张不同显示效果的 LED 点阵图片，让学生初步感受生活中的取样，而图片中的文字均为与食品安全有关的宣传语。在紧接着的“动画是连续画面的取样”讲解中，采用的也是食品安全科普视频。课堂中，介绍完取样定理的内容、意义和应用之后，通过学习讨论活动——“生活中的取样有哪些？”引导学生寻找和发现生活中的取样，并展示某市场监督管理局利用食品快速检测仪器进行取样检测的图片，引导学生从各方面注意食品安全：我们除了作为一名普通的消费者，要注意购买有质量保障的产品外，作为一名电子信息工程专业的学生，我们可以努力学好专业技术知识，将来设计出更方便且价格亲民的检测仪，助力人们过上安全健康的幸福生活。</p>		
3. 学情分析			
<p>在学习本讲之前，学生已经掌握了连续系统的时域和频域分析方法，了解了时频域之间的对应关系，且在其它专业课程中已经接触过 A/D 转换的概念。本讲只需先借助生活中的取样实例，让学生初步接触取样的概念，然后借助时域、频域动画，加深学生对取样定理的理解，并通过例题讲解和 Matlab 软件语音采样演示，加强学生理论知识和</p>			

实际应用之间的连接，为后续《通信原理》课程中的量化和编码等内容的学习做铺垫，也让学生明白学有所用，并慢慢热爱所学。

4. 教学目标

知识目标	1. 理解取样定理在 A/D 转换中的地位； 2. 掌握取样定理的内容； 3. 理解取样定理的实践与应用。
能力目标	通过时频域动画、Matlab 微课演示等方法向学生展示取样定理的内容和实际应用，引导学生通过多种方式验证所学知识，了解并逐步掌握 Matlab 工程分析技能，为将来参加工作做好一定准备。
情感目标	1. 通过将取样与实际生活相联系，让学生理解所学知识并非纯粹理论，而是于生活中无处不在，引导学生平时积极探索生活与所学知识的联系，逐步发现学习之美，爱上专业学习。 2. 通过食品安全话题的引入，引导学生平时注意注意食品安全，并且将来有能力时可以设计出实用的食品安全测试仪，方便人们的生活，为保障健康生活出一份力，由此，还可以引导学生热爱生活，热爱人民，热爱创作发明。

5. 教学内容、重点与难点

教学内容	1. 取样定理的内容； 2. 取样定理的意义与应用。
教学重点	取样定理的内容
教学难点	取样定理的意义与应用

6. 教学策略

板书设计	<p style="text-align: center;">3.7 取样定理及其应用</p> <p>一、取样信号</p> $f_s(t) = f(t) \cdot \delta_T(t)$ $F_s(\omega) = \frac{1}{2\pi} [F(\omega) * S_\delta(\omega)]$ $= \frac{1}{T_s} \sum_{k=-\infty}^{\infty} F(\omega - k\omega_s)$ <p>二、取样定理</p> $f_s(t) \geq 2f_m$ <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 20px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">演算区</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">内容回顾区</div> </div>														
教学时间设计	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 80%;">1. 课前回顾</td> <td style="text-align: right;">……………1 分钟</td> </tr> <tr> <td>2. 课程引入</td> <td style="text-align: right;">……………4 分钟</td> </tr> <tr> <td>3. 新课讲解</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="padding-left: 20px;">一、取样定理的实现原理和时、频域表达式及时、频域动画展示</td> <td style="text-align: right;">……………8 分钟</td> </tr> <tr> <td style="padding-left: 20px;">二、取样定理的内容展示、例题讲解、课堂练习题讲解</td> <td style="text-align: right;">……………12 分钟</td> </tr> <tr> <td style="padding-left: 20px;">三、取样定理的意义和工程应用</td> <td style="text-align: right;">……………9 分钟</td> </tr> <tr> <td style="padding-left: 20px;">四、学习通讨论活动</td> <td style="text-align: right;">……………9 分钟</td> </tr> </table>	1. 课前回顾	……………1 分钟	2. 课程引入	……………4 分钟	3. 新课讲解		一、取样定理的实现原理和时、频域表达式及时、频域动画展示	……………8 分钟	二、取样定理的内容展示、例题讲解、课堂练习题讲解	……………12 分钟	三、取样定理的意义和工程应用	……………9 分钟	四、学习通讨论活动	……………9 分钟
1. 课前回顾	……………1 分钟														
2. 课程引入	……………4 分钟														
3. 新课讲解															
一、取样定理的实现原理和时、频域表达式及时、频域动画展示	……………8 分钟														
二、取样定理的内容展示、例题讲解、课堂练习题讲解	……………12 分钟														
三、取样定理的意义和工程应用	……………9 分钟														
四、学习通讨论活动	……………9 分钟														

	4. 课堂小结、作业布置及课程资源展示2 分钟	
教学方法	启发式教学法、讲授法、抢答法、探究式教学法、讨论法、自主学习法、问题教学法、软件演示法	
教学手段	学习通辅助教学、MATLAB 软件演示、PPT 演示与板书演练相结合	
二、课堂系统部分——教学进程		
课前		
学习通提前发布有关取样定理的学习资源，要求学生做好课前预习。		
课中		
教学环节	教学程序	设计意图
1. 课前回顾 (1 分钟)	<p>师说：同学们，这节课我们将学习取样定理，在这之前，我们已经学习过了信号与系统的时域和频域分析方法，对不对？</p> <p>生：对。</p> <p>师说：那接下来我们将在此基础上向大家介绍时频域联合分析的应用——取样。</p>	引导学生回忆起时频域分析，构建学生新旧知识的连接，帮助学生进行知识的意义建构。
2. 课程引入 (4 分钟)	<p>师说：那首先，请大家看到屏幕上面这张图片，请分析下，除内容外，三种图片的形式有什么特点？想好了的同学可以直接站起来抢答哦，不用举手！</p>  <p style="text-align: center;">图 1 LED 点阵效果图</p> <p>生（抢答）：</p>  <p style="text-align: center;">图 2 教学活动 1——学生抢答</p>	<p>引领学生观察不同的 LED 点阵效果图片，并要求学生主动抢答，活跃课堂气氛，引导学生主动参与课堂活动；通过图片和视频的展示，引导学生初步理解生活中的取样，培养学生观察和思考能力。</p> <p>注：通过抢答法（即教师提问后学生无需举手，而是直接快速站起来回答，谁先回答机会就是谁的），学生可以按约定的规则获得一</p>

	<p>师说：是的，这三张图片都是 LED 点阵屏的显示，而随着点阵数目的增加，显示的字符清晰度是越来越？</p> <p>生：高。</p> <p>师说：是的，那这不同的清晰度实际上就是由于点阵数目引起的，而这一个一个的点阵实际就像一个一个的采样点，我们看到的字符就是由这些采样点构成的。</p> <p>师说：实际上，生活中我们所见到的图片是连续图像的采样，一个一个的采样点就是位置样本，当采样点离得足够近的时候，图片看起来就是连续的，大家说对不对？</p> <p>生：对。</p> <p>师说：那接下来请大家看看这段视频动画效果，这又说明了什么？</p> <div data-bbox="432 882 1096 1216" data-label="Image"> </div> <p style="text-align: center;">图 3 食品安全小动画</p> <p>师说：是不是动画实际上是连续画面的取样，单个画面就是一个时间样本，当这些样本按时序以足够快的速度运动时，就变成了连续活动景象？</p> <p>生：对。</p>	<p>定的平时分奖励。多年的实践表明：抢答法可以从较大程度提高学生专注力和课堂积极参与程度，也增加了课堂的趣味性。</p>
<p>3.新课讲解 一、取样定理的实现原理和时、频域表达式及时、频域动画展示 (8 分钟)</p>	<p>师说：刚刚我们给大家展示的是生活中的取样，而从专业角度来看，虽然用来处理信息的系统大多数是数字通信系统，如计算机等，但是实际上我们生活中的信号大多数是什么信号啊？</p> <p>生：模拟信号。</p> <p>师说：是的，既是如此，我们就要研究如何对模拟信号进行取样，为变成数字信号做准备呢。请大家看到原理图，图中二端口网络中一个非常重要的组成部分是什么装置？</p> <p>生：开关。</p>	<p>通过专业的原理分析和表达式的书写，打好学生坚实的理论基础，培养学生严谨的学习态度和思维方式，提高学生学习能力和文化素养。</p>

3.7 取样定理及其应用

一、取样信号

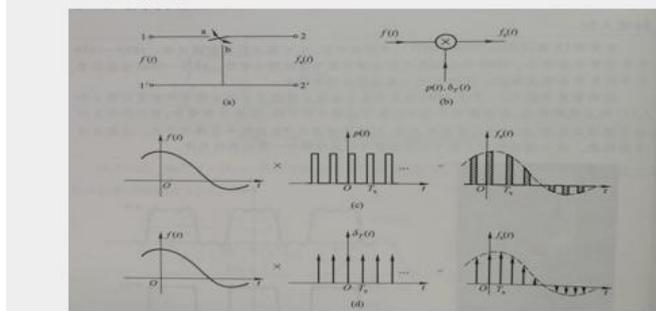


图4 取样的实现原理

师说：对，我们就是通过这个开关的周期性的断开和闭合，将时间连续的信号变成时间上离散的信号。这个过程实现的实际上是模拟信号与矩形脉冲序列（理想化后的冲激串序列）的乘法运算。

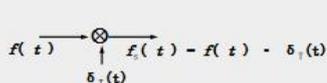
师：通过电路原理图解释说明取样实现的过程，并结合电路图展示其对应的时域表达式。

3.7 取样定理及其应用

理想取样

时域表达式

$$f_s(t) = f(t) \cdot \delta_T(t)$$



频域表达式

$$F_s(\omega) = \frac{1}{2\pi} [F(\omega) * S_s(\omega)]$$

$$= \frac{1}{T_s} \sum_{k=-\infty}^{\infty} F(\omega - k\omega_s)$$

图5 取样的时、频域表达式

3.7 取样定理及其应用

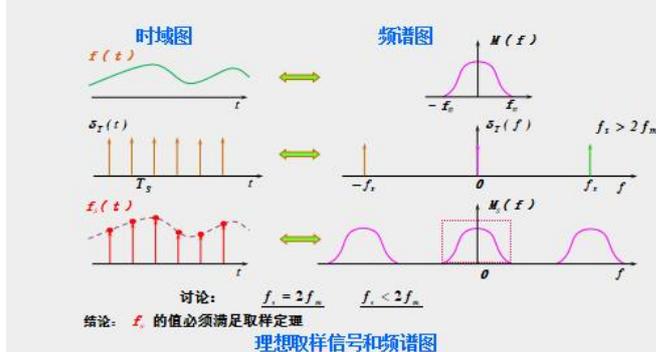


图6 取样定理的时、频域的动画展示

师：通过动画形式向学生展示时域图和对应频域图，并展示不同取样频率时对应信号的频谱图情况，引导学生思考取样应符合的条件。

通过时、频域动画引导学生观察、总结出取样需要符合的条件，引出取样定理，培养学生的观察能力和总结能力。

新课讲解
二、取样定理的
内容展示、例题
讲解、课堂练习
题讲解
(12分钟)

师说：通过前面的讲解和总结，我们应该得出取样定理的内容如下。

取样定理 若 $f(t)$ 为带宽有限的连续信号，其频谱的最高频率为 f_m ，则以取样频率 $f_s \geq 2f_m$ 对 $f(t)$ 均匀取样所得的 $f_s(t)$ 将包含原信号 $f(t)$ 的全部信息。因而可以从 $f_s(t)$ 完全恢复原信号。其中：

$f_s(t)$ 称为奈奎斯特取样频率。

$1/f_s(t)$ 称为奈奎斯特(Nyquist)取样间隔。

师说：接下来，我们将通过一道例题帮助大家加深对取样定理的理解。

例 若电视信号占有的频带为 $0 \sim 6\text{MHz}$ ，电视台每秒发送 25 幅图像，每幅图像又分为 625 条水平扫描线，则每条水平线至少要有 () 个取样点。

(A) 625 (B) 768 (C) 1250 (D) 15625

师：引导学生分析题目中的已知条件，并建立其与取样定理中的联系，从而列出对应的方程。

解： $25 \times 625 \times n = f_s \geq 2f_m = 12\text{MHz}$

$$\therefore n = \frac{12 \times 10^6}{25 \times 625} = 768$$



图7 教学活动2——讲解习题

师说：例题讲解完之后，接下来看大家的了。请大家看看屏幕上面这道练习题，先把答案写在纸上，然后请两位同学把解题过程写到黑板上面。主动上黑板的同学会获得更高的平时分奖励哦！

在展示取样定理内容的基础上，通过例题加深学生对取样定理的理解，然后让学生自主完成课堂练习题，并请同学上黑板写答案，分享解题过程，由此进一步巩固所学理论知识，并能改变一直被动听课的状态，促使学生主动参与教学活动，提高学生的课堂参与度。此外，主动上黑板写解题过程能获得比抢答更高的平时分，对学生来说也具有一定的诱惑力和趣味性。



图8 教学活动3——课堂练习题讲解

师说：学习了取样定理之后，有同学可能疑惑，这取样定理学了有什么用呢？接下来我将告诉大家取样定理的意义。

师：首先，取样定理是实现连续信号离散化的必要步骤，为信号的数字处理奠定必要基础。

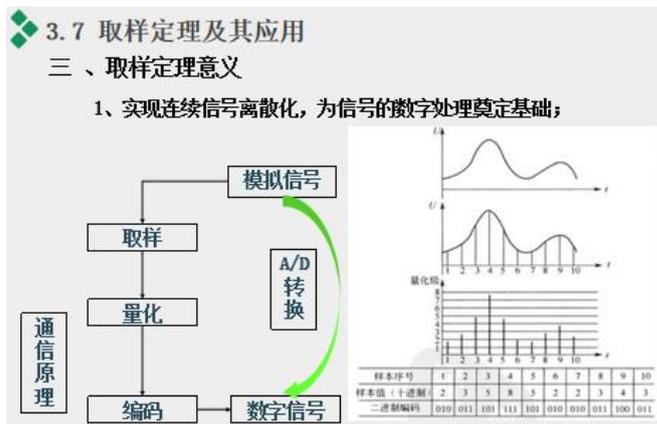


图9 取样定理的意义之一

师：此外，由于生活中我们需要传输的信号是很多的，而能用于传输信号的信道又是有限的，这时候我们要尽可能地想办法在同一个信道中实现多路信号的传输，这就是信道复用。而通过取样能够将信号进行分离，实现信号的时分复用，所以取样定理就为多路信号的传输提供了理论基础。

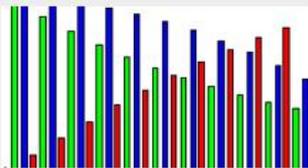
新课讲解
三、取样定理的意义和工程应用
(9分钟)

借助学生已接触过的 A/D 转换概念和时分复用图片向学生展示取样定理的意义，并通过 Matlab 软件向学生演示语音信号的不同频率取样效果，让学生切实理解取样定理的工程应用。这就通过多种形式让学生了解了取样定理，并借机让学生从更宽的广度了解 Matlab 软件的强大功能，激发学生加强实际动手能力的兴趣，进一步提升学生专业素养。

3.7 取样定理及其应用

三、取样定理意义

2、实现信号的时分复用，为多路信号传输提供理论基础。



在同一周期里分时传送不同信号，PCM电话中采用时分复用方式。

图 10 取样定理的意义之二

师：在了解了取样定理的意义之后，接下来我们将通过一个例子了解取样定理的工程应用。我们大家都学过了 Matlab 软件，对不对？

生：对。

师：Matlab 软件可以用来完成很多的模拟和仿真，接下来我们将用 Matlab 软件来实现对一段语音信号的取样，看看采用不同取样频率时相应的取样效果是怎样的。

3.7 取样定理及其应用

四、取样定理应用

实践应用——matlab语音取样

人耳能听到的音乐信号频率范围是：20Hz-20000Hz。根据取样定理， $f(s)$ 应为 40000Hz，而考虑到信号不会严格带限，及实际滤波器特性的不理想，通常取取样频率为 $(2.5-5)f(m)$ (即为 50000-100000Hz)，以避免失真。

图 11 Matlab 语音取样频率

师：我这里提前准备了一小段食品安全工作宣传的音频，接下来我将用 Matlab 软件来完成不同取样频率的语音取样。

3.7 取样定理及其应用

四、取样定理应用

实践应用——matlab语音取样

```
MATLAB程序：  
y=wavread('C:\Users\Admin\Desktop\chouyangding\食品安全工作宣传.wav');  
  
sound(y,Fs)  
y为音频信号矩阵，Fs为取样率，即单位时间的样本个数(HZ)  
  
sound(y,50000);  
clear playsnd  
  
sound(y,40000);  
sound(y,22000);  
sound(y,10000);
```

图 12 Matlab 语音取样程序

在 Matlab 软件演示后，又引导学生认识到我们生活中的系统就是由相关工程师设计好的，而我们将来就有可能成为这些工程师的一份子，由此让学生意识到学好理论知识的重要性和必要性，也提升了学生的专业意识，促进学生建立专业理想和目标，努力学好专业知识，将来成为一名优秀的专业人才。

此外，Matlab 语音取样环节选用的是有关食品安全宣传工作的音频，既呼应了课程引入部分所选用的食品安全字符图片和食品安全科普动画，也为后续思政元素的引出埋下了伏笔。



图 13 教学活动 4——Matlab 语音采样演示

师：通过刚刚的取样演示，我们是不是听到了不同的取样效果？声音是不是挺有趣的？

生：是的。

师：所以我们就知道了，我们平时通过系统听到的声音都是工程设计人员提前设计好了的，所以听起来都是正常和自然的，而，如果一旦系统不能正常工作，那听到的声音将发生很大的变化哦。那如果有同学将来从事相关系统设计，我们今天讲的知识是不是都是有用的啊？

生：是的。

师：所以理论知识还是要学的，说不定将来哪天能用得上哦！

师说：我在学习通里面设置了一个讨论话题，接下来请大家拿起手机，进入学习通的讨论区域参与讨论活动，讨论的主题是——生活中的取样有哪些？



图 14 教学活动 5——学习通讨论活动

师说：讨论活动中我看到了大家提到的生活中的取样，其中有血常规检测、DNA 亲子鉴定、水质检测等等，很好，这些都是我们生活中的取样。其实我们生活中的取样还有很多，比如下面这张图片展示的某县市场监督管理局对市场中的蔬菜瓜果进行检测，这些也是属于取样和检测，对不对？

生：对。

新课讲解
四、学习通讨论
活动
(9 分钟)

通过头脑风暴活动建立学生理论知识和实际生活的连接，借助讨论法引出新冠肺炎抗疫和疫苗接种话题，让学生明白抗疫过程中医务工作者的艰辛，呼吁学生响应政府号召，积极配合抗疫，尽早接种新冠疫苗。同时也通过抗疫让学生认识到中国共产党对人民生命安全的重视，引导学生热爱中国共产党和我们伟大的祖国。

食品安全大于天！

科技与狠活



图 15 引出课程思政元素

师说：现在网络发达，大家肯定也听说了很多的“科技与狠活”。日常生活中，作为一名普通消费者的我们，要怎么注意食品安全呢？

生：讨论……

师说：是的，我们买东西的时候要注意到正规超市购买包装完整、在保质期内的食品，尽量不购买三无产品，特别是路边摊，是不是要尽快少吃或不吃啊？

生：哈哈，是的。

师说：那除了这个之外，大家在这张图片中有没有看到比较熟悉的装置？

生：那个箱子。

师说：是的，这种箱子我们经常在哪里见到啊？

生：实验室。

师说：对，这就是和实验箱长得一样的食品快速检测箱，看到它的外貌，大家就知道肯定和我们相关了，对不对？

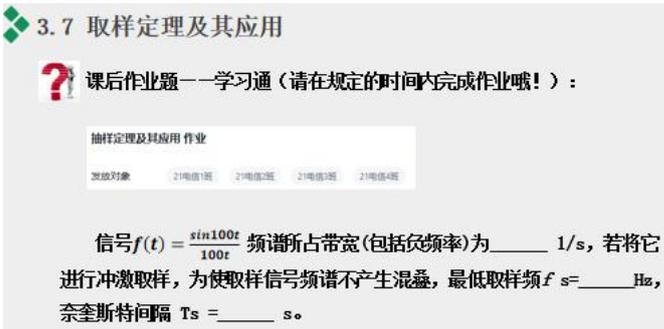
生：对。

师说：是的，这些食品检测设备由电子工程师设计制作，而作为电子专业人才的我们，将来有机会是不是可以设计一款实用且实惠的食品快速检测仪，方便大家的生活啊？

生：是的。

师说：那我们可要好好学习专业知识，说不定不久的将来，我就能用上咱们某个同学设计的产品哦，而同时，你设计出了这个产品，是不是也会有专利，能产生很大的经济效益啊？

生：是的哦。

<p>4.课堂小结、作业布置及学习资源展示 (2分钟)</p>	<p>师说：本讲中我们重点向大家介绍了取样定理的内容，那取样的时候需要符合的条件是什么呢？</p> <p>生：$f_s \geq 2f_m$。</p> <p>师说：对的。课上我还向大家展示了 matlab 软件中的取样，有兴趣的同学课后可以自己做更多的实验。下面是本堂课的课后作业，我已经布置在学习通，请大家按时完成作业并上传，之后，我将和助教一起对大家的作业进行评分和统计。作业情况是本课程考核的重要依据之一，请大家务必重视。</p>  <p>图 16 布置课后作业</p> <p>师说：下面是大家可以参考的课程学习资源。当然，大家现在获得网络资源的能力肯定比我强很多，大家课后根据自己的兴趣去搜索更多的资源，以巩固所学知识，扩展自己的知识面。</p>  <p>图 17 学习资源展示</p>	<p>通过对课堂内容小结，巩固学生理论知识，加强学生知识与实际应用的连接，并提及后续知识，帮助学生完成理论知识在脑海中的意义建构。</p>
<p>课后</p>		
<p>推荐学习资源</p>	<p>1. 学习通课程资源： https://mooc2-ans.chaoxing.com/mooc2-ans/mycourse/tch?courseid=232780207&clazzid=72457300&cpi=284840797&enc=ca6161887c71d500514a249dfba77ec8&t=1696989522218</p>	<p>为学生提供一定的课外学习资源，有兴趣和富余精力</p>

	<p>2. 信号与系统贴吧： https://tieba.baidu.com/f?ie=utf-8&kw=%E4%BF%A1%E5%8F%B7%E4%B8%8E%E7%B3%BB%E7%BB%9F&fr=search</p> <p>3. 教材：燕庆明、顾斌杰主编《信号与系统教程》，高等教育出版社，2022年</p> <p>4. 参考书：张艳萍、常建华主编《信号与系统MATLAB实现》，清华大学出版社，2020年</p>	<p>的学生可以前往查看，获取更多的专业知识，为学生提供更广阔的学习空间。</p>
作业	<p>1. 学习通上的填空题（易）</p> <p>2. 3.7节练习题 3-30（中偏难）</p>	<p>通过分层次布置作业，使学生知识水平逐层递进，同时也便于教师在作业中发现问题，并及时予以反馈和解决。</p>
教学反思	<p>课中讲的习题除简单的题目之外，还可以讲一点稍微有难度的题目，让学有余力的同学学得更有成就感，也可为后期有考研打算的同学打下一定的知识基础。</p>	<p>教师在完成教学后，根据学生学习情况和学生的反馈信息对本教学设计进行反思和进一步完善，为以后的教学提供更有价值的参考，以不断提升教学效果。</p>