

## 11.3

## 驻波

基本信息

教学主题	驻波	课时安排	1 课时(45 分钟)
所在章节	第 4 章第 1 小节(上册)		

## 【教学目标】

## ❖ 知识目标

- (1) 理解驻波形成的物理机制。明了驻波波函数的表达形式及其运动特征。
- (2) 理解驻波的振幅特征中波节和波腹的概念, 理解驻波中振动位相、振动波形、振动能量的分布特征。
- (3) 了解弦线上驻波形成的特点以及简正模式的概念, 了解驻波在工程技术和科学前沿中的应用。

## ❖ 能力目标

- (1) 通过实际生活的现象和物理实验现象到最终物理原理发现、归纳、总结的过程, 学生能够提高自身发现问题、分析问题和解决问题的能力。
- (2) 本堂课通过特殊情况的波的干涉叠加现象的分析, 驻波传播特征的具体研究; 以及相关科学技术的应用, 学生能够加强自身严谨的逻辑思维能力、探索意识和创新能力。
- (3) 通过相关实验现象和常见技术、科学前沿应用的比较、分析, 学生能够形成较强的观察能力和逻辑推理能力, 以及运用分析、比较、归纳和演绎等科学研究方法的能力。

## ❖ 思政目标

通过弦线中驻波简正模式概念和不同基频大小的选择, 说明驻波在弦乐器中的应用。与此作类比, 提醒学生思考如何在我们的人生发展中选择适合自己的“简正模式”和“基频”, 谱写出自己的优美人生旋律, 激发学生积极进取, 奋发前行的激情。在对驻波的马赫环现象的说明过程中, 介绍我国飞机制造和航空发动机的巨大进步。激发学生对科学研究的热情, 增强学生的国家自豪感。通过科学方法的介绍, 培养学生勤于思考的好习惯和严谨务实细致的学习态度。通过课堂思政培养学生积极向上的人生观和生活态度。

教学目标导图如图 11.25 所示。

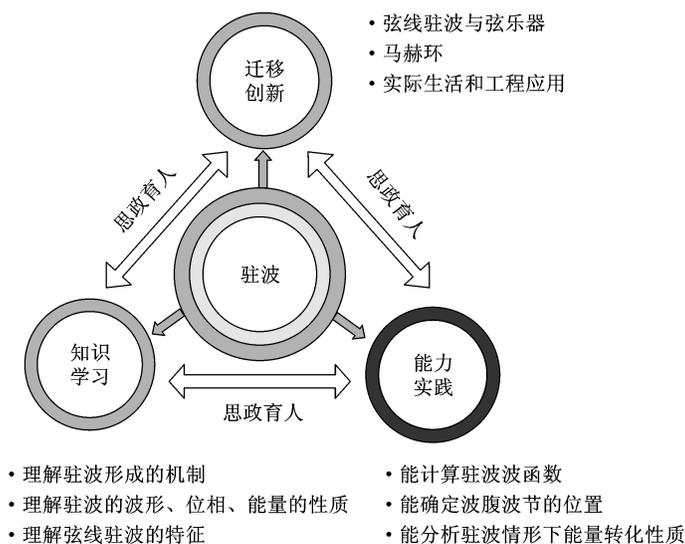


图 11.25 驻波教学目标导图

### 【学生已具备的知识】

本次课主要是在学生掌握了波的干涉叠加的原理,以及波的干涉叠加分析等基本知的基础上,进一步学习等振幅反方向传播的两列相干波的干涉叠加规律,了解驻波的表达形式。在学生已经掌握了平面简谐波的波动特征和行波的传播性质后,进一步了解驻波性质与前者的联系和区别。理解这种区别形成的原因,建立有别于行波的属于驻波的正确物理图景。本节课主要带领学生从波的相干叠加原理出发,理解在上述特殊条件下形成的干涉波的重要性质和其特殊的波形传播、位相分布和能量转换的性质,通过详细对比分析,理解其物理机制和物理图景,了解该叠加效应所产生的实际应用和创新。

### 【教学内容构成与导图】

本节课的教学内容导图,如图 11.26 所示。

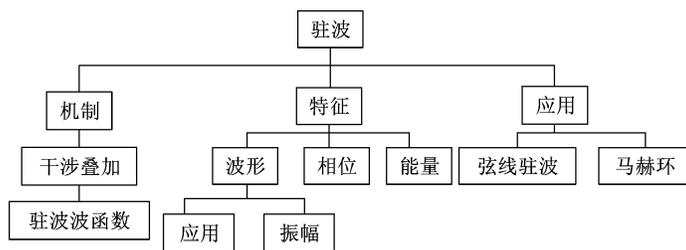


图 11.26 驻波教学内容导图

## 【教学重点与难点】

### ❖ 教学重点

理解驻波的形成机制和波动特征。

### ❖ 教学难点

- (1) 理解驻波中相位分布的特征。
- (2) 理解驻波中能量转换的性质。

## 【课程思政】

**弦线上驻波：**通过弦线上形成不同简正模式驻波条件的介绍，了解驻波与弦乐器工作原理之间的联系。将课堂知识与我们的人生价值做类比。不同的人会有不同的人生，要让自己的人生乐章华彩，这需要自己去努力去谱写。激发学生积极向上，奋发前行的动力，帮助学生树立正确的人生观和价值观。

**马赫环：**通过我国歼 20 隐形战机尾焰中马赫环图片的展示，说明马赫环现象和驻波的联系，并进一步说明马赫环形成的物理机制。通过该技术应用描述，让学生感受到我国在飞机制造和航空发动机制造等领域的巨大进步。介绍国外的技术封锁的现实，激发学生对科学技术研究的热情，为国家奉献自己才能的欲望。增强学生的爱国热情和对国家的自豪感。

**知识内化：**在总结课堂知识过程中，强调知识的逻辑关系，注重方法的总结，让学生能够掌握科学的研究方法。

## 【教学思路和方法设计】

### ❖ 内容分析

本节以物理实验展示，以及学生感兴趣的科学问题和技术应用为引导，以设问为导向，实际应用为辅助展开教学。

(1) 以实际的演示实验为引导，观察当堂的物理实验现象，引导学生思考，分析现象背后的物理规律，突出处理问题的物理方法和逻辑思维能力的培养。

(2) 通过适当的问题设问，营造悬疑的课堂气氛，引导学生去寻找问题的答案。通过驻波不同于行波独特性质，吸引住学生的注意力。

(3) 通过将课堂知识与马赫环、弦乐器等有趣的技术相连接，引发学生的学习热情。

### ❖ 教学设计思路

(1) 通过弦线上形成的驻波的演示实验，观察形成驻波的波动特点，比较与行波的差异。根据实验装置，定性分析形成驻波的物理原理。

(2) 从波的干涉叠加原理出发，分析得出表示驻波的波函数的数学表达式，从波函数简单说明驻波中波动的特点以及与平面简谐波的差异。

(3) 重点介绍驻波在波形、相位、能量、传播等方面的波动特点，明确波节、波腹的概念，理解相位分布和能量转换的规律。深刻体会驻波与行波的区别，理解驻波中“驻”字的含义。

(4) 简单介绍驻波在弦线上形成简正模式的概念，了解驻波原理在弦乐器中的应用。介绍驻波在其他工程技术和科学前沿的重要应用。

## 【信息化教学资源】

- (1) 采用雨课堂进行教学。
- (2) 学校课程中心大学物理的课程平台。
- (3) 智慧树《大学物理》MOOC 平台进行线上线下混合教学。

# 教 学 过 程

### ◆ 课堂导入(4 分钟)

【实验演示】一根弦线，一端连接振动波源，另一端固定，让波源振动起来，观察在弦线上形成的波的形状和波动特点。调节波源振动频率，再次观察弦线上形成的波的形状和波动特点。分析比较这些实验现象和之前所学的平面简谐波或行波的差异。

【引出思考】如果同样是振动在绳子上形成的绳波，为何与之前所学的行波的特征不一样呢？这里绳子的固定端起到了什么作用，对波产生了什么影响？

【分析】

这里问题的关键在于波在弦线中传播时会遇到一个固定不动的端点。根据惠更斯原理，这个固定端点既可以接受传播而来的波，也可以发射反方向传播波。所以弦线上观察到的波应该是两列相反方向传播的行波的叠加。

【动画演示】利用动画演示两个反相传播的行波叠加后形成的叠加波的波动特征。注意提醒学生观察某些特殊位置的波动特点。

【引出思考】这里的两列波的叠加具有什么特殊性，我们如何分析它们的叠加？

【分析】由惠更斯原理可知，反射波与入射波具有相同的振动幅度、频率、振动方向和相位差恒定，满足相干条件，是两列波的相干叠加。

### ◆ 新课展开(4 分钟)

驻波定义：两列振幅相等的相干波，在同一直线上反向传播时所产生的干涉现象。驻波时干涉的特例如下所示。

物理模型：两列等振幅，反向传播的平面简谐波叠加。

$$y_1 = A \cos 2\pi \left( \frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right), \quad y_2 = A \cos 2\pi \left( \frac{t}{T} + \frac{x}{\lambda} \right)$$

叠加：

$$y_1 = y_1 + y_2 = A \left[ \cos 2\pi \left( \frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right) + \cos 2\pi \left( \frac{t}{T} + \frac{x}{\lambda} \right) \right]$$

得到驻波波函数：

教学方法：视频引入讨论，动画引入分析。

设计意图：以问题和视频激发学生的好奇心，贴近生活。

教学方法：讲授法，讨论法，对比法。

设计意图：通过实际场景的物理抽象，帮助学生掌握物理建模和思考问题的方法。通过讨论对比帮助学生深刻立即物理概念。



$$y = \left( 2A \cos \frac{2\pi}{\lambda} x \right) \cos \frac{2\pi}{T} t$$

振幅分布因子
谐振动因子

【引出思考】显然每个  $x$  处的质元都在做简谐振动，但是不同  $x$  处质元振动的幅度是不一样的。这种驻波的波动性质具体如何呢？

### ◆ 知识深化 [15 分钟]

从四个方面分析驻波的波动特征。

(1) 振幅 (见图 11.27)。

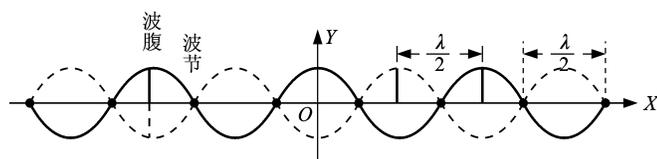


图 11.27 振幅

驻波的振幅由  $\left| 2A \cos \frac{2\pi}{\lambda} x \right|$  来决定。当  $x$  取不同值时，对应位置的振幅大小是不同的。存在两种极端的情况：

$\left| 2A \cos \frac{2\pi}{\lambda} x \right| = 2A$  最大，可确定波腹的位置  $x = k \frac{\lambda}{2}$  ( $k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$ )。  
 $\left| 2A \cos \frac{2\pi}{\lambda} x \right| = 0$  最小，可确定波节的位置  $x = (2k+1) \frac{\lambda}{4}$  ( $k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$ )。相邻波节或波腹间的距离为半个波长。

(2) 驻波的相位 (见图 11.28)

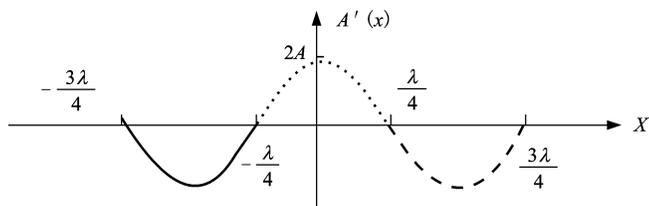


图 11-28 驻波的相位

在两波节间，所有质元做同相振动 (如图中的……部分质元)。在波节的两侧的质元做反相振动 (如……部分的质元与----部分的质元振动反相)。

(3) 振动波形。

驻波波函数不满足行波的条件，波形不会沿某个方向传播。

(4) 振动能量 (见图 11.29)。

教学方法：图形动画法，讲授法，逐步递推法。

设计意图：通过图形曲线帮助学生理解驻波的波腹波节的概念。驻波位相分布和能量转换的详细说明帮助学生逐步理解驻波“驻”字的多层含义。

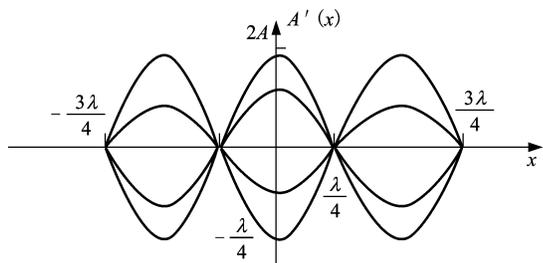


图 11.29 振动能量

驻波中,随着质元的振动,各质元到达最大位移时,动能为零,波节处质元形变最大,势能最大,势能集中在波节处。当质元到达平衡位置时,势能为零,波腹处质元速度最大,动能最大,动能集中在波腹处。振动过程中波腹处的动能和波节处的势能往返转化,但不会沿某个单一方向传播。所以驻波中不会有能量的传播。

### ◆ 课堂检测(5分钟)

利用之前所学概念知识,引导学生讨论计算驻波中波腹和波节的位置或驻波中的振动特征。利用雨课堂发送随堂测试试题或请同学到黑板上写出测试问题的结论并做简单讲解。

教学方法:知识检测法。

设计意图:通过让学生在前面所学知识的基础上自己理解、判断、计算驻波的相关性质和物理量,加深学生对这一知识的理解。检测学生理解的效果。

### ◆ 知识拓展(5分钟)

【引出思考】回顾课堂开始的实验场景,调节不同的波源频率,在弦线上形成了不同形状的驻波,波腹和波节的个数各不相同。那么在弦线上形成的驻波是任意形成的吗?有没有条件限制呢?

如图 11.27 所示,如果波源处合振动为零,当反射端固定时,根据驻波形成的特点,该位置一定是波节,所以弦线长度与驻波波长一定满足  $L = n \frac{\lambda}{2}$ ,  $n=1, 2, \dots$  类似的,如果端点是活动的,则活动端为波腹,同样得到此时弦线上形成驻波的条件。这些条件限制了在弦线上形成驻波的波长(或频率)模式,称为简正模式。 $n=1$  所对应的频率称为基频,其他频率称为各阶谐频。基频决定了音调。通常弦乐器发声的原理就与此相同。演奏时通过手指按压琴弦位置的不同获得不同的音调,从而演奏出动听的音乐。在我们的人生中,每个人的人生乐章都不同,它需要我们每个人自己去努力谱写。

设计意图:加深所学知识的难度,增强学生知识迁移的能力,激发学生探索创新的能力。

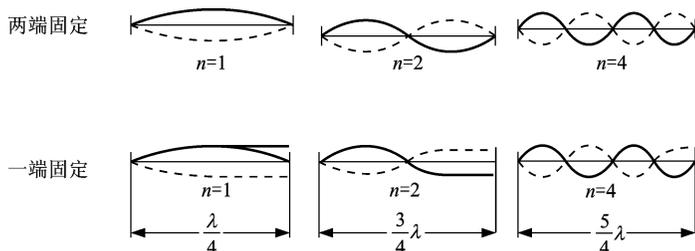


图 11.30 形成驻波的条件

### ◆ 知识应用(3 分钟)

介绍驻波天线在航空、航天、通信等领域中的应用,并简单介绍驻波天线的工作原理(见图 11.31)。



图 11.31 驻波天线在航空、航天、通信等领域中的应用

### ◆ 科学前沿(4 分钟)

介绍在发动机尾焰中观察的驻波现象——“马赫环”,并简单说明这种驻波现象形成的原理(见图 11.32)。了解先进发动机研发的进展。

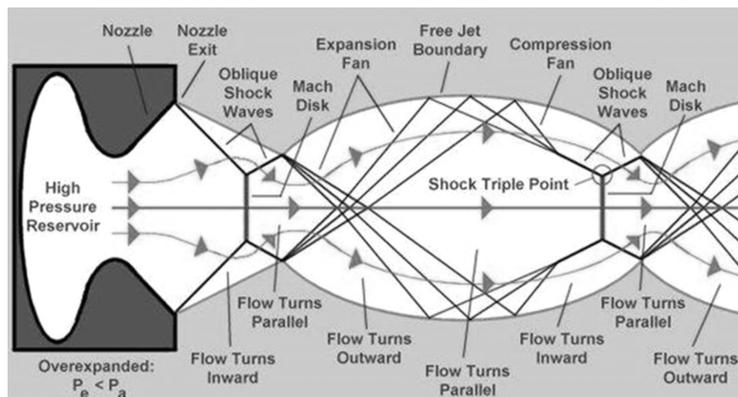


图 11.32 马赫环

教学方法: 讲授法, 迁移法。

设计意图: 增强学生知识迁移的能力, 激发学生探索创新的能力。

教学方法: 图片说明。

设计意图: 加强学生知识应用的认知和视野, 激发学生的学习欲望和热情, 提高学生的科学素养。

