

2018 年湖南省普通高校教师课堂教学竞赛

大 学 物 理

教
学
设
计

教师姓名：*****

参赛单位：*****

2018 年 8 月

湖南省普通高校教师课堂教学竞赛教学设计

使用教材：赵近芳、王登龙主编，《大学物理》（第4版），北京邮电大学出版社。“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材。

课程分析：

（1）课程的性质和作用

物理学是研究物质的基本结构及物质运动的普遍规律，它是一门严格、精密的基础科学。《大学物理》课程的作用一方面是学生打好必要的物理基础；另一方面是使学生掌握科学的思维方法和研究问题的方法，它能增强学生适应能力、开阔思路、激发探索和创新精神，从而提高人才科学素质。物理基础是学好各自然科学和工程技术科学的基础，打好物理基础，不仅对学生在校学习起着十分重要的作用，而且对学生毕业后的工作和在工作中进一步学习新理论、新知识、新技术，不断更新知识都将产生深远的影响。物理学教育对于大学生素质教育的作用是所有学科都无法取代的。

（2）课程的总体设计

以物理学基础知识为主要内容的大学物理课程，它包括力学、热学、电磁学及光学等内容，这些都是一个理工科大学生必须具备的基础知识。针对课程概念多、公式多，定理定律理解难的问题，在教学方法上根据课程知识点的不同特点采用了混合式教学、问题式教学和探究式教学等方式。其中混合式教学主要体现在学生线上自主学习和教师线下课堂教学相结合；问题式教学主要在课堂教学中通过问题导入知识点内容，引导学生学习新知识，利用新知识解决问题，充分调动了学生的学习兴趣；探究式教学主要体现在通过布置作业和小论文，强调物理思维方式在解决具体问题中的应用，培养学生解决问题的能力。

（3）学情分析

学生在学习中易呈现以下问题：一是随着课程的推进，学习积极性逐渐下降。二是不注重知识点间的联系与区别，缺乏对知识框架的整体认识。三是不擅长将高数方法灵活用于解决物理问题，即使有部分学生知道应用微积分去解决，但在求解过程中出现许多细节错误，还有部分学生将新旧方法混用。出现上述问题的原因，一是物理知识难度的加深；二是学时的限制让高校教师在讲解大学物理时心有余而力不足；三是高中阶段物理学习模式导致学生在学习大学物理时不注重各章节间的联系，不理解物理研究问题的思路方法，从而导致他们觉得大学物理内容“新、多、难”；四是学习主动性不强，学习兴趣较低，特别是当所学课程有一定难度时，容易产生退缩情绪，出现玩手机、睡觉、抄作业等现象。

参赛内容目录

《大学物理》教学大纲中基本教学内容共10章，此次教学设计的20个课时分别节选自第1、2、3、5、6、9、10、11、13等9章。

1. 位置矢量 位移 速度 加速度.....	1
选自第一章：质点运动学/第二节：位置矢量 位移 速度加速度	
2. 相对运动.....	8
选自第一章：质点运动学/第四节：相对运动	
3. 质点的动量定理.....	14
选自第二章：质点动力学/第三节：动量 动量守恒定律	
4. 动量守恒定律.....	21
选自第二章：质点动力学/第三节：动量 动量守恒定律	
5. 质点系的动能定理及功能原理.....	27
选自第二章：质点动力学/第四节：功 动能 势能 机械能守恒定律	
6. 质点的角动量定理及角动量守恒定律.....	33
选自第三章：刚体力学基础/第四节：刚体定轴转动的角动量定理	
7. 刚体定轴转动的角动量定理.....	39
选自第三章：刚体力学基础/第四节：刚体定轴转动的角动量定理	
8. 阻尼振动 受迫振动 共振.....	46
选自第五章：机械振动/第五节：阻尼振动 受迫振动 共振	
9. 平面简谐波的波函数.....	53
选自第六章：机械波/第二节：平面简谐波的波函数	
10. 驻波.....	60
选自第六章：机械波/第五节：驻波	
11. 多普勒效应.....	67
选自第六章：机械波/第六节：多普勒效应	
12. 电场力的功 电势.....	73
选自第九章：静电场/第三节：电场力的功 电势	
13. 静电场中的导体.....	80
选自第九章：静电场/第五节：静电场中的导体	
14. 电容 电容器.....	87

选自第九章：静电场/第七节：电容 电容器	
15. 霍尔效应.....	95
选自第十章：稳恒磁场/第四节：磁场对运动电荷的作用	
16. 动生电动势和感生电动势.....	102
选自第十一章：电磁感应/第二节：动生电动势和感生电动势	
17. 杨氏双缝干涉实验.....	109
选自第十三章：光的干涉/第二节：杨氏双缝干涉实验	
18. 薄膜干涉.....	116
选自第十三章：光的干涉/第四节：薄膜干涉	
19. 劈尖干涉.....	123
选自第十三章：光的干涉/第五节：劈尖干涉 牛顿环	
20. 牛顿环.....	130
选自第十三章：光的干涉/第五节：劈尖干涉 牛顿环	

第一讲 位置矢量 位移 速度 加速度

一、教材分析

本节课内容选自赵近芳主编的《大学物理》第一章第二节。位置矢量、位移、速度和加速度，这些都是运动学问题的基础知识，是后续章节学习的基础。位置矢量定量给出质点的空间位置，位移定量反映空间位置的改变，速度反映质点的瞬间状态，加速度反映质点状态变化快慢。教材从实例引入，依次讨论了这几个基本概念，逻辑严密，条理清晰，并通过例题，讨论相应知识点的应用。

二、学情分析

课程授课对象是大一学生，高中阶段有一定的物理知识基础，大一第一学期已经学习过《高等数学》，有一定微积分基础。但是部分学生对物理课程学习有畏难情绪，微积分运用掌握情况欠佳，学习积极性不高。学生的物理知识水平呈现参差不齐。

因此，作为《大学物理》课程的开篇，需强调注意区分大学物理与中学物理课程的不同，突出《大学物理》课程与《高等数学》课程的紧密联系，让学生对课程学习思路和方法有充分了解，多鼓励，使学生在轻松氛围下学习，增加对课程学习的兴趣。引入更多实例增强课堂吸引力，不断培养学生学习兴趣和学习能力，加深学生对课程内容的理解和知识的掌握，提高课程学习效果。

三、教学目标

根据教学大纲规定，按照质量工程教育要求，结合学生实际情况，确定本次课的教学目标如下：

知识目标：

- (1) 掌握位置矢量、位移、速度及加速度的基本定义和计算；
- (2) 掌握这四个物理量的相互关联；
- (3) 理解瞬时速度、瞬时加速度和平均速度及平均加速度的区别和联系；
- (4) 理解这四个物理量在不同坐标系中的表示方式。

能力目标：

- (1) 通过实例讲解培养学生分析问题、解决问题的能力，训练解题思路；
- (2) 通过掌握四个物理量之间的关系，使学生能由位移、速度及加速度中

的任意一个物理量来求解另外两个物理量，提高解决问题的能力。

情感及德育目标:

- (1) 培养学生自信、勤奋、善于思考、严谨治学的学习态度和ación精神;
- (2) 通过生活中实例，引导学生联系实例逐步掌握几个基本概念及其相互关系，激发学生的学习兴趣 and 求知欲。
- (3) 通过讲解空间飞行器的位矢等概念，联系探月工程飞行器控制，激发学生的爱国主义热情，鼓励学生通过努力学习，为国家科技发展做出贡献。

四、教学重点与难点

- (1) 重点、难点的确立

教学重点: 位置矢量、位移、速度及加速度的基本定义和计算。

运动学是诸多学科的基础，位置矢量、位移、速度及加速度是运动学重要的基本概念。在运动学讨论中，已知位移、速度和加速度中一个物理量，求解其他物理量是最基础、最重要的问题，所以确定为教学重点。

教学难点: 位移、速度及加速度三者关联计算。

在讨论位置矢量、位移、速度及加速度过程中，根据定义关系，采用微积分方法，利用初始条件，已知一个物理量来求解其他物理量，对学生来说，概念易混淆，计算存在一定难度，故将其确定为教学难点。

- (2) 重点难点的处理

通过对空间站控制实例引入相关概念，逐一讨论这几个物理量及他们之间的关联，由浅入深把定义和相互联系规律讲清楚，重点突出数学表达式的关联。通过深入浅出，层层递进的教学方法，辅助以 PPT 演示、实例讲解，启发式引导，充分发挥学生的主体作用，使学生理解和掌握这四个基本物理量及其关联。


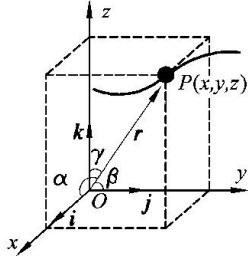
五、教学方法

- (1) 多媒体辅助教学法。通过课件设计使教学更直观、更生动。激发学生的学习兴趣，调动学习积极性，从而达到提高课堂教学效率的目的。

- (2) 启发式教学，强调师生互动，使学生自主学习，掌握四个基本物理量的定义及关联。

- (3) 最后，通过归纳总结，实例练习，引导学生了解物理思维方式在解决问题中的应用，激发学生自学兴趣。

六、教学进程

教师教学	教学方法 学生活动	设计意图
<p>【课程导入】（4分钟）</p> <p>图片示例：中国探月工程空间站，思考如何描述它在太空中不同时刻的位置和状态变化信息？</p> 	<p>演示法 互动法 讨论 回答</p>	<p>通过空间站示例,情景引入课题,提出问题让学生思考,调动学生兴趣。 介绍中国探月工程,激发学生爱国主义热情。</p>
<p>【重难点指引】（2分钟）</p> <p>1、分析描述位置及运动特征的物理量的基本定义。 2、讨论各物理量之间的联系。</p>	<p>引导法 思考 听讲解</p>	<p>让学生带目标学习,增强学习动力。</p>
<p>【新课教学】（36分钟）</p> <p>根据示例建立物理模型： 提问：如何定量表示位置矢量、位移、速度及加速度？</p> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="flex: 1;"> <p style="text-align: center;">§ 1.2 位置矢量 位移 速度 加速度</p> <p>一、位置矢量(position vector)</p> <p>由坐标原点引向考察点的矢量，简称位矢，用 \vec{r} 表示。 在直角坐标系中为：</p> $\vec{r} = x\vec{i} + y\vec{j} + z\vec{k}$ $\vec{r} = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2} ;$ <p>\vec{r} 的方向余弦是</p> $\cos\alpha = x/r, \quad \cos\beta = y/r, \quad \cos\gamma = z/r .$ <p>呼应开篇问题：空间站在某时刻的位置可由位置矢量定量确定。</p> </div> <div style="flex: 0.5; text-align: center;">  </div> </div>	<p>讨论法 讲授法 思考 回答 讨论 听讲解</p>	<p>引导利用前期知识,建立模型。 通过理论讲解,讲授定义。 与开篇问题相呼应,增强应用,增进学生学习兴趣。</p>

二、质点的运动学方程

描写质点的位置随时间变化的函数关系式称为运动方程。

$$\text{矢量式: } \vec{r} = \vec{r}(t) = x(t)\vec{i} + y(t)\vec{j} + z(t)\vec{k}$$

$$\text{标量式 (参数方程): } x = x(t) \quad y = y(t) \quad z = z(t)$$

轨迹: 质点在空间运动经过的路径 (位置矢量矢端画出的曲线)

轨迹方程: 将运动学方程消去时间 t , 得到的坐标变量之间的关系

$$\text{例: 平面运动: } x = x(t) \quad y = y(t)$$

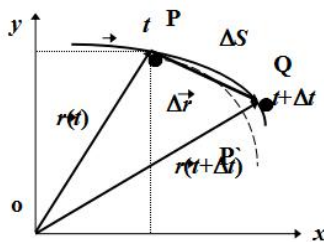
$$\text{轨迹方程: } y = y(x)$$

例 1: 质点做如下运动: $x = r\cos\omega t$, $y = r\sin\omega t$

消去时间 t , 就得轨道方程

$$x^2 + y^2 = r^2。 \text{ 质点做圆周运动。}$$

呼应开篇问题: 空间站在太空中的任意时刻位置可由运动方程给出, 运行轨迹可由轨迹方程给出。



三、位移矢量(displacement vector)

描述质点在一定时间间隔内的位置变化。

$$\Delta\vec{r} = \vec{r}(t + \Delta t) - \vec{r}(t)$$

$$= [x(t + \Delta t) - x(t)]\vec{i} + [y(t + \Delta t) - y(t)]\vec{j} + [z(t + \Delta t) - z(t)]\vec{k}$$

注意: (1) 位移的大小 $|\Delta\vec{r}| = |PQ|$ (位矢增量的大小)

$$\text{位矢的模的增量 } \Delta r = |P'Q| = |\vec{r}(t + \Delta t)| - |\vec{r}(t)|$$

“矢量的差之模”和“矢量模之差”不同: $|\Delta\vec{r}| \neq \Delta r$

(2) 位移和位置矢量的不同

位移: 描述质点位置变化, 取决于质点起点和终点的位置

位置矢量: 描述质点的空间位置, 与坐标原点的位置有关

(3) 位移和路程的不同

矢量和标量的区别

$$\text{有限增量: } |\Delta\vec{r}| \neq \Delta s;$$

$$\text{无限小增量: } |d\vec{r}| = ds$$

呼应开篇问题: 空间站在某时段位置的改变可由位移矢量定量确定。

四、速度矢量 (velocity)

描述质点运动的快慢和方向的力学量

(1) 平均速度 (average velocity)

$$\vec{v} = \frac{\Delta\vec{r}}{\Delta t} = \frac{\vec{r}(t + \Delta t) - \vec{r}(t)}{\Delta t}$$

$$\text{大小: } |\vec{v}| = |\Delta\vec{r}| / \Delta t \quad \text{单位: } m/s \quad \text{方向: } \Delta\vec{r} \text{ 方向}$$

讨论法
讲授法
听讲解
思考
练习

增强课堂互动, 训练学生思考解决问题的思路。

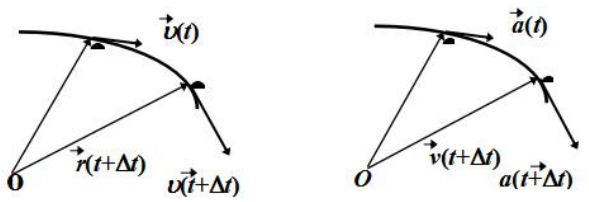
应开篇问题。

讲授法
讨论法
听讲解
思考
回答

通过易混淆点的讨论教学, 便于学生准确掌握相关知识。

讲授法
讨论法
听讲解
思考
回答

结合已学知识利用微积分共同推导出瞬时速度的数学表达。共同探讨式

<p>平均速率 (average speed)</p> $\bar{v} = \frac{\Delta s}{\Delta t} \quad \text{标量} \quad \text{单位: } m/s$ <p>(2) 瞬时速度 (instantaneous velocity)</p> $\vec{v} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \bar{\vec{v}} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t} = \frac{d\vec{r}}{dt}$ <p>大小: $\vec{v} = v = \left \frac{d\vec{r}}{dt} \right$ 瞬时速率</p> <p>方向: $d\vec{r}$ 方向 (轨迹在该点的切线方向且指向运动方向) 在直角坐标系中</p> $\vec{r}(t) = x(t)\vec{i} + y(t)\vec{j} + z(t)\vec{k}$ $\vec{v}(t) = \frac{d\vec{r}}{dt} = \frac{dx}{dt}\vec{i} + \frac{dy}{dt}\vec{j} + \frac{dz}{dt}\vec{k} = v_x\vec{i} + v_y\vec{j} + v_z\vec{k}$ <p>大小: $\vec{v} = v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2 + v_z^2}$ 单位: m/s</p> <p>方向: $\cos \alpha = \frac{v_x}{v} \quad \cos \beta = \frac{v_y}{v} \quad \cos \gamma = \frac{v_z}{v}$</p> $\cos^2 \alpha + \cos^2 \beta + \cos^2 \gamma = 1$ <p>呼应开篇: 空间站在某时刻的瞬时速度可由速度矢量定量确定。</p> <p>五、加速度 (acceleration) (请根据求解速度的方式自行推导)</p> <p>描述速度矢量的时间变化率的物理量</p> <p>(1) 平均加速度</p> $\bar{\vec{a}} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{\vec{v}(t + \Delta t) - \vec{v}(t)}{\Delta t}$ <p>大小: $\bar{\vec{a}} = \frac{ \Delta \vec{v} }{\Delta t}$ 单位: m/s^2 方向: $\Delta \vec{v}$ 方向 (指向曲线的凹侧)</p> <p>(2) 瞬时加速</p>  $\vec{a} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \bar{\vec{a}} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{d^2\vec{r}}{dt^2}$ <p>大小: $\vec{a} = a = \left \frac{d\vec{v}}{dt} \right = \left \frac{d^2\vec{r}}{dt^2} \right$ 单位: m/s^2</p> <p>方向: 速度矢量矢端曲线在该点切向且指向 t 增加方向</p>	<p>教学抓住学生注意力, 增进互动。</p> <p>讲授法 讨论法 类比法 听讲 思考 回答</p> <p>推动学生参与, 加强互动性和实践性。通过类比, 探讨教学, 使学生更容易掌握相应知识点。</p>
---	---

<p>(3)直角坐标系中</p> $\vec{r}(t) = x(t)\vec{i} + y(t)\vec{j} + z(t)\vec{k} \quad \vec{v}(t) = v_x(t)\vec{i} + v_y(t)\vec{j} + v_z(t)\vec{k}$ $\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{dv_x}{dt}\vec{i} + \frac{dv_y}{dt}\vec{j} + \frac{dv_z}{dt}\vec{k}$ $= \frac{d^2\vec{r}}{dt^2} = \frac{d^2x}{dt^2}\vec{i} + \frac{d^2y}{dt^2}\vec{j} + \frac{d^2z}{dt^2}\vec{k} = a_x\vec{i} + a_y\vec{j} + a_z\vec{k}$ <p>大小: $\vec{a} = a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2}$ 单位: m/s^2</p> <p>方向: $\cos\alpha = \frac{a_x}{a}$ $\cos\beta = \frac{a_y}{a}$ $\cos\gamma = \frac{a_z}{a}$</p> $\cos^2\alpha + \cos^2\beta + \cos^2\gamma = 1$ <p>呼应开篇问题: 空间站某时刻速度变化快慢可由速度矢量定量确定。</p>		
<p>【小结】 (3 分钟)</p> <p>本次课主要学习了位置矢量、运动学方程、位移矢量、速度和加速度的相关定义及表达式, 我们一起回顾它们的表述。特别注意矢量性和相互关联和微积分的应用。</p>	<p>归纳法 思考 听讲解</p>	<p>课堂巩固。</p>
<p>【课后作业】: P22 1.6、1.8</p> <p>【预习任务】: 曲线运动的描述</p>	<p>问题 教学</p>	<p>课后练习加深对知识点的理解。</p>
<p>【板书设计】:</p> <p>§ 1.2 位置矢量 位移 速度 加速度</p> <p>一、位置矢量 $\vec{r} = x\vec{i} + y\vec{j} + z\vec{k}$</p> <p>二、质点的运动学方程 $\vec{r} = \vec{r}(t) = x(t)\vec{i} + y(t)\vec{j} + z(t)\vec{k}$</p> <p>三、位移矢量 $\Delta\vec{r} = \vec{r}(t + \Delta t) - \vec{r}(t)$</p> <p>四、速度矢量 $\vec{v} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta\vec{r}}{\Delta t} = \frac{d\vec{r}}{dt}$</p> <p>五、加速度 $\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{d^2\vec{r}}{dt^2}$</p>		<p>突出课堂知识重点及概要。</p>

七、教学反思

课堂通过引入实例对相关概念进行讨论讲解,采用多媒体和板书相结合的方式进行教学,从学生课后反馈发现学生基本能够掌握相关知识。课堂气氛较为活跃,整体效果好。

可进一步在例题讲解时强调定义的物理意义,加深学生对概念的理解,体现各物理量的关联;可让学生自行推导速度,加速度的表示式子,加强互动性和实践,增加课堂多样性。

可在课程教学设置之中增加更多工程应用背景,以便提高学生学习兴趣。

第二讲 相对运动

一、教材分析

本节课内容选自赵近芳主编的《大学物理》第一章第四节。相对运动是运动学问题的重要知识，是后续章节学习的重要知识基础。相对运动体现运动的相对性。教材逻辑严密，条理清晰。本节课从探月工程卫星对接实例引入，通过探讨同一质点在不同参考系中的位移，速度和加速度之间的关系，让学生较系统地掌握相对运动的物理概念和规律，为后续学习打下基础。

二、学情分析

课程授课对象是大一学生，学生对运动相对性有一定理解，前期学习已经系统学习过位移、速度及加速度等知识，为此部分的学习奠定了一定基础。由于学生物理知识水平参差不齐，部分学生对前期知识掌握不够牢固，运动的相对性规律又相对抽象，有一定难度，学生存在畏难情绪。

因此，在对相对运动的讲解前可先复习前期相关概念，通过实例重点讲清楚相对位移，牵连位移和绝对位移的表述，再通过类比的方法，讲解相对速度和相对加速度。通过将中国探月工程飞船与空间仓的对接作为实例，简化为相对运动模型来探讨，可有效增加学生学习兴趣，取得更好学习效果。

三、教学目标

根据教学大纲规定，按照质量工程教育要求，结合学生实际情况，确定本次课的教学目标如下：

知识目标：

- (1) 掌握在两个参考系中，质点相对物理量、绝对物理量以及牵连物理量之间的关系；
- (2) 掌握相对运动中位移、速度和加速度之间的关系；
- (3) 理解运动的绝对性和相对性概念；

能力目标：

- (1) 通过实例讲解培养学生分析问题、解决问题的能力，培养解决问题的思维方式；
- (2) 通过掌握相对运动中各物理量之间的关系，使学生能利用相对运动关

系来解决实际问题。

情感及德育目标:

- (1) 培养学生自信、勤奋、善于思考、严谨治学的学习态度和精
- (2) 通过生活中实例，引导学生联系实例，逐步掌握相对运动的规律，培养解决问题的能力，激发学生的学习兴趣、求知欲。
- (3) 通过联系探月工程飞行器对接实例中的相对运动关系，引申介绍中国航天成就，激发学生的爱国主义热情。

四、教学重点与难点

- (1) 重点、难点的确立

教学重点: 相对运动，相对运动中位移、速度及加速度关系。

相对运动问题是工程应用和科学研究中的基本问题，具有非常重要的地位，掌握清楚相应规律是对学生的基本要求。

教学难点: 相对运动量的关系，利用相对运动解决实际问题。

对相对量，牵连量和绝对量的区分学生容易混淆，同一坐标系下两质点间的相对关系，学生也不易理解，具体应用存在难度。故将它们确定为教学难点。

- (2) 重点难点的处理

通过实例重点介绍清楚相对位移，牵连位移和绝对位移的表述，再通过类比的方法，讲解相对速度关系和相对加速度关系。以深入浅出，层层递进的教学方法，辅助以 PPT 演示、实例讲解，启发式引导，充分发挥学生的主体作用，使学生迅速理解并充分掌握相对运动问题。

五、教学方法

- (1) 多媒体辅助教学法。通过课件设计使教学更直观、更生动。激发学生的学习兴趣，调动学习积极性，从而达到提高课堂教学效率的目的。

- (2) 启发式教学，强调师生互动，使学生自主学习，掌握相对运动规律及利用它们解决具体实际问题。

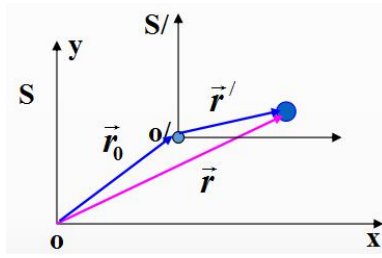
- (3) 最后，通过归纳总结，实例练习，引导学生学习物理思维方式在解决问题中的应用，激发学生自学兴趣。

六、教学进程

教师教学	教学方法 学生活动	设计意图
<p>【课程导入】（4分钟）</p> <p>图片示例：中国探月工程，如何从地面精准控制飞行器空间对接？飞行器空间对接时的速度加速度控制？</p>  <p>天宫一号神舟八号交会对接示意图</p>	<p>演示法 提问法 互动法 讨论 回答</p>	<p>通过飞行器空间对接情景示例引入课题，提出问题让学生思考，调动学生兴趣。</p> <p>介绍示例工程，激发学生爱国主义热情。</p>
<p>【重难点指引】（2分钟）</p> <p>1、质点的相对物理量、绝对物理量以及牵连物理量之间的关系。</p> <p>2、利用相对运动关系解决具体实际问题。</p>	<p>引导法 思考 听讲解</p>	<p>让学生带目标学习，增强学习动力。</p>
<p>【新课教学】（37分钟）</p> <p>提问：飞行器与空间站空间对接的运动学问题我们该如何来讨论呢？</p> <p>教师讲解：</p> <p>根据示例建立物理模型：从地面控制飞行器与空间站的对接问题，需要精准控制两者在太空中的具体位置，运行速度及加速度，如何定量的表示这些物理量及精准控制呢？根据物理模型的适用条件可把他们简化成质点模型加以讨论，通过讨论相对运动关系来确定飞行对接的运动学问题。</p> <p style="text-align: center;">§ 1.3 相对运动</p> <p>一、牛顿的经典时空观和运动的相对性</p> <p>绝对时间：独立于空间和物质运动而均匀流逝的。</p> <p>绝对空间：广延行的量度，独立于时间和物质运动而一成不变的。</p> <p>运动描述的相对性：由于选取不同的参考系，对同一物体运动的描述就会不同。“静止参考系”、“运动参考系”都是相对的。绝对运动，牵连运动，相对运动也是相对的。</p>	<p>讨论法 讲授法 思考 回答 讨论 听讲解</p> <p>讲授法 听讲解</p>	<p>通过问题导向法能激发学生探究问题的兴趣。</p> <p>利用前期知识，建立模型。巩固前期知识的应用。</p> <p>讲解时空一般特点为后续知识点做准备。</p>

二、绝对位矢、牵连位矢、相对位矢

以地面观测点为惯性系(准惯性系)参考点,天宫一号位运动参考系,神州八号为研究质点。参考系彼此之间有相对运动。



绝对位矢 \vec{r} — 质点相对静止参照系的位矢

牵连位矢 \vec{r}_0 — 运动参照系相对静止参照系的位矢

相对位矢 \vec{r}' — 质点相对运动参照系的位矢

$$\vec{r} = \vec{r}_0 + \vec{r}'$$

绝对位矢 \vec{r} = 牵连位矢 \vec{r}_0 + 相对位矢 \vec{r}'

位移关系: $\Delta\vec{r} = \Delta\vec{r}_0 + \Delta\vec{r}'$

呼应开篇问题: 如何在地面监控站定量确定天宫一号和神州飞船的空间位置。

三、绝对速度, 牵连速度, 相对速度

质点在移动过程中 \vec{r} \vec{r}_0 \vec{r}' 都是时间 t 的函数,

对 $\vec{r}(t) = \vec{r}_0(t) + \vec{r}'(t)$ 两边同时对时间求一阶导数, 根据上一节速度的定义即有速度变换关系(伽利略变换):

$$\vec{v}_{\text{绝}} = \vec{v}_{\text{牵}} + \vec{v}'_{\text{相}}$$

呼应开篇问题: 如何定量确定天宫一号和神州飞船的空间速度及速度关系。

四、加速度变换关系

在 S' 相对于 S 平动的条件下, 有:

$$\vec{a} = \vec{a}_0 + \vec{a}'$$

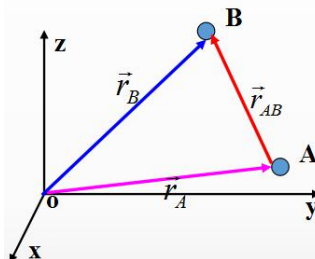
若 $\vec{v}_0 = \text{const}$, $\vec{a}_0 = d\vec{v}/dt = 0$ $\vec{a} = \vec{a}'$

说明: (1) 结论是在物体的运动速度远小于光速时才成立。

(2) $\vec{a} = \vec{a}_0 + \vec{a}'$ 只适用于相对运动为平动的情形。

呼应开篇问题: 如何定量确定天宫一号和神州飞船的空间加速度及加速度关系, 以便定量确定空间对接过程。介绍中国航天成就, 卫星武器、探月工程等介绍。激发学生的爱国主义热情。

小结: 相对运动中位矢、位移、速度及加速度均满足绝对量等于相对量和牵连量之和的矢量关系。



五、同一参考系内各质点间的相对运动

相对位矢 $\vec{r}_{BA} = \vec{r}_B - \vec{r}_A$

\vec{r}_{BA} 是 B 对 A 的位矢

讲授法
听讲解
思考

与开篇问题相呼应, 导出物理量关系, 增强应用, 增进学生学习兴趣。点名如何用所学知识解决实际问题。

讲授法
引导法
听讲解
思考

增强课堂互动, 训练学生利用已学知识导出新的知识点, 点名实际应用。

讨论法
思考
练习

通过易混淆点的讨论教学, 便于学生准确掌握相关知识。

讲授法
听讲解

爱国主义教育。总结规律, 便于掌握。

讲授法
讨论法
听讲解
思考
回答

为利用相对运动规律解决现实问题做铺垫。

相对速度 $\vec{v}_{BA} = \vec{v}_B - \vec{v}_A$

相对加速度 $\vec{a}_{BA} = \vec{a}_B - \vec{a}_A$

这种描述相对运动的方法与上述方法是一致的。 $\vec{r}_B = \vec{r}_A + \vec{r}_{BA}$

【例题讲解】

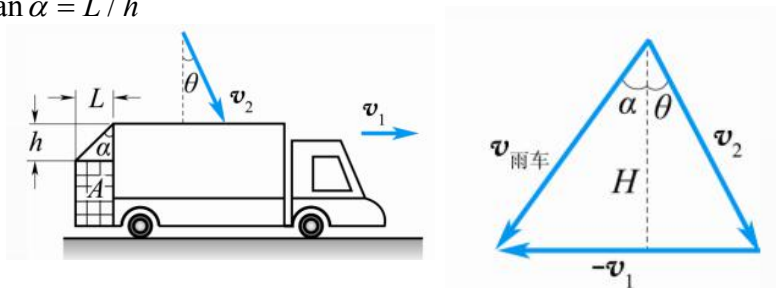
例 1 如左图所示，一汽车在雨中沿直线行驶，其速率为 v_1 ，下落雨滴的速度方向与铅直方向成 θ 角，偏向于汽车前进方向，速率为 v_2 ，车后有一长方形物体 A(尺寸如图所示)，问车速 v_1 多大时，此物体刚好不会被雨水淋湿。

解 因为 $v_{BA} = v_B - v_A$

所以 $v_{雨车} = v_{雨} - v_{车} = v_2 - v_1 = v_2 + (-v_1)$

据此可作矢量图，即此时 $v_{雨车}$ 与铅直方向的夹角为 α ，而由左图有

$$\tan \alpha = L / h$$

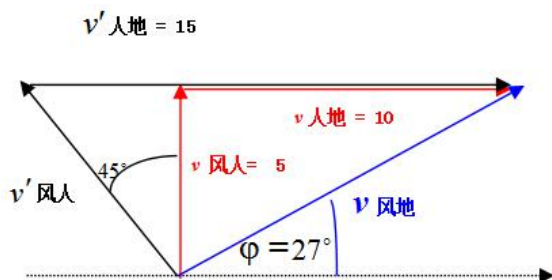


而由图可算得 $H = v_2 \cos \theta$

$$v_1 = v_2 \sin \theta + H \tan \alpha = v_2 \sin \theta + v_2 \cos \theta \frac{L}{h}$$

例 2: 一人骑自行车向东行。在速度为 $10\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 时，觉得有南风；速度增至 $15\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 时，觉得有东南风。求：风的速度。

解 画出速度矢量图如下：



∵ 风的速度不变，

$$v_{风人} + v_{人地} = v_{风地} ,$$

$$v'_{风人} + v'_{人地} = v_{风地}$$

由图中不难得出：

$$v_{风地} = \sqrt{10^2 + 5^2} \approx 11.2\text{m}\cdot\text{s}^{-1} .$$

练习法
讲授法
思考解
答互动
听讲解

通过习题练习和讲解，锻炼学生利用这次课所学知识解决问题。共同探讨式教学抓住学生注意力，增进互动。

风向与正东方向夹角 $\phi = \arctg \frac{5}{10} \approx 27^\circ$ 、即东偏北 27° 。		
<p>【小结】（2分钟）</p> <p>本节课主要学习相对运动及对应的位置矢量、位移、速度和加速度关系，相对运动中位矢、位移、速度及加速度均满足绝对量等于相对量和牵连量之和的矢量关系。大家需要注意参考系中各质点间的相对运动量关系式表示的物理意义及在实际问题中的应用。</p>	归纳法 思考 听讲解	知识点总结 课堂巩固。
<p>【课后作业】：P22 1.9</p> <p>【预习任务】：牛顿运动定律</p>	问题 教学	课后练习加 深对知识点的 理解。
<p>【板书设计】：</p> <p style="text-align: center;">§ 1.3 相对运动</p> <p>一、牛顿的经典时空观和运动的相对性</p> <p>二、位矢 $\vec{r} = \vec{r}_0 + \vec{r}'$</p> <p>三、速度 $\vec{v}_{\text{绝}} = \vec{v}_{\text{牵}} + \vec{v}'_{\text{相}}$</p> <p>四、加速度 $\vec{a} = \vec{a}_0 + \vec{a}'$</p> <p>五、质点间的相对运动 $\vec{r}_{BA} = \vec{r}_B - \vec{r}_A$</p>		突出课堂知 识重点及概 要。

七、教学反思

课堂通过引入空间飞行器对接这一实例对相关概念进行了讨论讲解，采用多媒体和板书相结合的方式，利用多媒体手段进行教学，学生的课后反馈反映学生基本上能够掌握相关知识。课堂气氛较为活跃，整体效果好。

相对运动问题对部分同学来说比较抽象，学习有一定困难，可在例题讲解时强调各参数所对应的物理量，强调物理量间的关系及意义，加强互动性和实践，增加课堂多样性。

注意解题思路的训练，可在总结时再引导学习思考结题思路，以提高学生学习兴趣。

第三讲 质点的动量定理

一、教材分析

本节课内容选自赵近芳主编的《大学物理》第二章第三节。动量定理是动力学问题核心知识，是要求每个学生掌握的最基础知识。教材从牛顿定律的微分表述出发，推导得出力对时间积累等于动量的改变量这一动量定理表述，这一定理能解释相关现象和解决一些实际问题。教材内容先讨论动量和冲量定义及物理意义，推导出动量定理的微分和积分形式，再讨论质点动量定理的具体应用。为增加课堂的互动和吸引力，本节课从飞机撞鸟这一现象引入讨论，推导得出动量定理积分形式，又结合几个例子的讨论来帮助学生理解，巩固相关知识。

二、学情分析

学生高中阶段已经接触过动量概念，为这部分学习奠定了一定基础。但大部分学生对这部分知识的理解不够透彻，掌握不够牢固，特别在针对实际问题抓取物理情境，建立模型来解决问题的能力需要进一步提升。部分同学对这部分知识存在畏难情绪。部分学生上课专注度不够。

因此，为增加学生兴趣提高课堂效果，需通过生活中实际问题来引出问题进行讨论，并通过相应例题讨论予以巩固，讨论过程中强调规律得出的逻辑性，突出解决问题思路培养，通过多互动，抓住学生的注意力。

三、教学目标

根据教学大纲的规定，按照质量工程的教育要求，结合学生的实际情况，确定本次课的教学目标如下：

知识目标：

- (1) 掌握动量定理的微分和积分推导、表达式及物理意义；
- (2) 掌握利用动量定理在实例中的应用；

能力目标：

- (1) 通过实例讲解培养学生利用动量定理分析问题、解决问题的能力，培养思考解决问题的思维方式；
- (2) 使学生深刻理解动量定理的物理意义，能利用动量定理解决实际问题。

情感及德育目标：

- (1) 培养学生自信、勤奋、善于思考、严谨治学的学习态度和ación精神；
- (2) 通过结合生活中实例讨论，引导学生深刻理解动量定理的物理意义和掌握利用动量定理解决问题的能力，培养解决问题的思维方式，激发学生的学习兴趣、求知欲。
- (3) 通过联系动量变化是力对时间的积累效果，引申到同学学业，要取得成功，不但需要付出努力，还需要持续努力。

四、教学重点与难点

- (1) 重点、难点的确立

教学重点：动量的物理意义、动量定理及其应用。

动量定理是力学基本定理之一，理解动量及动量定理表征的物理意义是后续学习的基础。

教学难点：动量定理的物理意义及动量定理的应用。

学生对积分和微分形式数学表达式所表达的物理意义理解不够；特别是在如何利用动量定理解决问题过程中，对抓取物理情境，建立模型讨论问题方面信心和方法不足，故将其确定为教学难点。

- (2) 重点难点的处理

为增加课堂的互动和吸引力，本节课从飞机撞鸟这一现象引入讨论，得出动量定理积分形式，又结合几个例子的讨论来帮助学生理解，巩固相关知识。具体讲解过程做到讲解清楚动量定理反映的物理意义，强调规律得出的逻辑性，突出解决问题的思路培养，注意课堂引导，抓住学生的注意力，提升课堂教学效果。以深入浅出，层层递进的教学方法，辅助以 PPT 演示、实例讲解，启发式引导，充分发挥学生的主体作用，使学生迅速理解并充分掌握相关知识点。


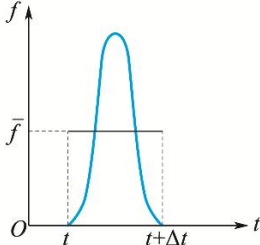
五、教学方法

- (1) 多媒体辅助教学法。通过课件设计使教学更直观、更生动。激发学生的学习兴趣，调动学习积极性，从而达到提高课堂教学效率的目的。

- (2) 启发式教学，通过多个实例，强调师生互动，使学生自主学习，掌握动量定理及具体问题中的应用。

- (3) 最后，通过归纳总结，实例练习，引导学生学习物理思维方式在解决问题中的应用，激发学生自学兴趣。

六、教学进程

教师教学	教学方法 学生活动	设计意图
<p>【课程导入】（5分钟）</p> <p>演示实验：为什么迅速地把盖在杯上的薄板从侧面打去，鸡蛋就掉在杯中；慢慢地将薄板拉开，鸡蛋就会和薄板一起移动？</p> 	<p>演示法 提问法 互动法 讨论 回答</p>	<p>通过具体实验引入课题，提出问题让学生思考，调动学生兴趣。</p>
<p>【重难点指引】（2分钟）</p> <p>1、动量及动量定理各自表征的物理意义。 2、利用动量定理来解决具体实际问题。</p>	<p>引导法 思考 听讲解</p>	<p>让学生带目标学习，增强学习动力。</p>
<p>【新课教学】（36分钟）</p> <p>提问：为什么迅速地把盖在杯上的薄板从侧面打去，鸡蛋就掉在杯中；慢慢地将薄板拉开，鸡蛋就会和薄板一起移动？两个过程哪些物理量发生了改变？</p> <p>教师讲解：比较两种情境下鸡蛋经历的过程，鸡蛋的状态都发生了变化，由前期知识我们知道力是使物体状态发生改变的原因，两种情境下鸡蛋受力大小和方向我们很容易得出是相同的，那究竟是什么导致最终状态不同呢？这就是我们今天要学习的动量定理。</p> <p style="text-align: center;">§ 2.3 质点的动量定理</p> <p style="text-align: center;">力的积累效应——$\left\{ \begin{array}{l} \text{力的时间积累} - \text{动量定理} \\ \text{力的空间积累} - \text{动能定理} \end{array} \right.$</p> <p>一、质点的动量定理</p> <p>（1）力的冲量 外力对时间的积累作用可以改变物体的运动状态。物理上把力的时间积累称为力的冲量，用 I 表示</p> <p>对恒力 $I = F \cdot \Delta t$</p> 	<p>讨论法 讲授法 思考 回答 讨论 听讲解</p> <p>讲授法 听讲解</p>	<p>通过问题导向法能激发学生探究问题的兴趣。利用前期知识，建立模型。巩固前期知识的应用。</p> <p>介绍力对时间和空间的积累效果，为后续知识点做准备。</p>

<p>对变力 $\Delta I_i = \mathbf{F}(t_i) \cdot \Delta t_i$ $I = \sum_i \mathbf{F}(t_i) \cdot \Delta t_i$</p> <p>或 $I = \int_{t_0}^t \mathbf{F}(t) dt = \bar{\mathbf{F}}(t - t_0)$ (积分中值定理)</p> <p>(2) 动量的引入、质点的动量定理</p> <p>在牛顿力学中, 质量可视为常数, 故, $\mathbf{F} = m \frac{d\mathbf{v}}{dt} = \frac{d(m\mathbf{v})}{dt}$</p> <p>即 $\mathbf{F} dt = d(m\mathbf{v})$ $\therefore \int_{t_1}^{t_2} \mathbf{F} dt = m\mathbf{v}_2 - m\mathbf{v}_1$</p> <p>式中 $m\mathbf{v}$ 称为物体的动量, 记作 \mathbf{p}, 表征物体处于的瞬间状态量。 上式表示: 作用在物体上的合外力的冲量等于物体动量的增量。</p> <p>(3) 质点的动量定理</p> $\vec{F}_{\text{合}} = \frac{d\vec{p}}{dt} \Rightarrow \vec{F}_{\text{合}} dt = d\vec{p} = d(m\vec{v}) \quad \text{微分形式}$ $\int_{t_1}^{t_2} \vec{F}_{\text{合}} dt = \int_{\vec{p}_1}^{\vec{p}_2} d\vec{p} = \vec{p}_2 - \vec{p}_1 = m\vec{v}_2 - m\vec{v}_1 \quad \text{积分形式}$ $\therefore \vec{I}_{\text{合}} = \vec{p}_2 - \vec{p}_1$ <p>作用于物体上的合外力的冲量等于物体动量的增量。 合力对时间的积累效果使物体状态发生改变</p> <p>通过联系动量变化是力对时间的积累效果, 引申到同学学业, 要取得成功, 不但需要付出努力, 还需要持续努力。</p> <p>在直角坐标系中:</p> $I_{\text{合}x} = \int_{t_1}^{t_2} F_{\text{合}x} dt = mv_{2x} - mv_{1x}$ $I_{\text{合}y} = \int_{t_1}^{t_2} F_{\text{合}y} dt = mv_{2y} - mv_{1y}$ $I_{\text{合}z} = \int_{t_1}^{t_2} F_{\text{合}z} dt = mv_{2z} - mv_{1z}$ <p>冲力: 两物体在碰撞的瞬时相互作用力 平均冲力 (碰撞时间短, 冲力值变化迅速):</p>	<p>讲授法 听讲解 思考</p> <p>讲授法 引导法 听讲解 思考</p> <p>讲授法 引申法 听讲解</p>	<p>讲解冲量的定义为动量定理讲解做准备</p> <p>由牛顿定律导出动量定理的两种形式, 体现知识的关联性及定律的正确性。分量形式的讲解为后续具体实例解题做铺垫。</p> <p>通过引申对比到同学的学业, 对学生进行学业引导教育。</p>
--	---	--

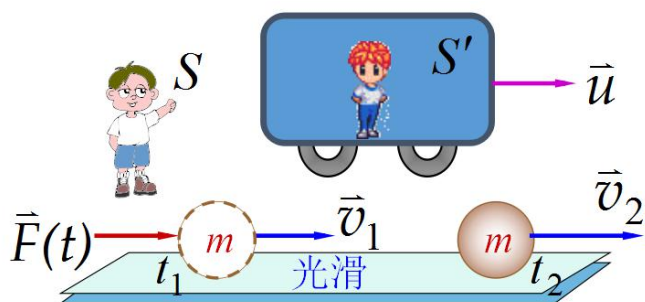
$$\vec{F} = \frac{\vec{I}}{\Delta t} = \frac{\int_{t_1}^{t_2} \vec{F} dt}{t_2 - t_1} = \frac{\vec{p}_2 - \vec{p}_1}{t_2 - t_1}$$

飞鸟撞机、打桩机打桩等现象可用动量定理定性解释。

注意：

- (1) 公式中的 F 应为合外力；
- (2) 动量、冲量、力都是矢量，冲量的方向是动量变化的方向；
- (3) 动量定理也只对惯性系成立。

讨论：动量的相对性和动量定理的不变性



参考系	t_1 时刻	t_2 时刻	动量定理
S系	$m\vec{v}_1$	$m\vec{v}_2$	$\int_{t_1}^{t_2} \vec{F}(t) dt = m\vec{v}_2 - m\vec{v}_1$
S'系	$m(\vec{v}_1 - \vec{u})$	$m(\vec{v}_2 - \vec{u})$	

二、质点的动量定理应用

例题 1



答：因为鸡蛋和薄板间的摩擦力有限，若棒打击时间很短， $\therefore \vec{F}_f \Delta t \rightarrow 0, \therefore \Delta \vec{P}_{\text{蛋}} \rightarrow 0$ 所以鸡蛋就掉在杯中。

呼应开篇问题：两种情境下鸡蛋受力大小和方向相同的，只是两种情况摩擦力的作用时间不同，导致冲量不同即状态改变量不同。

讨论法
思考
练习

实例增强课堂互动，训练学生利用已学知识解释现实现象。

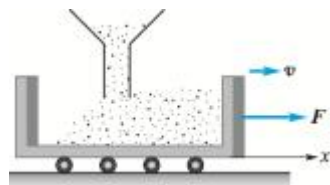
讲授法
讨论法
听讲解
思考
回答

通过易混淆点的讨论教学，便于学生准确掌握相关知识点。

练习法
讲授法
思考
解答
互动
听讲解

回应新课引入问题，通过习题练习和讲解，锻炼学生利用这次课所学知识解决问题。共同探讨式教学抓住学生注意力，增进互动。

例题 2 如图所示，一辆装矿砂的车厢以 $v=4\text{m/s}$ 的速率从漏斗下通过，每秒落入车厢的矿砂为 $k=200\text{kg/s}$ ，如欲使车厢保持速率不变，须施与车厢多大的牵引力？（忽略车厢与地面的摩擦力）



解：设 t 时刻已落到车厢的矿砂质量为 m ，经 dt 后又有 $dm=kdt$ 的矿砂落入车厢。取 m 和 dm 为研究对象，则系统沿 x 方向的动量定理为

$$Fdt = (m + dm)v - (mv + dm \cdot 0) = vdm = kdt \cdot v,$$

则

$$F = kv = 2000 \times 4 = 8 \times 10^3 \text{ (N)}.$$

【小结】（2分钟）：本次课分析讨论动量的物理意义，重点学习了冲量的概念及物理意义，动量定理及动量定理的应用。需要注意如何从物理图像中抽取物理模型，利用动量定理来解决具体问题。

归纳法
思考
听讲解

知识点总结
课堂巩固。

【课后作业】：P54 2.13

【预习任务】：质点系的动量守恒定律

问题
教学

课后练习加
加深对知识点的
理解。

【板书设计】：

§ 2.3 质点的动量定理

一、质点的动量定理

1. 动量 $\vec{p} = m\vec{v}$

2. 冲量 $I = \int_{t_0}^t \vec{F}(t)dt = \vec{F}(t - t_0)$

3. 质点的动量定理 $\vec{I}_{\text{合}} = \vec{p}_2 - \vec{p}_1 \quad \vec{F}_{\text{合}} = \frac{d\vec{p}}{dt}$

二、质点的动量定理应用

突出课堂知
识重点及概
要。

七、教学反思

课堂通过重点强调动量、冲量及动量定理的物理意义，通过一系列实例进行讨论讲解，采用了多媒体和板书相结合的方式的教学，学生的课后反馈反映学生基本上能够掌握相关知识。课堂气氛较为活跃，整体效果好。

学生对于从实际问题抓取物理情境，建立模型来解决实际问题方面信心和办法不足，对动量定理分量形式的应用有误解，可通过更多习题讲解、课堂互动予以强调。

在重视解题思路训练，抓住学生注意力等问题的同时，需要通过各种方式加强课堂管理。

第四讲 动量守恒定律

一、教材分析

本节课内容选自赵近芳主编的《大学物理》第二章第三节。动量守恒定律是《大学物理》课程学习中重要知识，是用来解释一些现象和问题的基础知识，是要求学生掌握的基本知识。教材从推导质点系的动量定理出发，推导出动量守恒定律，突出强调其在具体实例中的应用。为增加课堂的吸引力和互动，本节课从牛顿摆现象和长征五号发射实例引入课题，推导质点系的动量定理及守恒定律，并结合几个例子来帮助学生理解，巩固相关知识。

二、学情分析

学生上节课已经学习了质点的动量定理知识，又已具备基础的高等数学基础，此部分的学习相对简单。但是大部分学生在具体应用中，对实际问题抓取物理情境，建立模型来解决实际问题的能力需要进一步提升。由于各种原因，部分同学学习积极性不高，上课专注度不够。

因此，需通过生活中实际问题来引出问题进行讨论，增加学生兴趣，强调规律得出的思路，突出解决问题的思路培养，课堂通过多互动，加强课堂管理抓住学生的注意力，提升课堂教学效果。

三、教学目标

根据教学大纲的规定，按照质量工程的教育要求，结合学生的实际情况，确定本次课的教学目标如下：

知识目标：

- (1) 掌握质点系的动量定理的表达式及物理意义；
- (2) 掌握动量守恒定律的成立条件以及在解决具体问题中的应用；

能力目标：

- (1) 通过推导讲解培养学生利用已学知识进一步探究的能力和培养解决问题的思维方式；
- (2) 深刻理解动量守恒定律的物理意义，使学生能利用动量守恒定律解决实际问题。

情感及德育目标：

- (1) 培养学生自信、勤奋、善于思考、严谨治学的学习态度和精
- (2) 通过生活中实例，引导学生联系实例深刻理解动量守恒的物理意义和掌握用它解决问题，培养解决问题的思维方式，激发学生的学习兴趣、求知欲。
- (3) 通过介绍长征五号火箭发射原理，引申到简要介绍我国航天火箭发展历史，激发学生爱国主义热情。

四、教学重点与难点

- (1) 重点、难点的确立

教学重点：动量守恒定律的推导、前提条件及具体应用。

动量守恒是力学基本守恒定律之一，理解质点系的动量定理及守恒定律是后续学习的基础。

教学难点：动量守恒定律的具体应用。

讨论得出质点系的动量定理及守恒定律相对容易，学生在针对实际问题抓取物理情境，建立模型来解决实际问题方面信心和方法不足，特别是守恒定律的分量形式的应用，学生可能理解不够透彻，故将其确定为教学难点。

- (2) 重点难点的处理

先需通过生活中实际问题来引出问题进行讨论，增加学生兴趣，讲解清楚动量守恒定律反映的物理意义，需要特别强调在应用中守恒定律分量形式的应用条件，讨论过程中还是需要突出解决问题的思路的培养，课堂通过多互动，抓住学生的注意力，加强课堂管理，提升课堂教学效果。以深入浅出，层层递进的教学方法，辅助以 PPT 演示、实例讲解，启发式引导充分发挥学生的主体作用，使学生迅速理解并充分掌握动量守恒定律问题。

五、教学方法

- (1) 多媒体辅助教学法。通过课件设计使教学更直观、更生动。激发学生的学习兴趣，调动学习积极性，从而达到提高课堂教学效率的目的。

- (2) 启发式教学，通过多个实例，强调师生互动，使学生自主学习，掌握动量守恒定律及解决具体实际问题。

- (3) 最后，通过归纳总结，实例练习，引导学生学习物理思维方式在解决问题中的应用，激发学生自学兴趣。

六、教学进程

教师教学	教学方法 学生活动	设计意图
<p>【课程导入】（4分钟）</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div> <p>图片示例：牛顿摆原理是什么？长征火箭发射原理是否可以用动量守恒定律来解释呢？</p>	<p>演示法 提问法 互动法 讨论 回答</p>	<p>通过具体实验引入课题，提出问题让学生思考，调动学生学习兴趣。</p>
<p>【重难点指引】（2分钟）</p> <p>1、动量守恒定律物理意义。 2、利用动量守恒定律来解决具体实际问题。</p>	<p>引导法 思考 听讲解</p>	<p>让学生带目标学习，增强学习动力。</p>
<p>【新课教学】（36分钟）</p> <p>提问：除了以上两个示例，生活中还有其他类似的例子，比如枪械射击时的后座力，两个滑冰者在冰面互推等，我们可以用什么样的原理来解释这些现象呢？这就是我们今天要学习的动量守恒定律。</p> <p style="text-align: center;">§ 2.3 质点的动量定理(二)</p> <p>一、质点系的动量定理</p> <p>(1) i质点所受合力： 内力：质点系内各质点间的相互作用力。 外力：外界对质点系内质点的作用力。</p> $\mathbf{F}_{i\text{外}} + \sum_{j=1}^{n-1} \mathbf{f}_{ji}$  <p>(2) i质点动量定理</p> $\int_{t_1}^{t_2} \mathbf{F}_{i\text{外}} dt + \int_{t_1}^{t_2} \left(\sum_{j=1}^{n-1} \mathbf{f}_{ji} \right) dt = m_i \mathbf{v}_{i2} - m_i \mathbf{v}_{i1}$	<p>引入法 听讲解</p> <p>讨论法 讲授法 思考 回答 讨论 听讲解</p>	<p>通过问题导向法能激发学生探究问题的兴趣。</p> <p>利用前期知识，建立模型，巩固前期知识的应用。</p>

(3) 质点系的动量定理 (对 i 求和)

$$\sum_i^n \int_{t_1}^{t_2} \mathbf{F}_{i\text{外}} dt + \sum_i^n \int_{t_1}^{t_2} \left(\sum_{j=1}^{n-1} \mathbf{f}_{ji} \right) dt = \sum_i^n m_i \mathbf{v}_{i2} - \sum_i^n m_i \mathbf{v}_{i1}$$

在相同的 $t_1 \rightarrow t_2$ 时间内, 力的冲量和等于合力的冲量。即上式的积分和求和的顺序可以交换, 所以得

$$\int_{t_1}^{t_2} \sum_i^n \mathbf{F}_{i\text{外}} dt + \int_{t_1}^{t_2} \left(\sum_i^n \sum_{j=1}^{n-1} \mathbf{f}_{ji} \right) dt = \sum_i^n m_i \mathbf{v}_{i2} - \sum_i^n m_i \mathbf{v}_{i1}$$

因内力成对出现, $\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{n-1} \mathbf{f}_{ji} = \mathbf{0}$ 这说明, 内力对系统的总动量无贡献。

$$\therefore \int_{t_1}^{t_2} \sum_i^n \mathbf{F}_{i\text{外}} dt = \sum \mathbf{F}_{\text{外}} \cdot \Delta t = \sum \mathbf{P}_2 - \sum \mathbf{P}_1$$

即 合外力的冲量 = 质点系动量的增量。

二、动量守恒定律

守恒条件: $\sum \mathbf{F}_{i\text{外}} = \mathbf{0}$, $\sum \mathbf{P}_2 = \sum \mathbf{P}_1$

注意事项:

若 $\sum \mathbf{F}_{i\text{外}} = \mathbf{0}$, 则系统无论沿那个方向的动量都守恒;

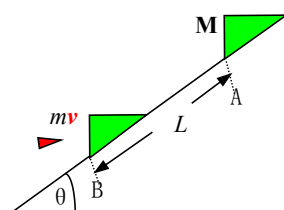
若 $\sum \mathbf{F}_{i\text{外}} \neq \mathbf{0}$, 但若某一方向的合外力零, 则该方向上动量守恒; 必须把系统内各量统一到同一惯性系中;

若作用时间极短, 而系统又只受重力作用, 则可略去重力, 而运用动量守恒。

呼应篇首提问: 用动量定理解释牛顿摆和长征五号发射原理。

三、动量守恒定律的应用

例题 1: 质量为 M 的木块在光滑的固定斜面上由 A 点从静止开始下滑, 当经过路程 L 运动到 B 点时, 木块被一颗水平飞来的子弹射中, 子弹立即陷入木块内。设子弹的质量为 m , 速度为 v 。求子弹射中木块后, 子弹与木块的共同速度。



解: 这个问题有两个物理过程:

第一过程为木块 M 沿光滑的固定斜面下滑, 到达 B 点时速度的大小为

$$v_1 = \sqrt{2gl\sin\theta}, \text{ 方向: 沿斜面向下。}$$

讲授法
推导法
听讲解

由单个质点的受力分析推导出质点系所受合力。

推导法
讲授法
引导法
听讲解
思考

推导得出动量守恒的条件。并强调其应用注意事项。与篇首问题相呼应, 增强针对性。

通过长征五号火箭的简要介绍激发学生的爱国热情。

练习法
讲授法
引导法
思考
练习
听讲解

注意讲解过程中的分析问题思维方式的培养。互动过程中加强课堂管理, 督促每位同学都参与进来。

第二个过程：子弹与木块作完全非弹性碰撞。在斜面方向上，内力的分量远远大于外力，动量近似守恒，以斜面向上为正，则有

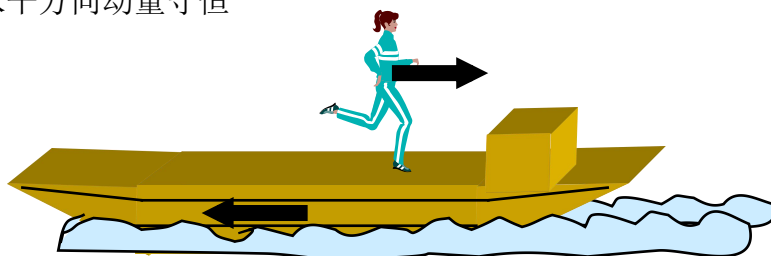
$$mv\cos\theta - Mv_1 = (m+M)v,$$

得
$$v = \frac{mv\cos\theta - M\sqrt{2gl\sin\theta}}{m+M}。$$

例题 2：一质量 $m_1=50\text{kg}$ 的人，站在质量 $m=200\text{kg}$ 长为 $L=4\text{m}$ 的船的船头上，开始时船静止。试求人走到船尾时，船移动的距离。水的阻力不计。

解：设人对船的速度为 v_1 ，船对静止水的速度为 v_2 。

水平方向动量守恒



$$0 = m_1(v_1 + v_2) + m_2v_2$$

$$v_2 = -\frac{m_1v_1}{m_1 + m_2}, \quad \Delta x = \int_0^t v_2 dt = -\frac{m_1}{m_1 + m_2} \int_0^t v_1 dt$$

$$\because L = \int_0^t v_1 dt, \quad \therefore \Delta x = -\frac{m_1L}{m_1 + m_2} = -0.8\text{m}$$

负号表示船移动的方向与人前进的方向相反。

【小结】（3 分钟）

本次课主要推导了质点系的动量定理，从而推出质点系的动量守恒定律，重点强调了动量守恒定律的应用。掌握基本定律的同时，强调分析问题的思维方式的训练，做到能利用动量守恒来分析现实生活中的具体问题。

【课后作业】：P55 2.23

【预习任务】：功 动能 势能

练习法
讲授法
引导法
思考
练习
听讲解

实例增强课堂互动，训练学生利用已学知识解释现实现象。

归纳法
思考
听讲解

知识点总结
课堂巩固

问题
教学

课后练习加深
对知识点的理解。

<p>【板书设计】：</p> <p style="text-align: center;">§ 2.3 质点的动量定理</p> <p>一、质点系的动量定理</p> $\int_{t_1}^{t_2} \sum_i^n \bar{\mathbf{F}}_{i\text{外}} dt = \sum \bar{\mathbf{F}}_{\text{外}} \cdot \Delta t = \sum \bar{\mathbf{P}}_2 - \sum \bar{\mathbf{P}}_1$ <p>二、动量守恒定律</p> <p>守恒条件：$\sum \bar{\mathbf{F}}_{i\text{外}} = 0$，$\sum \bar{\mathbf{P}}_2 = \sum \bar{\mathbf{P}}_1$</p> <p>三、动量守恒定律的应用</p>		突出课堂知识重点及概要。
---	--	--------------

七、教学反思

课堂通过分析质点系中单个质点的动量定理，推导得出质点系的动量定理及动量守恒定律，并通过互动练习，引导学生进行分析问题的思维方式训练，采用多媒体和板书相结合的方式教学，课堂气氛较为活跃，整体效果好。

对动量守恒定律应用的注意事项强调不够，特别是质点系所受合外力不为零时，某个方向上的分力之和为零的情况，未通过示例讲解加深学生的印象，学生对从实际问题抓取物理情境，建立模型来解决实际问题方面信心和方法不足，对动量守恒定律分量形式的应用有误解。

针对部分学生厌学情绪，课堂管理有必要加强，还可想更多办法抓住学生注意力。

第五讲 质点系的动能定理及功能原理

一、教材分析

本节课内容选自赵近芳主编的《大学物理》第二章第四节。动能定理及功能原理是《大学物理》课程学习核心知识，是用来解决诸多问题的基本定理和原理，是要求学生必须掌握的基本知识。教材从单个质点的动能定理推导质点系的动能定理、功能原理以及机械能守恒定律。突出强调它们在具体实例中的应用。为增加课堂的吸引力和互动，本节课引入黑洞实例提出问题，推导质点系的动能定理和机械能守恒定律，结合几个例子来帮助学生理解，巩固相关知识。

二、学情分析

学生上节课已经学习了质点的动能定理知识，又已有一定的高等数学基础，本节内容主要利用已有知识进行推导，相对简单。但大部分学生对物理意义的理解不够重视，且存在从实际问题抓取物理情境，建立模型来解决实际问题的能力不足的问题。开学已有几周，部分学生学习积极性下降，上课专注度不够。

因此，在课堂讲解过程中应更多结合实际问题来讨论，增加学生兴趣，强调规律得出的思路，突出解决问题的思路培养，课堂通过多互动，加强课堂管理抓住学生的注意力，提升课堂教学效果。

三、教学目标

根据教学大纲的规定，按照质量工程的教育要求，结合学生的实际情况，确定本次课的教学目标如下：

知识目标：

- (1) 掌握质点系动能定理的表达式及功能原理的物理意义；
- (2) 掌握机械能守恒定律的成立条件以及在解决具体问题中的应用；

能力目标：

- (1) 通过推导讲解培养学生利用已学知识进一步探究的能力和培养解决问题的思维方式；
- (2) 深刻理解功能原理的物理意义，使学生能利用功能原理及机械能守恒定律解决实际问题。

情感及德育目标：

- (1) 培养学生自信、勤奋、善于思考、严谨治学的学习态度和精
- (2) 通过生活中实例，引导学生联系实例深刻理解功能原理的物理意义和利用它解决问题，培养解决问题的思维方式，激发学生的学习兴趣、求知欲。
- (3) 介绍黑洞概念，引申到生活中的黑洞，对学生进行安全教育，如毒品和网络贷款，通过宇宙速度讨论，对比国际科技水平，激发学生爱国主义热情。

四、教学重点与难点

- (1) 重点、难点的确立

教学重点：质点系动能定理及功能原理的推导及具体应用。

功能原理是物理学基本原理之一，功能原理及机能量守恒定律有着广泛应用。

教学难点：功能原理的具体应用。

讨论得出质点系的动能定理及功能原理相对容易，学生在针对实际问题抓取物理情境，建立模型解决实际问题方面信心和方法不足，特别是由功能原理推导出机械能守恒定律的应用前提，学生可能理解不够透彻，故将其确定为教学难点。

- (2) 重点难点的处理

先通过生活中实际问题来引出问题进行讨论，增加学生兴趣，重点突出功能原理反映的物理意义，需要特别强调具体应用中，机械能守恒定律的应用条件，讨论过程中还需要突出解决问题的思路培养，课堂通过多互动，抓住学生的注意力，加强课堂管理，提升课堂教学效果。以深入浅出，层层递进的教学方法，辅助以 PPT 演示、实例讲解，启发式引导充分发挥学生的主体作用，使学生迅速理解并充分掌握质点系的动能定理及功能原理问题。


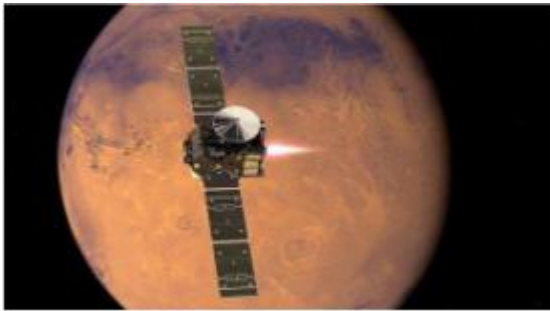
五、教学方法

- (1) 多媒体辅助教学法。通过课件设计使教学更直观、更生动。激发学生的学习兴趣，调动学习积极性，从而达到提高课堂教学效率的目的。

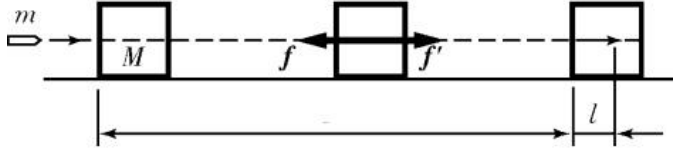
- (2) 启发式教学，通过多个实例，强调师生互动，使学生自主学习，掌握功能原理及解决具体实际问题的方法。

- (3) 最后，通过归纳总结，实例练习，引导学生学习物理思维方式在解决问题中的应用，激发学生自学兴趣。

六、教学进程

教师教学	教学方法 学生活动	设计意图
<p>【课程导入】（4分钟）</p> <p>图片示例：</p> <p>1、黑洞是什么？为什么会产生黑洞这种效果？</p>  <p>2、发射火星探测器的速度有什么要求？</p> 	<p>演示法 提问法 互动法 讨论 回答</p>	<p>通过具体实验引入课题，提出问题让学生思考，调动学生兴趣。</p>
<p>【重难点指引】（2分钟）</p> <p>1、质点系的动能定理及功能原理的推导。</p> <p>2、机械能守恒定律及应用。</p>	<p>引导法 思考 听讲解</p>	<p>让学生带目标学习，增强学习动力。</p>
<p>【新课教学】（36分钟）</p> <p>提问：前面从动量的角度，讨论得到质点系的动量守恒定律，现在从能量角度再来讨论质点系，看我们能得到什么结论，能否用这结论来解释初略解释黑洞理论和太空探测器的速度要求。</p> <p style="text-align: center;">§ 2.4 动能定理 机械能守恒定律</p> <p>一、质点系的动能定理</p> <p>如果研究对象是几个物体组成的物体系， F表示外力，F_{12}与F_{21}表示内力，则有</p> $\text{对 } m_1: \quad \mathbf{F} \cdot \mathbf{S}_1 + \mathbf{F}_{12} \cdot \mathbf{S}_1 = \frac{1}{2} m_1 v_1^2 - \frac{1}{2} m_1 v_{10}^2$ $\text{对 } m_2: \quad \mathbf{F}_{21} \cdot \mathbf{S}_2 = \frac{1}{2} m_2 v_2^2 - \frac{1}{2} m_2 v_{20}^2$	<p>引入法 听讲解</p> <p>推导法 讨论法 讲授法 思考 讨论 听讲解</p>	<p>通过问题导向法能激发学生探究问题的兴趣。</p> <p>利用质点动能定理知识，建立模型，讨论推导出质点系的动能定理。</p>

<p>对 $m_1 + m_2$:</p> $\begin{aligned} & \mathbf{F} \cdot \mathbf{S}_1 + \mathbf{F}_{12} \cdot \mathbf{S}_1 + \mathbf{F}_{21} \cdot \mathbf{S}_2 \\ &= \left(\frac{1}{2} m_1 v_1^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2^2 \right) - \left(\frac{1}{2} m_1 v_{10}^2 + \frac{1}{2} m_2 v_{20}^2 \right) \end{aligned}$ <p>上式表明, 合外力的功与内力的功的总和等于物体系动能的增量。即</p> $A_{\text{外}} + A_{\text{内}} = E_k - E_{k0}$ <p>上式称为物体系的动能定理。当时 $A_{\text{外}} + A_{\text{内}} = 0$, $E_k = E_{k0}$, 物体系的动能守恒。</p> <p>二、功能原理</p> <p>对于单个质点 $A_i = E_{ik2} - E_{ik1}$,</p> <p>对于质点系, 因其受力有外力 $A_{i\text{外}}$、内保守力 $A_{i\text{内保}}$、内非保守力 $A_{i\text{内非}}$</p> $\therefore A_{i\text{外}} + A_{i\text{内保}} + A_{i\text{内非}} = E_{ik2} - E_{ik1}。$ <p>对 i 求和:</p> $A_{\text{外}} + A_{\text{内保}} + A_{\text{内非}} = E_{k2} - E_{k1}$ <p>其中: $A_{\text{外}} = \sum_i A_{i\text{外}}$、$A_{\text{内保}} = \sum_i A_{i\text{内保}}$、$A_{\text{内非}} = \sum_i A_{i\text{内非}}$、$E_{K2} = \sum_i E_{ik2}$、$E_{k1} = \sum_i E_{ik1}$。</p> <p>对每一对内部保守力均有 $\int_{i_1}^{i_2} \mathbf{F}_{i\text{内保}} \cdot d\mathbf{r} = -\Delta E_{pi}$, 所以内部保守力功的和等于系统势能增量的负值, 即 $A_{\text{内保}} = -(E_{p2} - E_{p1})$。</p> <p>若引入 $E = E_k + E_p$, 则可得</p> $A_{\text{外}} + A_{\text{内非}} = E_2 - E_1。 \quad \text{功能原理}$ <p>三、机械能守恒定律</p> <p>(1) 守恒条件:</p> $A_{\text{外}} + A_{\text{内非}} = 0$ <p>$A_{\text{外}} = 0$ 系统与外界无机械能交换</p> <p>$A_{\text{内非}} = 0$ 说明系统内部无机械能与其他能量间转换</p> <p>(2) 当系统机械能守恒时, 应有 $\Delta E_k = -\Delta E_p$。</p> <p>呼应篇首问题, 火星探测器要逃离地球, 需要动能大于地球对其的吸引势能。由此可以由机械能守恒定律初步算的三大宇宙速度。</p>	<p>讲授法 推导法 听讲解</p>	<p>导出功能原理, 强调做功和能量的统一性</p> <p>推导得出机械能守恒的条件。并强调其应用注意事项。与篇首问题相呼应, 增强针对性。</p>

<p>四、能量转换与守恒律</p> <p>在一个孤立系统内，各种形态的能量可以相互转换，但无论怎样转换，这个系统的总能量将始终保持不变。</p> <p>五、例题讲解：</p> <p>例题 1：什么是黑洞？</p> <p>据天文学家观测，宇宙中有一个奇怪的天体，它的引力极强，连速度最快的光也休想从它那里逃脱，所以人们看不见它，称它为黑洞。</p> <p>黑洞并不是实实在在的星球，而是一个几乎空空如也的天区。黑洞又是宇宙中物质密度最高的地方，黑洞中的物质集中在天区的中心。这些物质具有极强的引力，任何物体只能在这个中心外围游弋。一旦不慎越过边界，就会被强大的引力拽向中心，落到黑洞中心。对于黑洞系统引力势能非常大，以致内部物质无法逃逸，边沿物质易被俘获。黑洞是一个名副其实的太空魔王。</p> <p>生活当中也有类似危险的东西，比如毒品和网贷，同学们可能有所了解，大家必须慎重远离他们，一旦惹上，他们将吞噬你们没好的人生。</p> <p>呼应篇首提问，解释黑洞和对学生进行安全教育。</p> <p>例题 2：在光滑的水平台面上放有质量为 M 的沙箱，一颗从左方飞来质量为 m 的弹丸从箱左侧击入，在沙箱中前进一段距离 l 后停止。在这段时间内沙箱向右运动的距离为 ξ，此后沙箱带着弹丸以匀速运动。求此过程中内力所做的功。(假定子弹所受阻力为一恒力)</p>  <p>解 设子弹对沙箱作用力为 f'；沙箱对子弹作用力为 f</p> <p>则这一对内力的功 $W = -f(\xi + l) + f'\xi = -fl \neq 0$</p>	<p>讲授法 听讲解 思考</p> <p>练习法 讲授法 引导法 思考 练习 听讲解</p> <p>练习法 讲授法 引导法 思考 练习 听讲解</p>	<p>讲述能量转换与守恒定律。</p> <p>注意讲解过程中的分析问题思维方式的培养。</p> <p>互动过程中加强课堂管理，督促每位同学都参与进来。</p> <p>对学生进行安全教育</p> <p>实例增强课堂互动，训练学生利用已学知识解释实现象。</p>
<p>【小结】（3 分钟）</p> <p>本次课主要推导了质点系的动能定理，从而推导出功能原理以及机械能守恒定律，重点强调了功能原理的物理意义，以及动能守恒定律的应用。掌握基本定律的同时，强调分析问题的思维方式的训练，做到能利用动能守恒定律来分析现实生活中的具体问题。</p>	<p>归纳法 思考 听讲解</p>	<p>知识点总结 课堂巩固</p>
<p>【课后作业】：P55 2.24</p> <p>【预习任务】：刚体 刚体的定轴转动</p>	<p>问题 教学</p>	<p>课后练习加强教学效果。</p>

<p>【板书设计】：</p> <p>§ 2.4 动能定理 机械能守恒定律</p> <p>一、质点系的动能定理</p> $A_{\text{外}} + A_{\text{内}} = E_k - E_{k0}$ <p>二、功能原理</p> $A_{\text{外}} + A_{\text{内非}} = E_2 - E_1$ <p>三、机械能守恒定律</p> $A_{\text{外}} + A_{\text{内非}} = 0 \quad \Delta E_k = -\Delta E_p$ <p>四、能量转换与守恒律</p>		突出课堂知识重点及概要。
--	--	--------------

七、教学反思

课堂通过分析质点系中单个质点的动能定理，推导得出质点系的动能定理、功能原理及机械能守恒定律，并通过互动练习，进行分析问题的思维方式训练，采用多媒体和板书相结合的方式进行教学，课堂气氛较为活跃，整体效果好。

对功能原理表征的物理意义强调不够，可通过实例补充讲解。课堂可多鼓励引导学生刻意培养从实际问题抓取物理情境，建立模型，训练思维方式。

针对部分学生厌学情绪，课堂管理需要常抓不懈，除教学设计上增强课堂吸引力，还可与辅导员共同做好学生学习管理。

第六讲 质点的角动量定理及角动量守恒定律

一、教材分析

本节课内容选自赵近芳主编的《大学物理》第三章第四节。角动量定理是《大学物理》课程的重要知识，是用来解决一般转动问题的基本原理。教材从介绍质点角动量的概念出发，推导出质点的角动量定理，再进一步得出质点角动量守恒的条件，再应用这些知识来解决相应的具体问题。思路清晰，逻辑严密。为增强课堂的吸引力和互动，本节课从地球绕太阳公转这一具体现象引入新课，结合多个具体例题讲解，帮助学生理解，巩固相关知识。

二、学情分析

学生上节课已经学习了质点力矩以及转动定律相关知识，又已有基础的高等数学基础，有了学习新知识的基础。但是角动量是个全新问题，学生有自然的心理畏难情绪，学生对力矩的作用以及转动定律的物理意义掌握程度可能不佳，信心不够。学习兴趣有所下降，上课专注度不够。

因此，需在课堂讲解过程中更多结合实际问题进行讨论，增加学生兴趣，强调规律得出的思路，突出解决问题的思路培养，课堂通过多互动，加强课堂管理抓住学生的注意力，提升课堂教学效果。

三、教学目标

根据教学大纲的规定，按照质量工程的教育要求，结合学生的实际情况，确定本次课的教学目标如下：

知识目标：

- (1) 掌握角动量、质点角动量定理的物理意义及其应用；
- (2) 掌握质点的角动量守恒定律及应用。

能力目标：

- (1) 通过讲解角动量概念，推导出角动量定理和角动量守恒定律，培养学生学习新知识的能力，培养进一步探究和解决问题的物理思维方式。
- (2) 深刻理解质点的角动量守恒定律的物理意义，使学生能利用质点的角动量守恒定律解决实际问题。

情感及德育目标：

- (1) 培养学生自信、勤奋、善于思考、严谨治学的学习态度和精
- (2) 通过生活中实例，引导学生联系实例深刻理解质点的角动量守恒定律和利用它解决问题，培养解决问题的思维方式，激发学生的学习兴趣、求知欲。
- (3) 通过分析地球绕太阳公转的实例分析，引申到同学在大学期间一定要给自身立定一个目标，以目标为中心，不断提升自己。对学生进行学业规划教育。

四、教学重点与难点

- (1) 重点、难点的确立

教学重点：角动量，质点的角动量定理及质点的角动量守恒定律。

角动量是一个全新的基本概念，质点的角动量定理是讨论转动问题的基本定理，是后续知识点学习的基础，故将他们列为重点。

教学难点：质点的角动量守恒定律应用。

在介绍新概念和定理的基础上，推导得出质点的角动量守恒定律并即刻运用其来解决相关问题，对学生来说可能存在一定难度，特别是在判断守恒条件是否成立上，对合外力矩是否为零的判断容易混淆，故将其确定为教学难点。

- (2) 重点难点的处理

通过生活中实际问题引出问题进行讨论，增强学生学习兴趣，在讲解时应反复强调角动量、质点角动量定理和守恒定律的物理意义，细致讲解角动量守恒定律的前提条件，再加以实例分析。讨论过程中还是需要突出解决问题的思路培养，课堂通过多互动，抓住学生的注意力，加强课堂管理，提升课堂教学效果。以深入浅出，层层递进的教学方法，辅助以 PPT 演示、实例讲解，启发式引导充分发挥学生的主体作用，使学生迅速理解并充分掌握角动量相关问题。

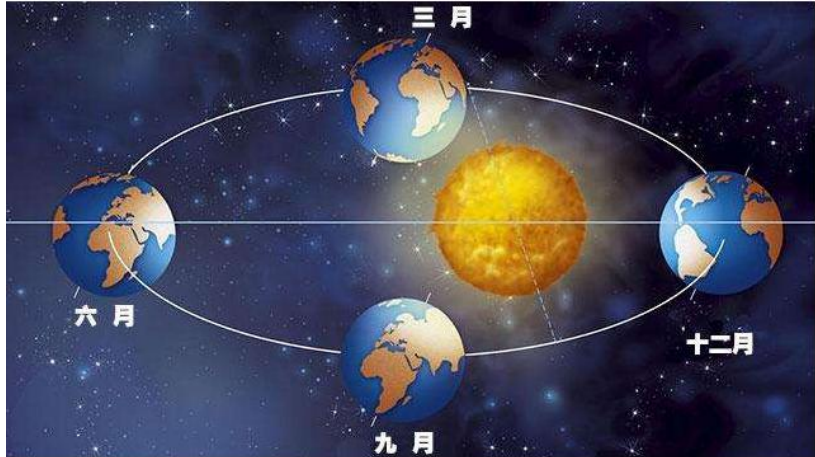
五、教学方法

- (1) 多媒体辅助教学法。通过课件设计使教学更直观、更生动。激发学生的学习兴趣，调动学习积极性，从而达到提高课堂教学效率的目的。

- (2) 启发式教学，通过多个实例，强调师生互动，使学生自主学习，掌握质点的角动量定理及用角动量守恒定律来解决具体实际问题。

- (3) 最后，通过归纳总结，实例练习，引导学生学习物理思维方式在解决问题中的应用，激发学生自学兴趣。

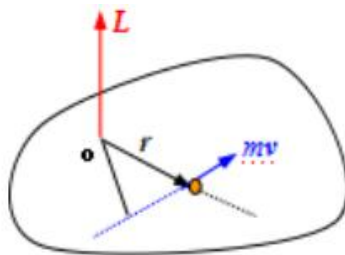
六、教学进程

教师教学	教学方法 学生活动	设计意图
<p>【课程导入】（4分钟）</p> <p>图片示例：1、地球为什么能维持椭圆公转？</p> 	<p>演示法 提问法 互动法 讨论 回答 听讲解</p>	<p>通过具体实验引入课题，提出问题让学生思考，调动学生兴趣。</p>
<p>【重难点指引】（2分钟）</p> <p>1、角动量、质点的角动量定理。 2、质点的角动量守恒定律及应用。</p>	<p>引导法 思考 听讲解</p>	<p>让学生带目标学习，增强学习动力。</p>
<p>【新课教学】（36分钟）</p> <p>提问：前面讨论过描述物体状态的一个物理量——动量，主要适用于瞬间状态和讨论线性问题，但对于比如地球公转这类转动问题，是否可以由一个新的物理量来进行描述呢？</p> <p style="text-align: center;">§ 3.4 刚体对轴的角动量定理和角动量守恒定律（一）</p> <p>一、质点角动量的引入</p> <p>在质点的匀速圆周运动中，动量不守恒，但质点对圆心的 $\mathbf{r} \times m\mathbf{v}$ 守恒；由开普勒行星运动定律的面积定律亦可导出，行星对于太阳的 $\mathbf{r} \times m\mathbf{v}$ 守恒。许多实例都说明相对于某一参考点，$\mathbf{r} \times m\mathbf{v}$ 是一个独立的物理量。称为质点对固定点的角动量。它在描述行星的轨道运动，自转运动，卫星的轨道运动及微观粒子的运动中都具有独特作用。</p> <p>质点对固定点的角动量</p> <p>（1）定义：动量为 $m\mathbf{v}$ 的质点，对某参考点的角动量 \mathbf{L}，等于质点对该参考点的位矢 \mathbf{r} 与其动量 $m\mathbf{v}$ 的矢积，即</p> $\mathbf{L} = \mathbf{r} \times m\mathbf{v}。$ <p>\mathbf{L} 的单位：千克·米²/秒</p>	<p>对比法 引入法 思考 听讲解</p> <p>讨论法 讲授法 思考 回答 讨论 听讲解</p>	<p>通过问题导向法能激发学生探究问题的兴趣。</p> <p>利用比较法引入角动量概念。</p>

方向: $\mathbf{L} \perp \mathbf{r}$ 与 $m\mathbf{v}$ 组成的平面, 右螺旋关系
 大小: $L = r \cdot mv \sin \theta = r \cdot mv_{\perp} = r \sin \theta mv = r_{\perp} \cdot mv$

在直角坐标系中

$$\mathbf{L} = \begin{vmatrix} \mathbf{i} & \mathbf{j} & \mathbf{k} \\ x & y & z \\ mv_x & mv_y & mv_z \end{vmatrix}$$



(2) \mathbf{L} 是相对量: $m\mathbf{v}$ 与参照系的选择有关, \mathbf{r} 与参考点的选择有关

二、质点对点的角动量定理

由于 $\frac{d\mathbf{L}}{dt} = \frac{d}{dt}(\mathbf{r} \times m\mathbf{v}) = \frac{d\mathbf{r}}{dt} \times m\mathbf{v} + \mathbf{r} \times \frac{d(m\mathbf{v})}{dt}$

又 $\because \frac{d\mathbf{r}}{dt} = \mathbf{v}$, 故 $\frac{d\mathbf{r}}{dt} \times m\mathbf{v} = 0$, 又 $\mathbf{M} = \mathbf{r} \times \mathbf{F}$

\therefore 有 $\mathbf{M} = \frac{d\mathbf{L}}{dt}$ 或 $\mathbf{r} \times \mathbf{F} = \frac{d}{dt}(\mathbf{r} \times m\mathbf{v})$

即质点对某参考点的角动量对时间的变化率, 等于作用于质点的力 \mathbf{F} 对该参考点的力矩—质点对固定点的角动量定理。

注意: \mathbf{M} 和 \mathbf{L} 必须是对同一点而言。

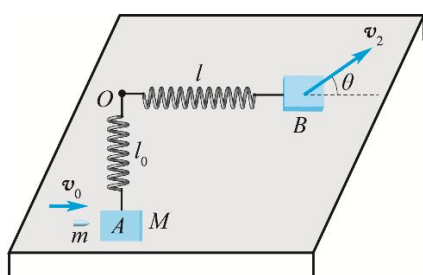
三、质点的角动量守恒定律

若 $\mathbf{M} = 0$, 则 $\mathbf{L} = \mathbf{r} \times m\mathbf{v} =$ 常矢量, 即作用于质点上的力 \mathbf{F} 对某参考点的力矩为零, 则质点对同一点的角动量守恒。

若质点只受到有心力的作用, 则该质点对力心的角动量一定守恒。

四、例题讲解

例 1: 在光滑的水平面上放有质量为 M 的木块, 木块与一弹簧相连, 弹簧的另一端固定在 O 点, 弹簧的倔强系数为 k , 设有一质量为 m 的



子弹以初速度 v_0 垂直于 OA 射向 M 并嵌入木块内, 如图所示。弹簧原长 l_0 , 子弹击中木块后, 木块运动到 B 点时刻, 弹簧长度变为 l , 此时 OB 垂直于 OA。求: 在 B 点时, 木块的运动速度 v_2 。

讲授法
 推导法
 听讲解
 思考

讨论推导出
 质点的角动
 量定理。

推导法
 讲授法
 引导法
 听讲解
 思考

讨论推导出
 质点的角动
 量守恒定律。

练习法
 讲授法
 引导法
 思考
 练习
 听讲解

从受力情况
 分析入手,
 利用质点角
 动量定理解
 决相应问题。
 并强调讨论
 的关键点。

<p>解: 击中瞬间, 在水平面内, 子弹与木块组成的系统沿 v_0 方向的动量守恒, 即有</p> $mv_0 = (m + M)v_1$ <p>在由 A 摆向 B 的过程中, 子弹、木块系统机械能守恒</p> $\frac{1}{2}(m + M)v_1^2 = \frac{1}{2}(m + M)v_2^2 + \frac{1}{2}k(l - l_0)^2$ <p>而且在此过程中木块在水平面内只受指向 O 点的弹性力, 故木块对 O 的角动量守恒, 设 v_2 与 OB 方向成 θ 角, 则有</p> $l_0(m + M)v_1 = l(m + M)v_2 \sin \theta$ <p>由前两式求得</p> $v_2 = \sqrt{\frac{m^2}{(m + M)^2}v_0^2 - \frac{k(l - l_0)^2}{m + M}}$ <p>由第三式求得 v_2 与 OB 的夹角为</p> $\theta = \arcsin \frac{l_0 m v_0}{l \sqrt{m^2 v_0^2 - k(l - l_0)^2 (m + M)}}。$ <p>例 2: 地球为什么能维持椭圆公转?</p> <p>开普勒第二定律中指出, 单位时间地球矢径扫过的面积相等。本质上就是角动量是一个恒量。以太阳为中心, 地球主要受太阳的万有引力, 受太阳的引力矩为零, 根据角动量定理, 角动量为一个恒量, 不但大小不变, 方向也不变, 大小不变体现在地球矢径单位时间扫过的面积相等, 方向不变体现在地球轨道始终在一个平面内。</p> <p>呼应篇首提问, 引申对学生的学业规划教育。我们的大学生活其实也应该要做到类似地球公转, 作为大一的新生, 应该给自己定位一个目标, 中心点明确, 保持持续的努力, 才不会让大学的生活偏离方向, 大学毕业的时候才不会后悔。</p>	<p>讲授法 引导法 思考 练习 听讲解</p>	<p>呼应篇首问题, 注意引导学生都参与进来。 对学生进行大学学业以及人生目标规划教育。</p>
<p>【小结】 (3 分钟)</p> <p>本节课主要讨论质点的角动量概念、角动量定理以及守恒定律, 重点讨论角动量定理及守恒定律的应用, 突出分析问题的思维方式的训练, 训练能利用质点的角动量定理及守恒定律来解决具体问题。</p>	<p>归纳法 思考 听讲解</p>	<p>知识点总结 课堂巩固。</p>
<p>【课后作业】: P77 3.14 【预习任务】:刚体对轴的角动量及守恒定律</p>	<p>问题 教学</p>	<p>课后练习加强教学效果。</p>

<p>【板书设计】</p> <p>§ 3.4 刚体对轴的角动量定理以及守恒定律</p> <p>一、质点角动量的引入</p> $\vec{L} = \vec{r} \times m\vec{v}$ <p>二、质点对点的角动量定理</p> $\vec{M} = \frac{d\vec{L}}{dt} \quad \vec{r} \times \vec{F} = \frac{d}{dt}(\vec{r} \times m\vec{v})$ <p>三、质点的角动量守恒定律</p> $\vec{M} = 0, \quad \vec{L} = \vec{r} \times m\vec{v} = \vec{C}$		突出课堂知识重点及概要。
--	--	--------------

七、教学反思

课堂讨论了角动量、质点的角动量定理及守恒定律，并通过互动练习，多个例题的讲解，引导学生进行了分析问题思维方式的训练。课堂采用了多媒体和板书相结合的方式教学，课堂气氛较为活跃，整体效一般。

从教学反馈看，需对角动量、质点的角动量定理及守恒定律的物理意义在解题当中反复强调，加深学生理解。课堂可多引导学生刻意培养从实际问题抓取物理情境，建立模型解决问题的思维方式。

课堂对学生的育人引导效果良好，学生很受激励，今后课堂管理中予以更多加强。针对部分学生厌学情绪，除教学设计上增强课堂吸引力，课堂管理需要常抓不懈。

第七讲 刚体定轴转动的角动量定理

一、教材分析

本节课的内容选自赵近芳主编的《大学物理》第三章第四节。刚体定轴转动的角动量定理是《大学物理》课程重要知识，是用来解决一般转动问题的基本原理。教材从刚体对点对轴的角动量，推广到刚体对轴的角动量。由转动定律得出刚体定轴转动的角动量定理和讨论刚体对轴的角动量守恒定律以及在生活中的应用，思路清晰，逻辑严密。为增加课堂吸引力和互动，本节课从具体的转门实例引入新课，结合多个具体实例讲解，帮助学生理解，巩固相关知识。

二、学情分析

学生上节课已经学习质点对点和对轴的角动量知识以及转动定律，并已具备高等数学基础，此部分主要利用已有知识进行推导到质点系的情形。但转动问题是个全新问题，学生对前期知识掌握程度参差不齐，对概念和定律的理解及应用能力不足，信心不够，学习兴趣有所下降，上课专注度不够。

因此，需在课堂讲解过程中更多结合实际问题来讨论，增加学生兴趣，强调规律得出的思路，突出解决问题的思路培养，课堂通过多互动，加强课堂管理抓住学生的注意力，提升课堂教学效果。

三、教学目标

根据教学大纲的规定，按照质量工程的教育要求，结合学生的实际情况，确定本次课的教学目标如下：

知识目标：

- (1) 掌握刚体定轴转动定理及其物理意义；
- (2) 掌握刚体对轴的角动量守恒定律及其应用；

能力目标：

- (1) 通过推导刚体对轴的角动量和刚体定轴转动的角动量定理，培养学生利用已学知识进一步探究的能力和训练解决具体问题的思维方式；
- (2) 深刻理解刚体对轴角动量守恒定律的物理意义，使学生能利用角动量守恒定律解决实际问题。

情感及德育目标：

- (1) 培养学生自信、勤奋、善于思考、严谨治学的学习态度和精
- (2) 通过生活实例，引导学生联系实例，深刻理解角动量守恒定律和利
- (3) 利用角动量守恒定律分析跳水运动动作和花滑运动动作，引申到中国

四、教学重点与难点

- (1) 重点、难点的确立

教学重点：刚体定轴转动的角动量定理及角动量守恒的推导及具体应用。

刚体定轴转动定理是转动问题的基本定理，角动量守恒有着广泛的应用，是考察重点，故将他们列为重点。

教学难点：刚体定轴转动的角动量守恒定律应用。

理论推导得出刚体定轴转动的角动量定理和守恒定律相对容易，但学生在分析具体问题的时

- (2) 重点难点的处理

通过生活中实际问题引出问题进行讨论，增加学生兴趣，重点突出角动量守恒定律的前提条件，通过复习力矩的计算，强调合力矩是一个矢量以及合力矩为零的物理意义，再加以实例分析。讨论过程中需突出解决问题的思路培养，课堂通过多互动，抓住学生的注意力，加强课堂管理，提升课堂教学效果。以深入浅出，层层递进的教学方法，辅助以 PPT 演示、实例讲解，启发式引导充分发挥学生的主体作用，使学生迅速理解并充分掌握刚体定轴转动问题。

五、教学方法

- (1) 多媒体辅助教学法。通过课件设计使教学更直观、更生动。激发学生的学习兴趣，调动学习积极性，从而达到提高课堂教学效率的目的。

- (2) 启发式教学，通过多个实例，强调师生互动，使学生自主学习，掌握刚体对轴的角动量定理及用角动量守恒定律解决具体实际问题。

- (3) 最后，通过归纳总结，实例练习，引导学生学习物理思维方式在解决问题中的应用，激发学生自学兴趣。

六、教学进程

教师教学	教学方法 学生活动	设计意图
<p>【课程导入】（4分钟）</p>  <p>图片示例：1、跳水运动员和花滑运动员的转体是如何产生的，怎么做到控制转体运动的呢？</p>	<p>演示法 提问法 互动法 讨论 回答 思考</p>	<p>通过具体实验引入课题，提出问题让学生思考，调动学生兴趣。</p>
<p>【重难点指引】（2分钟）</p> <p>1、刚体对轴的角动量，刚体定轴转动的角动量定理。 2、刚体对轴的角动量守恒定律及应用。</p>	<p>引导法 思考 听讲解</p>	<p>让学生带目标学习，增强学习动力。</p>
<p>【新课教学】（36分钟）</p> <p>提问：前面得到了质点角动量定理和守恒定律，现实中人们遇到的都是非单个质点的问题，这就需要将现实研究对象由质点系来代替，讨论质点系的角动量定理及守恒定律，用它们解释如跳水运动员和花滑运动员控制翻转动作的物理原理，以及它们在科学和生产中的应用。</p> <p style="text-align: center;">§ 3.4 刚体对轴的角动量定理和角动量守恒定律</p> <p>一、刚体对轴的角动量定理</p> <p>刚体对定轴的角动量 L 等于刚体上所有质点对定轴的角动量 dL 之和。 即</p> $L = \int dL = \int (dm)\omega r^2 = (\int r^2 dm) \cdot \omega$ <p>因为 $I = \int r^2 dm$，刚体对定轴的转动惯量。</p> <p>所以刚体对定轴的角动量 $L = I\omega$</p> <p>由 $M = I\alpha = I \frac{d\omega}{dt} = \frac{d(I\omega)}{dt}$，有</p>	<p>引入法 思考 回答</p> <p>推导法 讨论法 讲授法 思考 回答 讨论 听讲解</p>	<p>通过问题导向法能激发学生探究问题的兴趣。</p> <p>利用质点对轴的角动量定理知识，建立模型，讨论推导出刚体对轴的角动量定理。</p>

$$\int_{t_1}^{t_2} M dt = \Delta(I\omega) = I\omega_2 - I\omega_1$$

式中 $\int_{t_1}^{t_2} M_z dt$ 称为冲量矩，上式表示：作用在刚体上的冲量矩，等于刚体角动量的增量—刚体对轴的角动量定理。

二、角动量守恒

由刚体定轴转动角动量定理

$$\int_{t_1}^{t_2} M dt = \Delta(I\omega) = J\omega - J_0\omega_0$$

若物体所受合外力矩为零，即 $M = 0$ ，则有 $J\omega = J_0\omega_0$

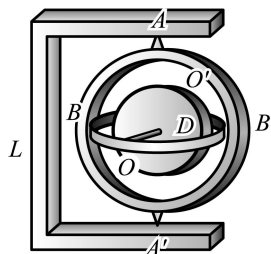
可知，当外力对某轴的力矩为零，则刚体对该轴角动量守恒。

刚体组绕同一轴转动时的角动量守恒：对于刚体组，其总角动量 $L = I_1\omega_1 + I_2\omega_2 + \dots$ ，当其守恒时只是总角动量守恒，但各个刚体的角动量将在内力矩作用下进行再分配。

三、角动量守恒定律的应用：回转仪

(1) 原理：若一个质量分布均匀的刚体绕其几何对称轴转动称为自转或自旋，这时刚体的角动量 $I\omega$ 的方向与自转轴一致。若刚体不受外力矩的作用，则刚体的自转角动量守恒，不仅角动量的大小不变，而且自转轴保持不变的方向。常平架回转仪就是利用了这一原理。

结构：回转仪由支架、外环、内环和回转仪组成，外环可相对于支架绕 AA' 轴转动，内环可相对外环绕 BB' 轴转动，回转仪可相对于内环绕 OO' 轴转动， AA' 轴、 BB' 轴、 OO' 轴互相垂直，对应了三维空间的三个坐标轴。



因为所有的轴承处都是非常光滑的，所以回转仪的自转角动量守恒，这时无论怎样搬动支架，回转仪的转轴方向都不变。因此，若将这种装置装在导弹、飞机、坦克或舰船中，则可将回转仪自转轴线作为标准，将航向与其核对，自动驾驶仪立即就会确定现在的航向与预定的航向间的偏离，并予以纠正。

(2) 物体组内各质点以相同角速度绕同一轴转动时的角动量守恒这时质点组内各质点间距可变，因而转动惯量可变，因而转动角速度

ω 亦可变，但仍有 $I\omega$ 为常数，故有 $\omega \propto \frac{1}{I}$ 。

讲授法
推导法
听讲解

导出功能原理，强调做功和能量的统一性。

推导法
讲授法
引导法
听讲解
思考

从受力情况分析入手，利用角动量守恒定律解释回旋仪的原理。并强调其应用注意事项。

例题讲解：

例题 1：跳水运动员和花滑运动员的转体是如何产生的，利用什么原理来控制转体运动的呢？

我们可以把运动员看成一个质点系，当运动员腾空后，她围绕通过重心的一根轴具有一定的角动量，腾空过程中她只受通过重心的重力作用，外力矩近似看成零，则在整个腾空过程中，绕过重心转轴的角动量守恒是个常量，运动员可以通过控制身体的舒展程度达到调节绕轴的转动惯量大小，从而改变转动的角速度。

中国的运动员通过努力为国家争得大量荣誉，排名处在前列。对同学个人来说，锻炼身体是一切事物的本钱。原理手机和网络，多去操场上做各种运动，工作以后不会有这么好的场地和时间。

呼应篇首提问，强调体育运动人的好处鼓励学生多运动，通过国家体育事业的发展激发学生的爱国热情。

例 2：长为 l 的均匀细棒，一端悬于 O 点，另一端自由下垂。紧靠 O 点有一摆线长也为 l 的单摆，摆球质量为 m ，现将单摆拉至水平位置后由静止释放，设摆球在其平衡位置与棒作完全弹性碰撞后恰好静止，试求：

- (1) 细棒的质量；
- (2) 细棒碰后摆动的最大角 θ

解：(1) m , M 相碰过程：

机械能守恒 $I_m \omega_m^2 / 2 = I_M \omega_M^2 / 2$

角动量守恒 $I_m \omega_m = I_M \omega_M$

联立得： $I_m = I_M$

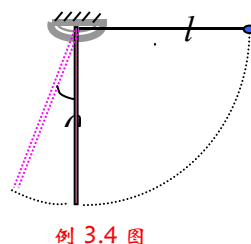
即 $ml^2 = Ml^2 / 3$

$\therefore M = 3m$

(2) 整个过程机械能守恒，即

$$mgl = Mgl(1 - \cos\theta) / 2$$

得 $\theta = \arccos 1/3$



例 3.4 图

例 3：质量为 M 、半径为 R 的转台，可绕通过中心的竖直轴转动，如图所示。设阻力可以忽略不计。质量为 m 的一人，站在台的边缘，人和台原来都静止。如果人沿台的边缘奔跑一周，问相对地面来说，人和台各转了多少角度？

解 如果以人和转台为一系统，该系统未受到外力矩的作用因此角动量守恒 $I\omega - I'\omega' = 0$ ，

式中， $I = \frac{1}{2}MR^2$ ， $I' = mR^2$

练习法
讲授法
引导法
思考
练习
听讲解

注意讲解过程中的分析问题思维方式的培养。
互动过程中加强课堂管理，督促每位同学都参与进来。
对学生加强体育锻炼的引导教育和激发爱国主义热情。

练习法
讲授法
引导法
思考
练习
听讲解

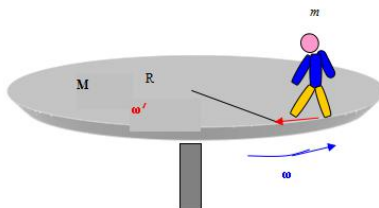
实例增强课堂互动，训练学生利用已学知识解释现实现象。

上式可改写为： $\frac{1}{2}MR^2\omega - mR^2\omega' = 0$ 。

因此，可得 $\omega = \frac{2m}{M}\omega'$ 。

人相对转台的角速度为：

$$\Omega = \omega + \omega' = \frac{M+2m}{M}\omega'$$



人在转台上跑一周为 2π 角度，即 $\int_0^t \Omega dt = 2\pi$ 。在这段时间内，人相

对地面绕行的角度

$$\theta = \int_0^t \omega' dt = \frac{M}{M+2m} \int_0^t \Omega dt = \frac{M2\pi}{M+2m}$$

转台相对地面绕行的角度

$$\varphi = \int_0^t \omega dt = \frac{2m}{M} \int_0^t \omega' dt = \frac{m4\pi}{M+2m}$$

注意：在学完刚体力学之后，遇到碰撞一类的问题时：①在有刚体出现时，只能用角动量守恒，而不能用动量守恒；②在讨论机械能时，

对于刚体的动能一定要用转动动能 $I\omega^2/2$ ，而不能用 $mv^2/2$ 。

【小结】（3分钟）

本次课主要讨论刚体对轴的角动量定理，从而推导出刚体对轴角动量守恒定律及其应用，重点强调分析问题的思维方式的训练，做到能利用刚体对轴的角动量守恒定律来分析现实生活中的具体问题。

归纳法
思考
听讲解

知识点总结
课堂巩固。

【课后作业】：P77 3.14

【预习任务】：简谐振动

问题
教学

课后练习加
强教学效果。

【板书设计】：

§ 3.4 刚体对轴的角动量定理以及守恒定律

一、刚体对轴的角动量定理

$$L = I\omega$$

$$\int_{t_1}^{t_2} M dt = \Delta(I\omega) = I\omega_2 - I\omega_1$$

二、角动量守恒

$$M = 0, \quad J\omega = J_0\omega_0$$

三、角动量守恒定律的应用

四、例题

突出课堂知
识重点及概
要。

七、教学反思

课堂通过讨论得出刚体对轴的角动量定理和刚体对轴的角动量守恒定律,并通过互动练习,多个例题的讲解,引导学生进行分析问题的思维方式训练,课堂整体思路清晰。采用了多媒体和板书相结合的方式进行了教学,课堂气氛较为活跃,整体效果好。

讲解过程中对角动量守恒的条件强调不够,对实例如何抽象成一个物理模型的分析过程讲解不够细致,可在讲解过程中予以细致说明。可多引导学生刻意培养从实际问题抓取物理情境,建立模型,利用定律来解决问题的思维方式。

针对部分学生厌学情绪,课堂管理需要常抓不懈,除教学设计上增强课堂吸引力,还可和辅导员共同做好学生学习管理。

第八讲 阻尼振动 受迫振动 共振

一、教材分析

本节课内容选自赵近芳主编的《大学物理》第五章第五节。阻尼振动、受迫振动是《大学物理》课程的重要知识点，要求学生掌握。教材从以简谐振动状态方程为基础，引入条件推导出阻尼振动的特征，并推导出受迫振动的方程和特征，再对受迫振动中的共振予以讨论。教材思路清晰，易于接受。为增加课堂的吸引力和互动，本节课从荡秋千实例提出问题，在简谐振动方程基础上加条件推导出阻尼振动及受迫振动的特点，并结合几个例子来帮助学生理解。

二、学情分析

学生已经学习了简谐振动的动力学方程和运动学方程，同时具备一定的高等数学基础，本节课知识是在简谐振动动力学方程的基础上，引入附加条件，利用数学推导得出相关结论，知识重点在各种结论。部分学生对二次方程掌握度不够，有畏难情绪，还有部分同学学习积极性不高，上课专注度不够。

因此，需通过生活中实际问题来引出问题，在讨论过程中，注意简化数学过程，强调结论，反复讲解体现物理特征。课堂应增强互动，加强课堂管理抓住学生的注意力，提升课堂教学效果。

三、教学目标

根据教学大纲的规定，按照质量工程的教育要求，结合学生的实际情况，确定本次课的教学目标如下：

知识目标：

- (1) 掌握阻尼振动的运动学表达式及物理意义；
- (2) 掌握受迫振动的运动学表达式及物理意义，共振的条件及特点；

能力目标：

- (1) 培养学生利用已学知识进一步探究的能力和培养解决问题的思维方式；
- (2) 深刻理解共振的特点及物理意义，使学生能利用共振来解释现实问题。

情感及德育目标：

- (1) 培养学生自信、勤奋、善于思考、严谨治学的学习态度和ator精神；
- (2) 通过生活中实例，引导学生深刻理阻尼运动、受迫振动物理意义和利

用共振来讨论解释相关现象。激发学生的学习兴趣、求知欲。

(3) 通过介绍华盛顿 Tacoma Narrows 大桥坍塌事故，引申到中国的基建事业，引导学生不要受不良舆论影响，盲目诋毁自己国家的基建事业。

四、教学重点与难点

(1) 重点、难点的确立

教学重点：阻尼振动、受迫振动的讨论及物理意义。

阻尼振动和受迫振动是常见的两种振动形式，阻尼振动为受迫振动提供讨论基础，共振是受迫振动的一个特例，都是重要的知识点。

教学难点：受迫振动的特点及共振的物理解释。

受迫振动的理论表达式由二次方程得出，学生对方程的求解过程有一定畏惧心理，理解不够透彻，影响到对物理意义的理解和应用，故将其确定为教学难点。

(2) 重点难点的处理

通过实际问题引出讨论，增强学生兴趣。需要在讨论中，简化数学过程，讲清楚受迫振动及共振的特点，反复强调结论所表征的物理意义。分析具体问题时，还需详细讲解如何把具体问题抽象为模型讨论，培养解决问题的思维方式。课堂通过增强互动，抓住学生的注意力，加强课堂管理，提升课堂教学效果。以深入浅出，层层递进的教学方法，辅助以 PPT 演示、实例讲解，启发式引导充分发挥学生的主体作用，使学生迅速理解并充分掌握阻尼振动和受迫振动问题。

五、教学方法

(1) 多媒体辅助教学法。通过相关视频及教学课件使教学更直观、更生动。激发学生的学习兴趣，调动学习积极性，从而达到提高课堂教学效率的目的。

(2) 启发式教学，通过多个实例，强调师生互动，使学生自主学习，掌握阻尼振动，受迫振动及共振的特点。

(3) 最后，通过归纳总结，引导学生学习物理思维方式在解决问题中的应用，激发学生自学兴趣。

六、教学进程

教师教学	教学方法 学生活动	设计意图
<p>【课程导入】（4分钟）</p> <p>图片示例：公园中，老人推小孩荡秋千，这是一种怎样的运动？怎样使老人在这个过程中费力更少呢？</p>  <p>火车过桥时为什么要缓慢通过？</p> 	<p>演示法 提问法 互动法 讨论 回答</p>	<p>通过具体实验引入课题，提出问题让学生思考，调动学生兴趣。</p>
<p>【重难点指引】（2分钟）</p> <p>1、阻尼振动和受迫振动的特征。</p> <p>2、共振的特征及其应用。</p>	<p>引导法 思考 听讲解</p>	<p>让学生带目标学习，增强学习动力。</p>
<p>【新课教学】（36分钟）</p> <p>提问：简谐振动是一种理想化的振动，实际情形中，系统振动过程中总会受到阻力，怎样维持一个稳定的振动呢？</p> <p style="text-align: center;">§ 5.5 阻尼振动 受迫振动 共振</p> <p>一、阻尼振动</p> <p>简谐振动是不受任何阻尼力的无阻尼振动，其振幅保持不变。当有摩擦阻力或因振动以波的形式向外辐射能量时，振动的能量和振幅将随时间而减少。这样的振动称为阻尼振动。</p> <p>我们主要讨论摩擦阻尼的情况。实验表明：当振动物体的速率不太大时，粘滞阻力与物体的速度成正比，而方向相反，即</p> $f_{\text{阻}} = -\gamma v$ <p>式中 γ 为阻尼系数，则质量为 m 的物体，其动力学方程为</p> $m \frac{d^2 x}{dt^2} = -kx - \gamma \frac{dx}{dt}$	<p>引入法</p> <p>讨论法 讲授法 思考 回答 讨论 听讲解</p>	<p>通过问题导向法能激发学生探究问题的兴趣。</p> <p>利用前期知识，建立模型。巩固前期知识的应用。</p>

令 $\frac{k}{m} = \omega_0^2$, $\frac{\gamma}{m} = 2\beta$, ω_0 为无阻尼时系统的固有圆频率, β 称为阻尼因子, 代入上式有

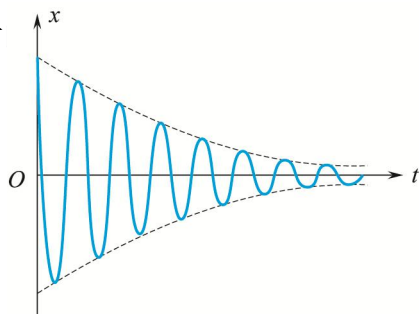
$$\frac{d^2x}{dt^2} + 2\beta \frac{dx}{dt} + \omega_0^2 = 0$$

这是一个二阶常微分方程, 当阻尼较小 ($\beta < \omega_0$) 时, 其解为

$$x = Ae^{-\beta t} \cos(\omega t + \varphi_0)$$

式中 $\omega = \sqrt{\omega_0^2 - \beta^2}$ 为阻尼振动的圆频率, A , φ_0 由初始条件决定。

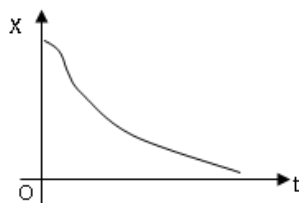
阻尼振动的位移-时



从图中可以看出, $Ae^{-\beta t}$ 随时间 t 逐渐衰减, 且在一个位移极大值后, 每隔一段固定时间, 就出现下一个较小的位移极大值, 因此阻尼振动不是简谐振动, 也不是周期振动。但 $\cos(\omega t + \varphi_0)$ 是周期函数, 所以把阻尼振动称为准周期性振动。其周期

$$T' = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{\sqrt{\omega_0^2 - \beta^2}} > \frac{2\pi}{\omega_0} = T_0$$

阻尼越小, T' 越接近 T_0 ; 阻尼越大, 振幅和能量衰减越快; 阻尼过大时, 甚至在未完成第一次振动前, 能量就已经消耗完, 振动系统通过非周期性运动的方式回到平衡位置。其位移 - 时间曲线如下图所示



阻尼过大时的非周期运动

临界阻尼: $\omega_0 = \beta$ 振幅迅速归零, 盘秤, 指针式仪表内应用。

呼应篇首问题: 解释秋千在无外力作用下, 自行停下来。

讲授法
推导法
听讲解

从数学计算得到的结果分析阻尼振动的运动特点。

讲授法
引导法
思考
听讲解

讨论得出阻尼振动的分类及生活中临界阻尼的应用。
强课堂互动, 训练学生利用已学知识解释现实现象。

二、受迫振动（在外来策动力作用下的振动）

(1) 系统受力：弹性力 $-kx$

$$\text{阻尼力} -\gamma \frac{dx}{dt}$$

$$\text{周期性策动力 } f = F_0 \cos \omega t$$

(2) 振动方程：由牛顿定律有

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} = -kx - \gamma \frac{dx}{dt} + f$$

$$\Rightarrow \frac{d^2 x}{dt^2} + 2\beta \frac{dx}{dt} + \omega_0^2 x = h \cos \omega t$$

$$\text{其中： } \omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}, \quad \beta = \frac{\gamma}{2m}, \quad h = \frac{F_0}{m}$$

(3) 稳态解： $x = A \cos(\omega t + \varphi)$

(4) 特点：稳态时的受迫振动按简谐振动的规律变化。（要注意它和无阻尼自由谐振动的区别）

频率：等于策动力的频率 ω 。

振幅：由系统参数 (ω_0) 阻尼 (β) 和策动力 (F_0, ω) 共同决定。

$$A = \frac{h}{\left[(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + 4\beta^2 \omega^2 \right]^{1/2}}$$

A 的大小敏感于 ω 和 ω_0 的相对大小关系，而和初始条件 (x_0, v_0) 和 E_0 无关。

初相：亦决定于 ω_0 、 β 、 F_0 与 ω 初始条件无关，

$$\text{tg} \varphi = -\frac{2\beta\omega}{\omega_0^2 - \omega^2}$$

φ 值在 $-\pi \sim 0$ 之间。可见，位移 x 落后于策动力 f 的变化 (f 的初相为零)。受迫振动稳态时的谐振动运动状态与只受线性回复力的简谐振动在受力、振动频率、决定振幅的因素及能量关系几方面是有区别的。

呼应篇首问题：要维持秋千运动，需大人不断施加外力。

讲授法
引导法
思考
听讲解

讨论得出受迫振动运动方程及特征。

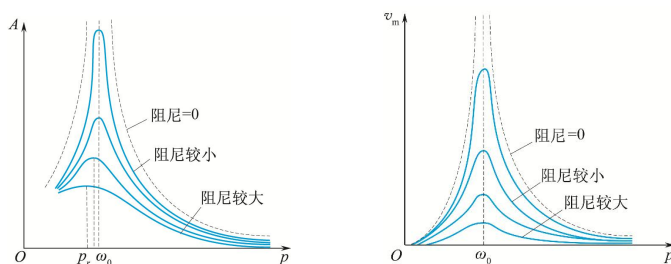
三、共振

(1)位移共振 在一定条件下,振幅出现极大值,振动剧烈的现象。

$$\text{共振频率} \quad \omega_T = (\omega_0^2 - 2\beta^2)^{\frac{1}{2}}$$

$$\text{共振振幅} \quad A_T = \frac{h}{2\beta[\omega_0^2 - \beta^2]^{1/2}}$$

若 $\beta \ll \omega$, 则 $\omega_T \approx \omega_0$, $A_T \approx \frac{h}{2\beta\omega}$ 称尖锐共振。



(2)速度共振 一定条件下,速度幅 ωA 极大的现象。

$$\text{共振频率} \quad \omega_T = \omega_0$$

$$\text{共振时速度的幅值} \quad v_T = \frac{h}{2\beta}$$

共振时速度的初相 $\varphi_{vT} = 0$, 即速度共振时,速度与策动力同相,一周期内策动力总作正功,此时向系统输入的能量最大。

视频实例: 华盛顿 Tacoma Narrows 大桥在通车 4 个月零 6 天后因大风引起扭转振动,因振动频率接近于大桥的共振频率而突然坍塌。

通过该事故介绍,引出中国的基建事业,引导学生不要受不良舆论影响,诋毁自己国家的基建事业。

共振的应用: 共振箱、共振筛、过桥为什么不能齐步走等。

【小结】(3 分钟): 本次课主要讨论了阻尼振动和受迫振动,讨论得出共振的特性,需要搞清楚讨论过程以便理解他们的关联性,更好的用共振理论去解释相应的现象。

【课后作业】: 请举出三个生活中与共振相关的实例。

【预习任务】: 机械波的形成和传播

讲授法
引导法
思考
听讲解

讨论得出共振的前提条件及特征。

引导学生自觉养成独立思考习惯,不被不良舆论影响,不能诋毁自己的国家,增强民族自豪感。

归纳法
思考
听讲解

知识点总结
课堂巩固。

问题
教学

课后练习加深
对知识点的理解。

<p>【板书设计】</p> <p>§ 5.5 阻尼振动 受迫振动 共振</p> <p>一、阻尼振动</p> $m \frac{d^2 x}{dt^2} = -kx - \gamma \frac{dx}{dt}$ $x = A e^{-\beta t} \cos(\omega t + \varphi_0)$ <p>二、受迫振动</p> $m \frac{d^2 x}{dt^2} = -kx - \gamma \frac{dx}{dt} + f$ $x = A e^{-\beta t} \cos(\omega t + \varphi_0) + A \cos(\omega t + \varphi)$ <p>三、共振</p> <p>位移共振 速度共振</p>		<p>突出课堂知识重点及概要。</p>
---	--	---------------------

七、教学反思

课堂分析讨论了阻尼振动，受迫振动以及共振相关内容，并通过大量视频实例，清晰的解释了共振的特点以及应用和危害，采用了多媒体和板书相结合的方式进行了教学，视频实例多，课堂气氛较为活跃，整体效果好。

对受迫振动的解，应强调说明两部分对应的物理过程，对于速度共振和位移共振可以归结其统一性，即系统吸收外界能量的效率达到最大。

第九讲 平面简谐波的波函数

一、教材分析

本节课内容选自赵近芳主编的《大学物理》第六章第二节。平面简谐波的波函数是《大学物理》课程核心知识，是本章后续内容和波动光学的基础，是要求学生必须掌握的基本知识。教材从波传播波源的振动状态这一角度出发，推导得出波动方程，并详细讲解波动方程所表征的物理意义以及相关例题。教材内容理论居多，较为平淡，为增加课堂的吸引力和互动，本节课先通过多媒体演示绳波的传播提出问题，再通过推导得出波函数，并结合几个例子来帮助学生理解，巩固相关知识。

二、学情分析

学生上次课已经学习了机械波的一些基本知识，对绳波质元的运动方式有一定的认识，为这节课知识点的学习奠定了基础。但学生存在不能理解波传播的是波源振动状态和能量这一本质，特别是对纵波状态传播的理解存疑。离开学已有月余，部分学生学习积极性下降，上课专注度不够。

因此，课堂讲解过程中应结合实际来讨论，增加学生兴趣，突出物理意义和讨论思路，课堂通过多互动，抓住学生的注意力，提升课堂教学效果。

三、教学目标

根据教学大纲的规定，按照质量工程的教育要求，结合学生的实际情况，确定本次课的教学目标如下：

知识目标：

- (1) 掌握平面简谐波的波函数及计算方法；
- (2) 深刻理解平面简谐波的波函数的物理意义；

能力目标：

- (1) 通过推导讲解培养学生利用已学知识进一步探究的能力和培养解决问题的思维方式；
- (2) 深刻理解波函数的物理意义，使学生能掌握求解波函数的方法。

情感及德育目标：

- (1) 培养学生自信、勤奋、善于思考、严谨治学的学习态度和ación；

(2) 通过生活中实例，引导学生联系实例深刻理解简谐波波函数表征的物理意义和求解，培养解决问题的思维方式，激发学生的学习兴趣、求知欲。

(3) 由地震波引申到研究地球物理的黄大年，对学生进行人生规划引导和爱国主义教育。

四、教学重点与难点

(1) 重点、难点的确立

教学重点：平面简谐波的波函数的形式及物理意义。

平面简谐波的波函数是后续学习的基础知识，深刻的理解其表征的物理意义，是后续波的干涉和波动光学内容的基础。

教学难点：平面简谐波的波函数的推导及行波的物理意义。

学生对波传播的本质理解不够透彻，故在推导过程中对波的传播方向以及相位的处理理解的不够好，行波方程由于涉及两个时刻各质元的状态，部分同学一时理解不了，故将他们确定为教学难点。

(2) 重点难点的处理

通过多媒体演示分析绳波传播过程中各个质元及整体的运动情况，让学生加深理解波传播的本质，结合给定条件推导出波函数的表达式。对于行波方程的物理意义，可通过反复细致讲解以及结合绳波特点来进行讲解。讨论过程中突出问题讨论的思路，增强互动，抓住学生的注意力，加强课堂管理，提升课堂教学效果。以深入浅出，层层递进的教学方法，辅助以 PPT 演示、实例讲解，启发式引导充分发挥学生的主体作用，使学生迅速理解并充分掌握平面简谐波波函数的相关问题。

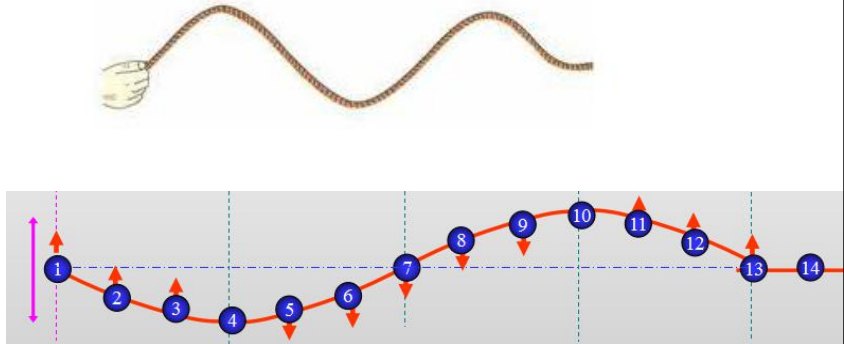
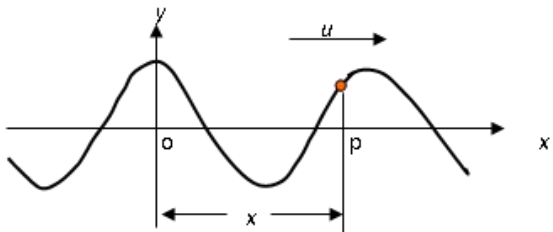
五、教学方法

(1) 多媒体辅助教学法。通过课件设计使教学更直观、更生动。激发学生的学习兴趣，调动学习积极性，从而达到提高课堂教学效率的目的。

(2) 启发式教学，通过多个实例，强调师生互动，使学生自主学习，掌握平面简谐波的波动方程的推导及物理意义。

(3) 最后，通过归纳总结，实例练习，引导学生学习物理思维方式在解决问题中的应用，激发学生自学兴趣。

六、教学进程（45 分钟）

教师教学	教学方法 学生活动	设计意图
<p>【课程导入】（4 分钟）</p> <p>图片示例：</p> <p>1、绳波作为一种典型的横波，它各个质元的运动规律是怎样的呢？</p> <p>2、波通过绳子整体传播规律又如何来表征呢？</p> 	<p>提问法 互动法 讨论 回答</p>	<p>通过回顾上次课例子引入课题，提出问题让学生思考，调动学生兴趣。</p>
<p>【重难点指引】（2 分钟）</p> <p>1、平面简谐波的波函数推导及具体实例中的计算方法。</p> <p>2、平面简谐波波函数的物理意义。</p>	<p>引导法 思考 听讲解</p>	<p>让学生带目标学习，增强学习动力。</p>
<p>【新课教学】（36 分钟）</p> <p>教师讲解：</p> <p style="text-align: center;">§ 6.2 平面简谐波的波函数</p> <p>一、沿 x 轴正向传播的平面简谐波的波函数</p> <p>设有一平面简谐行波，在无吸收的均匀无限大介质中沿 x 轴正向传播，波速为 u。取 x 轴为其一条波线，并任选波线上一点 o 为坐标原点（注意：o 不一定是波源）。如图所示</p>  <p>设原点处（$x = 0$）质点的振动方程为</p> $y_0 = A\cos(\omega t + \varphi_0),$	<p>引入法 推导法 讨论法 讲授法 思考 回答 讨论 听讲解</p>	<p>通过分析绳波特点，讨论推导出简谐波的波函数。</p>

式中 A 是振幅, ω 是圆频率, φ_0 是 o 点处质点振动的初位相, y_0 就是 o 点处质点任意时刻 t 离开其平衡位置的位移。当振动沿波线传播到坐标为 x 的 p 点时, p 处质点将以相同的振幅和频率重复 o 点质点的振动, 但振动从 o 点传到 p 点须经历 $\Delta t = \frac{x}{u}$ 的时间, 即在波向 x 轴正向传播时 p 点的振动比 o 点的振动在时间上落后 $\Delta t = \frac{x}{u}$, 所以, p 处质点任意时刻 t 离开自己平衡位置的位移等于原点在 $(t - \Delta t)$ 时刻的位移, 即

$$y(x, t) = y_0(t - \Delta t)。$$

所以, 沿 x 轴正向传播的平面简谐波的波函数是

$$y = A \cos \left[\omega \left(t - \frac{x}{u} \right) + \varphi_0 \right]。$$

因为 $\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi\nu$, $\lambda = \frac{u}{\nu}$, 所以上面的波动方程也可写成以下几种形式:

$$y = A \cos \left[2\pi \left(\nu t - \frac{x}{\lambda} \right) + \varphi_0 \right]$$

$$y = A \cos \left[2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right) + \varphi_0 \right];$$

$$y = A \cos \left[\frac{2\pi}{\lambda} (ut - x) + \varphi_0 \right]$$

沿 x 轴负方向传播的平面简谐波的波函数是

$$y = A \cos \left[2\pi \left(\nu t + \frac{x}{\lambda} \right) + \varphi_0 \right]$$

$$y = A \cos \left[2\pi \left(\frac{t}{T} + \frac{x}{\lambda} \right) + \varphi_0 \right];$$

$$y = A \cos \left[\frac{2\pi}{\lambda} (ut + x) + \varphi_0 \right]$$

以上给出了平面简谐波的波函数, 现实中波的研究都是建立在这一最基础的波动方程之上, 比如波的干涉, 光波的研究以及地球物理的研究中的地震波。关于地球物理大家都知道中国的黄大年教授, 全国都在学习其先进事迹, 确实感人肺腑, 应该成为是大家的偶像。

二、波函数的物理意义

1、如果 $x = x_0$ 为给定值,

$$y(t) = A \cos \left(\omega t - \frac{\omega x_0}{u} + \varphi_0 \right) = A \cos \left(\omega t - 2\pi \frac{x_0}{\lambda} + \varphi_0 \right)$$

讲授法
引导法
听讲解
思考

通过地震波, 引申地震波研究, 联系到黄大年教授, 对学生进行人生规划和爱国主义教育。

这就是波线上 x_0 处质点在任意时刻 t 离开自己平衡位置的位移。即 x_0 处质点的振动方程。它在 $t=0$ 时的位相为 $\varphi' = -2\pi \frac{x_0}{\lambda} + \varphi_0$ ，表示 x_0 处质点的振动比原点的振动始终落后一个位相 $\varphi' - \varphi_0 = -2\pi \frac{x_0}{\lambda}$ 。

2、如果 $t = t_0$ 为给定值， $y(x) = A \cos[\omega(t_0 - \frac{x}{u}) + \varphi_0]$ 只是 x 的函数，表示 $t = t_0$ 时刻各质点离开各自平衡位置的位移分布情况，称为 t_0 时刻的波形方程。

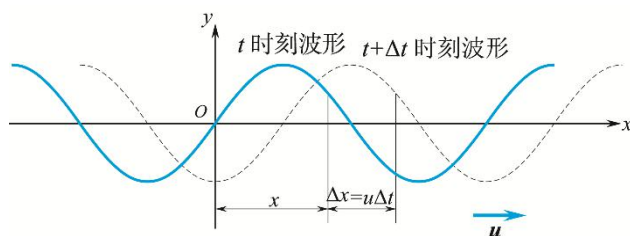
3、如果 t, x 都在变化，则
 t 时刻波动方程

$$y(x, t) = A \cos[\omega(t - \frac{x}{u}) + \varphi_0];$$

$t + \Delta t$ 时刻波动方程

$$y(x, t + \Delta t) = A \cos[\omega(t + \Delta t - \frac{x}{u}) + \varphi_0]。$$

画出 t 和 $t + \Delta t$ 时刻的波形，便可形象地看出波形向前传播的图象。波形向前传播的速度等于波速 u 。



由于波形向前传播， x 处质点在不同时刻 t 和 $t + \Delta t$ 的位移是不同的。但从上面的 t 时刻波形和 $t + \Delta t$ 时刻波形可以看出：

$$A \cos[\omega(t + \Delta t - \frac{x + u\Delta t}{u}) + \varphi_0] = A \cos[\omega(t - \frac{x}{u}) + \varphi_0],$$

即

$$y(t + \Delta t, x + \Delta x) = y(t, x),$$

或直接用位相表示为

$$\omega(t + \Delta t - \frac{x + u\Delta t}{u}) + \varphi_0 = \omega(t - \frac{x}{u}) + \varphi_0。$$

上式表明： x 处质点在 t 时刻的振动状态（或位相），经过时间 Δt 正好传播到 $x + \Delta x = x + u\Delta t$ 处。故波速就是位相的传播速度。

推导法
 讨论法
 讲授法
 思考
 回答
 讨论
 听讲解

注意讲解过程中的分析问题思维方式的培养。
 互动过程中加强课堂管理，督促每位同学都参与进来。

例 1: 一平面简谐波沿 x 轴正向传播, 其振幅和圆频率分别为 A 和 ω , 波速为 u , 设 $t = 0$ 时的波形曲线如图所示。

(1) 写出此波的波动方程;

(2) 求距 o 点分别为 $\lambda/8$ 和 $3\lambda/8$ 两处质点的振动方程;

解: (1) 由图可知 $t = 0$ 时

$$y_0 = 0 \quad v_0 < 0$$

可求出

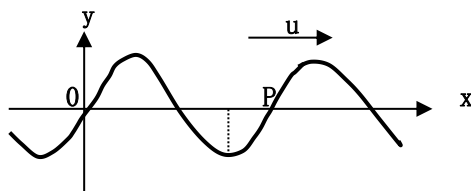
$$\phi_0 = \frac{\pi}{2}$$

从而获得波动方程是:

$$y = A \cos\left[\omega\left(t - \frac{x}{u}\right) + \frac{\pi}{2}\right]$$

$$\begin{aligned} (2) \quad \text{在 } \lambda/8 \text{ 处, } \quad y &= A \cos\left[\omega t - 2\pi \frac{\lambda/8}{\lambda} + \frac{\pi}{2}\right] \\ &= A \cos\left(\omega t - \frac{\pi}{4} + \frac{\pi}{2}\right) = A \cos\left(\omega t + \frac{\pi}{4}\right) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{同理, 在 } 3\lambda/8 \text{ 处, } \quad y &= A \cos\left[\omega t - 2\pi \frac{3\lambda/8}{\lambda} + \frac{\pi}{2}\right] \\ &= A \cos\left(\omega t - \frac{3\pi}{4} + \frac{\pi}{2}\right) = A \cos\left(\omega t - \frac{\pi}{4}\right) \end{aligned}$$



练习法
讲授法
引导法
思考
练习
听讲解

实例增强课堂互动, 训练学生利用已学知识解释现实现象。

【小结】(3 分钟)

本节课从波传播波源的振动状态这一角度出发, 推导出波动方程, 并详细讲解波动方程所表征的物理意义和讲解波动方程的相关例题。需要大家深刻理解波函数的物理意义, 并注意讲解过程中思路, 能用今日所学解决具体问题。

归纳法
思考
听讲解

知识点总结
课堂巩固

【课后作业】: P162 6.8

【预习任务】: 波的能量传播特征, 惠更斯原理 波的干涉

问题
教学

课后练习加强教学效果。

【板书设计】:

§ 6.2 平面简谐波的波函数

一、平面简谐波的波函数

$$\text{沿 } x \text{ 轴正向 } \quad y = A \cos\left[\omega\left(t - \frac{x}{u}\right) + \phi_0\right]$$

$$\text{沿 } x \text{ 轴负向 } \quad y = A \cos\left[\omega\left(t + \frac{x}{u}\right) + \phi_0\right]$$

突出课堂知识重点及概要。

<p>二、波函数的物理意义</p> $x = x_0, \quad y = A \cos\left[\omega\left(t - \frac{x_0}{u}\right) + \varphi_0\right] \text{ 振动方程}$ $t = t_0, \quad y = A \cos\left[\omega\left(t_0 - \frac{x}{u}\right) + \varphi_0\right] \text{ 波形方程}$ $x, t \text{ 都变化, } y = A \cos\left[\omega\left(t - \frac{x}{u}\right) + \varphi_0\right] \text{ 行波方程}$		
---	--	--

七、教学反思

课堂从波传播的是波源振动状态这一角度出发，推导得出波动方程，并详细讲解波动方程所表征的物理意义和讲解波动方程的相关例题，对学生进行了分析问题的思维方式训练，采用多媒体和板书相结合的方式进行了教学，课堂气氛较为活跃，整体效果好。

对行波方程由于涉及两个时刻各质元的状态，部分同学一时理解不了，讲解过程可从物理量表征的基本物理意义角度反复讲解。可通过实例补充。课堂可多鼓励引导学生刻意培养从实际问题抓取物理情境，建立模型来解决问题，达到训练思维方式的目的是。

针对部分学生厌学情绪，课堂管理需要常抓不懈，除教学设计上增强课堂吸引力，还可和辅导员共同做好学生学习管理。

第十讲 驻波

一、教材分析

本节课内容选自赵近芳主编的《大学物理》第六章第五节。驻波是一种特殊的干涉现象，是本章一个重要内容，是要求学生熟悉的重要知识。教材根据两列振幅相等、相向传播的相干波的波函数，推导得出驻波方程，进而分析驻波的特征，并介绍半波损失的概念和讲解相关例题。教材内容逻辑严密，条理清晰，但对前期知识理解不够好的同学来说，有一定难度。为增加课堂的吸引力和互动，本节课先通过现场试验演示给出驻波图像引入课题，再通过推导得出驻波函数，并结合例题来帮助学生理解，巩固相关知识。

二、学情分析

学生上次课已经学习了波的干涉知识，为此节内容做了知识准备。但学生存在对波的干涉掌握不够，在通过代数运算分析得到驻波方程这一点上，理解有一定困难，在理解驻波方程所表征的物理意义方面存疑。课堂教学过程中，总是存在部分学生学习兴趣不高，上课专注度不够。

因此，课堂讲解过程中应结合实际问题的讨论，增加学生兴趣，充分考虑可能出现的，学生不容易掌握的知识点讲解方式，突出物理意义和讨论思路，课堂通过多互动，抓住学生的注意力，提升课堂教学效果。

三、教学目标

根据教学大纲的规定，按照质量工程的教育要求，结合学生的实际情况，确定本次课的教学目标如下：

知识目标：

- (1) 掌握驻波方程及其特征物理意义；
- (2) 深刻理解驻波的特点和掌握半波损失的概念；

能力目标：

- (1) 通过推导讲解培养学生利用已学知识进一步探究的能力和培养解决问题的思维方式；
- (2) 深刻理解驻波方程的推导过程、结论表征的物理意义和特点，使学生能有关驻波的内容。

情感及德育目标:

- (1) 培养学生自信、勤奋、善于思考、严谨治学的学习态度和ación精神;
- (2) 通过生活中实例,引导学生联系实例深刻理解驻波的特征和培养解决问题的思维方式,激发学生的学习兴趣、求知欲。
- (3) 通过呼应篇首图片示例,引申到开展科普教育,抨击现行社会追星拜金现象,引导学生传播正确的价值取向。

四、教学重点与难点

- (1) 重点、难点的确立

教学重点: 驻波方程及物理意义,驻波的特点。

驻波是一种特殊的干涉现象,是波的叠加的典型应用,其物理意义和特征有一定特殊性,是重要的考察知识点。

教学难点: 驻波的相位分布特征和半波损失。

学生对驻波各质点的相位分布特征可能短时间理解不够透彻,半波损失的产生原因,学生难于理解,对其发生条件学生容易混淆,故将它们确定为教学难点。

- (2) 重点难点的处理

通过实例引入驻波的讨论,根据振幅相等、相向传播的两列相干波的波函数,推导得出驻波方程,让学生通过分析数学表达式来理解驻波的特征,同时可结合具体现象来加深讲解,讲解过程需要突出推导思路和反复强调结论表征的物理意义。讨论过程中突出讨论的思路,增强互动,抓住学生的注意力,加强课堂管理。以深入浅出,层层递进的教学方法,辅助以 PPT 演示、实例讲解,启发式引导充分发挥学生的主体作用,使学生迅速掌握驻波的相关知识。

五、教学方法

- (1) 多媒体辅助教学法。通过课件设计使教学更直观、更生动。激发学生的学习兴趣,调动学习积极性,从而达到提高课堂教学效率的目的。

- (2) 启发式教学,通过多个实例,强调师生互动,使学生自主学习,掌握驻波方程和其物理意义及其特征。

- (3) 最后,通过归纳总结,实例练习,引导学生学习物理思维方式在解决问题中的应用,激发学生自学兴趣。

六、教学进程（45 分钟）

教师教学	教学方法 学生活动	设计意图
<p>【课程导入】（5 分钟）</p>  <p>现场演示示例：绳波与其反射波形成的驻波</p> <p>图片示例：声波驻波实验实例</p> 	<p>提问法 互动法 讨论 回答</p>	<p>通过现场演示实验及图片实例引入课题，提出问题让学生思考，调动学生兴趣。</p>
<p>【重难点指引】（2 分钟）</p> <p>1、驻波方程及其物理意义和特征。 2、半波损失及形成条件。</p>	<p>引导法 思考 听讲解</p>	<p>让学生带目标学习，增强学习动力。</p>
<p>【新课教学】（35 分钟）</p> <p>教师讲解：</p> <p style="text-align: center;">§ 6.5 驻波</p> <p>一、驻波方程</p> <p>1、概念：在同一介质中，两列振幅相同的相干平面简谐波，在同一直线上沿相反方向传播时叠加形成的波称为驻波。</p> <p>2、驻波的演示实验</p> <p>如下图，音叉在绷紧的弦上产生驻波，固定点 B 总是波节。</p>  <p>3、从两波波形的叠加看驻波的形成：观察演示；</p> <p>4、驻波方程：两波波动方程分别为</p>	<p>实验法 推导法 讨论法 讲授法 思考 回答 讨论 听讲解</p>	<p>通过视频演示实验，分析驻波特点，讨论推导出驻波方程及公式各项表征的物理意义。</p>

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

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

即这两列波在 $t=0$ 时刻, $x=0$ 处的初位相均为零。则合成波的波动方程为:

$$\begin{aligned} y &= y_1 + y_2 = A \cos 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right) + A \cos 2\pi \left(\frac{t}{T} + \frac{x}{\lambda} \right) \\ &= 2A \cos 2\pi \frac{x}{\lambda} \cos 2\pi \frac{t}{T} \end{aligned}$$

二、驻波特点:

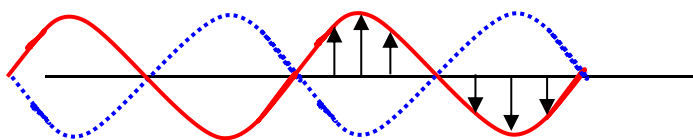
(1)、波线上各点有不同的振幅, 在上述的驻波方程

$$y = y_1 + y_2 = 2A \cos 2\pi \frac{x}{\lambda} \cos 2\pi \frac{t}{T}$$

中, 位于 x 处的质点其振幅为 $\left| 2A \cos 2\pi \frac{x}{\lambda} \right|$;

(2)、波节和波腹 —— 波线上始终不动 (振幅为零) 的点, 称为波节; 波线上振幅最大的点, 称为波腹; 两个相邻的波节 (或波腹) 之间的距离为 $\lambda/2$;

(3)、线上各点分段振动, 同一分段各点位相相同; 相邻两分段位相相反;



通过呼应篇首图片示例, 扩展到开展科普教育, 抨击现行追星现象, 引导学生传播正确的价值取向。

三、半波损失

1、半波损失 —— 当波从波疏介质 (介质密度 ρ 与波速 u 的乘积较小的介质) 垂直入射到波密介质 (介质密度 ρ 与波速 u 的乘积较大的介质) 时, 在界面上反射波与入射波的位相相反, 称为有半波损失; 当波从波密介质入射到波疏介质时, 在界面上反射波与入射波的位相相同, 没有半波损失。

2、入射波和反射波在两种界面上的合成:

当存在半波损失时, 界面上是波节; 当没有半波损失时, 界面上是波腹。

讨论法
讲授法
思考
回答
讨论
听讲解

通过讨论得出驻波振幅及相位特征。

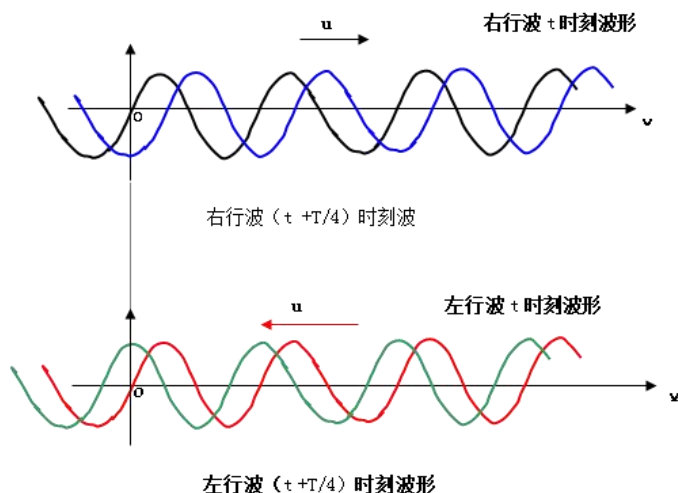
通过示例引申到抨击追星不良风气, 对学生进行价值取向教育。

讲授法
引导法
听讲解
思考

讲授半波损失的特征及产生条件。

四、例题讲解

例 1：一简谐波沿 ox 轴正向传播，图中所示为该波 t 时刻的波形图，欲沿 ox 轴形成驻波，且使原点处出现波节，画出另一简谐波 t 时刻的波形图。

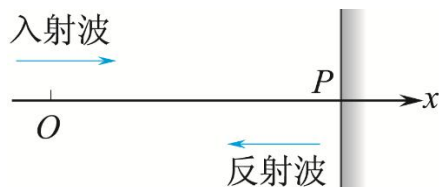


因为要使原点 o 处出现波节即任一时刻（不仅仅是图示的 t 时刻） o 处质点的位移总是零，例如，当经过 $1/4$ 周期右行波使 o 处质点的位移为 $-A$ ，则左行波应使 o 处质点的位移为 A ，所以，另一简谐波应是左行波且 t 时刻的波形图如上图中的红线所示。

例 2：如图所示，沿 x 轴正向传播的平面简谐波方程为

$$y = 0.2 \cos\left[200\pi\left(t - \frac{x}{200}\right)\right] \text{ (SI)},$$

两种介质的分界面 P 与坐标原点 o 相距 $d = 6.0\text{m}$ ，入射波在界面上反射后振幅无变化，且反射处为固定端。求：（1）反射波方程；（2）驻波方程；（3）在 o 与 P 之间各个波节和波腹点的坐标。



解：（1）由入射波方程可知频率 $\nu = \frac{\omega}{2\pi} = 100\text{Hz}$ ，波长 $\lambda = \frac{u}{\nu} = 2\text{m}$ ，反射波的振幅、频率、波速均与入射波相同。入射波在界面处的振动方程

$$y_{\lambda} = y|_{x=d} = 0.2 \cos\left[200\pi\left(t - \frac{6}{200}\right)\right]$$

练习法
讨论法
讲授法
思考
回答
讨论
听讲解

通过例题讨论驻波图形特点。

练习法
讨论法
讲授法
思考
回答
讨论
听讲解

通过例题促进学生掌握驻波相关量的求解。

$= 0.2 \cos(200\pi t - 6\pi)$ $= 0.2 \cos(200\pi t)$ <p>因为反射点是固定端，所以反射波在 P 点处的振动位相与入射波在该点的振动位相相反，即 P 点处的反射波振动方程为</p> $y_{\text{反}} = 0.2 \cos(200\pi t + \pi)。$ <p>反射波以波速 $u = 200\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 向 x 轴负向传播，所以反射波波动方程为</p> $y = 0.2 \cos[200\pi(t - \frac{6-x}{200}) + \pi]$ $= 0.2 \cos[200\pi(t + \frac{x}{200}) - 5\pi]$ $= 0.2 \cos[200\pi(t + \frac{x}{200}) - \pi]$ <p>驻波方程为</p> $y = 0.2 \cos[200\pi(t - \frac{x}{200})] + 0.2 \cos[200\pi(t + \frac{x}{200}) - \pi]$ $= 0.2 \cos[200\pi(t - \frac{x}{200})] - 0.2 \cos[200\pi(t + \frac{x}{200})]$ $= -0.4 \sin(\pi x) \sin(200\pi t)$ <p>(3) 由 $\pi x = 2k \frac{\pi}{2}$ ($k = 1, 2, 3, 4, 5, 6$) 得波节点的坐标为</p> $x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6\text{m}。$ <p>由 $\pi x = (2k + 1) \frac{\pi}{2}$ ($k = 0, 1, 2, \dots, 9$) 得波腹点的坐标为</p> $x = \frac{1}{2}, \frac{3}{2}, \frac{5}{2}, \frac{7}{2}, \frac{9}{2}, \frac{11}{2}\text{m}。$		
<p>【小结】 (3 分钟)</p> <p>本节课从实例引入驻波的讨论，根据振幅相等、相向传播的两列相干波的波函数，推导得出驻波方程，需要大家深刻理解驻波的意义，掌握驻波特征及半波损失的特征，能用今日所学解决具体问题。</p>	<p>归纳法 思考 听讲解</p>	<p>知识点总结 课堂巩固</p>
<p>【课后作业】：P188 6.24</p> <p>【预习任务】：多普勒效应</p>	<p>问题 教学</p>	<p>课后练习加 强教学效果。</p>

<p>【板书设计】</p> <p style="text-align: center;">§ 6.5 驻波</p> <p>一、驻波方程</p> $y_1 = A \cos 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right) \quad y_2 = A \cos 2\pi \left(\frac{t}{T} + \frac{x}{\lambda} \right)$ $y = y_1 + y_2 = 2A \cos 2\pi \frac{x}{\lambda} \cos 2\pi \frac{t}{T}$ <p>三、驻波的特点</p> <p>1、波节与波腹</p> <p>x 处质元振幅 $\left 2A \cos 2\pi \frac{x}{\lambda} \right$;</p> <p>2、驻波相位分布特征</p> <p>分段振动，同段同相；邻段反相；</p> <p>四、半波损失</p> <p>波疏入波密，反射波相位突变</p>		突出课堂知识重点及概要。
--	--	--------------

七、教学反思

课堂从实例引入驻波的讨论，根据振幅相等、相向传播的两列相干波的波函数，推导得出驻波方程，重点强调表达式各部分所反应的物理意义，通过引导分析驻波的特征，介绍半波损失现象，通过例题训练了学生的应用能力。课堂讲解脉络清晰，通过讨论式教学，对学生的思维进行了训练，采用了多媒体和板书相结合的方式教学，课堂气氛较为活跃，整体效果好。

驻波表达式各部分对应的物理意义的讲解还应通过例题予以加深，驻波各质点的相位分布特征在例题讲解过程中可再次予以强调。

总存在部分同学无心学习，可思考多样化的课堂管理。

第十一讲 多普勒效应

一、教材分析

本节课内容选自赵近芳主编的《大学物理》第六章第六节。多普勒效应在现实中有广泛应用，是本章一个重要内容，是要求学生掌握的重要知识。教材先介绍了多普勒效应现象，再具体推导在波源和观测者两者相对运动的三种情况下，波源频率和观测者频率之间的关系。教材内容逻辑严密，条理清晰，在计算观测频率时，需要重点说明速度取值的正负问题。为增加课堂吸引力和互动，本节课先通过多个实例引入课题，再通过讨论推导得出三种情形的频率关系，并结合例题来帮助学生理解，巩固相关知识。

二、学情分析

学生已学习过机械波的基本知识，为此节内容做了知识准备。这节课重点强调波传播过程中的问题，学生对影响波频率的因素理解程度不够，容易产生误解，特别对公式中各值的正负取值，感到困惑。学生水平参差不齐，学习兴趣和态度各异，课堂的深度和广度有必要多加思考。

因此，课堂讲解过程中应结合实际问题讨论，增加学生兴趣，对可能出现的学生不容易掌握的知识点，充分考虑讲解方式，突出物理意义和讨论思路，课堂通过多互动，抓住学生的注意力，提升课堂教学效果。

三、教学目标

根据教学大纲的规定，按照质量工程的教育要求，结合学生的实际情况，确定本次课的教学目标如下：

知识目标：

- (1) 掌握多普勒效应的基本特征；
- (2) 掌握如何计算不同情况下多普勒效应频率；

能力目标：

- (1) 培养学生利用已学知识进一步探究的能力和培养解决问题的思维方式；
- (2) 理解多普勒效应频率计算推导过程，能利用其原理解释相关现象。

情感及德育目标：

- (1) 培养学生自信、勤奋、善于思考、严谨治学的学习态度和ación；

(2) 通过生活中实例，引导学生联系实例深刻理解多普勒效应的原理和培养解决问题的思维方式，激发学生的学习兴趣、求知欲。

(3) 通过呼应篇首图片示例，引申到道路交通安全问题，十次车祸九次快，教育未来的小车用户们，提高安全意识，遵守交通法规。

四、教学重点与难点

(1) 重点、难点的确立

教学重点：多普勒效应的基本特点。

多普勒效应是波传播的一种特殊现象，其原理在科学上有广泛的应用，是重要的考察知识点。

教学难点：多普勒效应频率关系的计算。

学生对影响波频率的因素理解程度不够，容易产生误解，特别是在公式中各值的正负取值上，容易混淆，故将它们确定为教学难点。

(2) 重点难点的处理

通过实例引入多普勒效应的讨论，从频率的基本定义出发，分析三种情况推导出多普勒频率的表达式，让学生通过实例，分析数学表达式中正负号的选取，掌握其特征。讨论过程中突出问题讨论的思路，增强互动，抓住学生注意力，加强课堂管理。以深入浅出，层层递进的教学方法，辅助以 PPT 演示、实例讲解，启发式引导充分发挥学生的主体作用，使学生迅速掌握多普勒效应的相关知识。

五、教学方法

(1) 多媒体辅助教学法。通过课件设计使教学更直观、更生动。激发学生的学习兴趣，调动学习积极性，从而达到提高课堂教学效率的目的。

(2) 启发式教学，通过多个实例，强调师生互动，使学生自主学习，掌握多普勒效应及其特征。

(3) 最后，通过归纳总结，实例练习，引导学生学习物理思维方式在解决问题中的应用，激发学生自学兴趣。

六、教学进程（45 分钟）

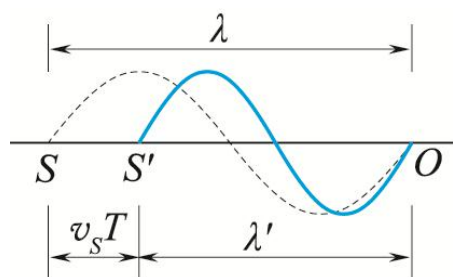
教师教学	教学方法 学生活动	设计意图
<p>【课程导入】（5 分钟）</p> <p>现场演示示例： 宇宙爆炸理论人们是如何来实验验证的呢？</p>  <p>图片示例：测速仪的原理是什么？</p> 	<p>提问法 互动法 讨论 回答</p>	<p>通过现场演示实验及图片实例引入课题，提出问题让学生思考，调动学生兴趣。</p>
<p>【重难点指引】（2 分钟）</p> <p>1、多普勒效应和特征。 2、如何计算多普勒效应频率。</p>	<p>引导法 思考 听讲解</p>	<p>让学生带目标学习，增强学习动力。</p>
<p>【新课教学】（35 分钟）</p> <p style="text-align: center;">§ 6.6 多普勒效应</p> <p>一、多普勒效应的概念</p> <p>当波源或观察者、或者两者同时相对于介质有相对运动时，观察者接收到的波的频率与波源的振动频率不同的现象称为多普勒效应。</p> <p>二、观察者接收到的波的频率</p>  <p>1、波源不动、观察者以 v_B 相对于介质运动：</p> <p>设观察者向着波源运动，即 $v_B > 0$，则在单位时间内观察者接收到的完整波的数目即观察者实际接收到的波的频率</p>	<p>讨论法 讲授法 思考 回答 听讲解</p> <p>讨论法 讲授法 思考 回答 讨论 听讲解</p>	<p>通过现象介绍多普勒效应。</p> <p>通过分析讨论得出观测频率和波源频率间的关系。</p>

$$\nu' = \frac{u'}{\lambda} = \frac{u + v_B}{\lambda} = \frac{u + v_B}{uT} = \frac{u + v_B}{u} \nu = \left(1 + \frac{v_B}{u}\right) \nu > \nu。$$

当观察者向着波源运动时，接收到的频率为波源振动频率的 $\left(1 + \frac{v_B}{u}\right)$ 倍；当观察者远离波源运动时， $v_B < 0$ ，接收到的频率比波源振动频率小。

2、观察者不动、波源以速度 v_S 相对于介质运动：

如图所示，假设波源以速度 v_S 向着观察者运动。因为波速与波源运动无关，所以在波源振动的一个周期里，波向前传播的距离等于一个波长 λ ，但波源 S 在一个周期里在波的传播方向上移动了 $v_S T$ 的距离到达 S' 点，结果使得一个完整波被挤压在 $S'O$ 之间，相当于波长减少为 $\lambda' = \lambda - v_S T$ 。



因此，观察者单位时间里接收到的完整波的数目，即观察者接收到的频率为

$$\nu' = \frac{u}{\lambda'} = \frac{u}{\lambda - v_S T} = \frac{u}{uT - v_S T} = \frac{u}{u - v_S} \nu > \nu。$$

当波源向着观察者运动时， $v_S > 0$ ，观察者接收到的频率为波源振动频率的 $\frac{u}{u - v_S}$ 倍，比波源频率要高；若波源远离观察者运动

$v_S < 0$ ，观察者接收到的频率比波源频率要低。

3、波源和观察者同时相对于介质运动：

这时，相对于观察者来说，波的速率变为 $u' = u + v_B$ ；同时波长变为 $\lambda' = \lambda - v_S T$ ，综合两个结果，当波源和观察者同时运动时，观察者接收到波的频率为

$$\nu' = \frac{u'}{\lambda'} = \frac{u + v_B}{uT - v_S T} = \frac{u + v_B}{u - v_S} \nu；$$

式中，当波源与观察者相互接近时， v_B 、 v_S 取正值，远离时 v_B 、 v_S 取负值。总之，在多普勒效应中，不论波源还是观察者运动，或两者都运动，当波源和观察者相互接近时，观察者接收到的频率 ν' 总是大

讨论法
讲授法
思考
回答
讨论
听讲解

分析讨论三
种情况下的
频率关系。

于波源振动频率 ν ；当波源和观察者远离时，观察者接收到的频率 ν' 总是小于波源振动频率 ν 。

测速仪的原理：道路旁装有雷达发射器，向道路来车方向发射雷达波束，再接收汽车的反射的回波，通过回波频率分析测定汽车车速。
呼应篇首问题，引申到道路交通安全问题，十次车祸九次快，教育未来的小车用户们，提高安全意识，遵守交通法规。

三、光波（包括电磁波）的多普勒效应

电磁波的传播不需要介质，所以只是光源和观察者的相对速度 v 决定观察者接收到的频率。由相对论可以证明，当光源和观察者在一条直线上运动时，观察者接收到的频率为

$$\nu_{\text{接近}} = \sqrt{\frac{1+v/c}{1-v/c}} \nu, \quad \nu_{\text{远离}} = \sqrt{\frac{1-v/c}{1+v/c}} \nu;$$

当光源远离观测者时，接收的频率变小，波长变长，这种现象称为“红移”，即移向光谱中红色的一侧。天文学家就是将来自星球的光谱与地球上相同元素的光谱进行比较，发现都发生了红移，从而说明星球都是远离地球运动，这就是宇宙大爆炸理论的重要证据之一。

四、例题讲解

例 1：汽车驶过车站时，车站上的观测者测得汽笛声的频率由 1200 赫兹变到了 1000 赫兹，设空气中的声速为 $330 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ，求汽车的速率。

解：设汽车的速率为 v 、声速为 u ，汽笛声的振动频率为 ν ，汽车向着车站驶来时观测者测得的汽笛声的频率为 $\nu_1 = 1200$ 赫兹；汽车远离车站驶去时观测者测得的汽笛声的频率为 $\nu_2 = 1000$ 赫兹；则

$$\nu_1 = \frac{u}{u-v} \nu, \quad \nu_2 = \frac{u}{u+v} \nu;$$

两式相除

$$\frac{\nu_1}{\nu_2} = \frac{u+v}{u-v};$$

解出

$$v = \frac{(\nu_1 - \nu_2)}{(\nu_1 + \nu_2)} u = 30 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1},$$

即汽车的速率为 $30 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。

讲授法
思考
回答
讨论

通过示例讲解，引申到安全教育。

讨论法
讲授法
思考
回答
讨论

通过实例讲解，分析讨论计算方法，并用结论说明红移现象，解决开篇问题。

讨论法
讲授法
思考
练习
回答
讨论

通过例题呼应开篇问题，巩固相关知识。

<p>【小结】（3分钟）</p> <p>本节课从频率的基本定义角度出发，分析三种情况推导出多普勒频率的表达式公式，通过分析具体实例，讨论数学表达式中正负号的选取，掌握其特征。要求能用今日所学解决具体问题。</p>	<p>归纳法 思考 听讲解</p>	<p>知识点总结 课堂巩固</p>
<p>【课后作业】：P188 6.24 【预习任务】：气体动理论基础</p>	<p>问题 教学</p>	<p>课后练习加 强教学效果。</p>
<p>【板书设计】：</p> <p style="text-align: center;">§ 6.6 多普勒效应</p> <p>一、多普勒效应</p> <p style="text-align: center;">波源与观测者相对运动，$v' \neq v$</p> <p>五、观测者接收到的频率</p> <p>1、波源不动，观察者以v_B相对于介质运动</p> $v' = \left(1 + \frac{v_B}{u}\right)v$ <p>2、观察者不动，波源以v_S相对于介质运动</p> $v' = \frac{u}{u - v_S}v$ <p>3、观察、波源同时相对介质运动</p> $v' = \frac{u'}{\lambda'} = \frac{u + v_B}{u - v_S}v$ <p>六、多普勒效应应用</p> <p style="padding-left: 2em;">红移（宇宙大爆炸），测速仪</p>		<p>突出课堂知 识重点及概 要。</p>

七、教学反思

课堂从测速仪和证实宇宙大爆炸理论的红移现象引入多普勒效应的讨论，从频率的基本定义角度出发，分析三种情况推导出多普勒频率的表达式公式。课堂讲解脉络清晰，通过讨论式教学，对学生的思维进行了训练，采用了多媒体和板书相结合的方式教学，课堂气氛较为活跃，整体效果好。

多普勒效应中频率的计算，学生掌握程度不够理想，需要增加例题讲解，使学生深刻理解数学表达式中正负号的选取。

学生的知识水平参差不齐，学习兴趣和态度各异，课堂的深度和广度有必要多加思考。

第十二讲 电场力的功 电势

一、教材分析

本节课内容选自赵近芳主编的《大学物理》第九章第三节。电场力的功是研究电场力作用对空间的积累效果，是本章一个重要内容，是要求学生掌握的重要知识。教材根据功的基本定义，先求出元功，再利用微积分思想求出变力沿曲线做功，并讨论得到静电场的环流定理。根据电场力是保守力这一特点，引进电势能的概念，讨论电势的定义及物理意义。教材内容逻辑严密，条理清晰。为增加课堂的吸引力和互动，本节课通过一般力做功的定义引入课题，再通过类比推导出电场力的功，讨论过程通过类比帮助学生理解，巩固相关知识。

二、学情分析

学生已经学习过电场的相关知识，熟悉功与力之间的关系，又具备一定微积分基础，为此节内容学习做了知识准备。此次课程内容相对简单，但学生对一些知识点的物理意义理解不够透彻，在电势和电势能计算上存在一定困难。课堂还总是存在部分学生上课专注度不够。

因此，课堂讲解过程中应结合实际问题讨论，增加学生兴趣，对可能出现的学生不容易掌握的知识点充分考虑讲解方式，突出物理意义和讨论思路，课堂通过多互动，抓住学生的注意力，提升课堂教学效果。

三、教学目标

根据教学大纲的规定，按照质量工程的教育要求，结合学生的实际情况，确定本次课的教学目标如下：

知识目标：

- (1) 掌握电场力功的计算；
- (2) 掌握电势能、电势的概念及计算；

能力目标：

- (1) 通过推导讲解培养学生利用已学知识进一步探究的能力，培养解决问题的思维方式；
- (2) 使学生深刻理解电场力的功，电势的物理意义以及他们的计算。

情感及德育目标：

- (1) 培养学生自信、勤奋、善于思考、严谨治学的学习态度和精
- (2) 通过生活中实例，引导学生联系实例掌握电场力的功和电势的计算，培养解决问题的思维方式，激发学生的学习兴趣、求知欲。
- (3) 通过呼应篇首图片示例，介绍电子对撞机和我国在这方面的发展，激发学生学习兴趣和爱国热情。

四、教学重点与难点

- (1) 重点、难点的确立

教学重点：电场力的功、电势能和电势。

电场力、电势能和电势是电场的基本概念，是重要的知识考察点。

教学难点：电场力的功和电势的计算。

学生在电场力的功和电势的数学计算方面存在困难，主要是微积分的应用能力不强，另外电势零点的选择有容易混淆，故将它们确定为教学难点。


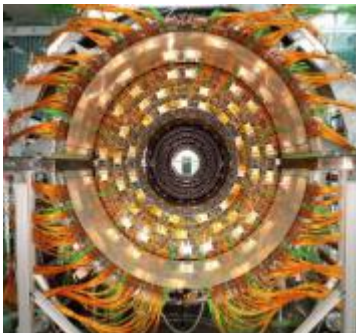
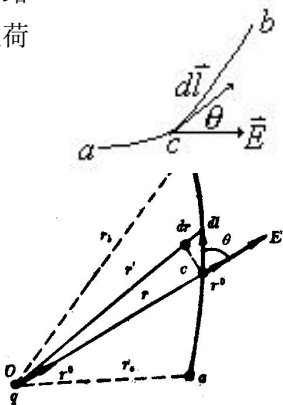
- (2) 重点难点的处理

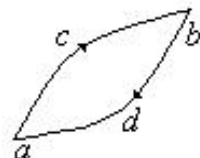
通过实例引入，从功的基本定义出发，讨论电场力做功。类比重力势能，讨论电势能以及电势的概念和计算。对势能零点和电势零点选择应反复讲解，使学生充分理解。讨论过程中突出讨论思路，增强互动，抓住学生注意力，加强课堂管理。以深入浅出，层层递进的教学方法，辅助以 PPT 演示、实例讲解，启发式引导学生发挥主体作用，使学生迅速掌握电场力的功和电势的相关知识。

五、教学方法

- (1) 多媒体辅助教学法。通过课件设计使教学更直观、更生动。激发学生的学习兴趣，调动学习积极性，从而达到提高课堂教学效率的目的。
- (2) 启发式教学，通过多个实例，强调师生互动，使学生自主学习，掌握电场力的功和电势的计算。
- (3) 最后，通过归纳总结，实例练习，引导学生训练物理思维方式在解决问题中的应用，激发学生自学兴趣。

六、教学进程（45 分钟）

教师教学	教学方法 学生活动	设计意图
<p>【课程导入】（5 分钟）</p> <p>现场演示示例：欧洲的粒子对撞机</p>  <p>图片示例：对撞机的内部结构，通过电场加速粒子</p> 	讲解法 提问法 互动法 讨论 回答	通过现场演示图片实例引入课题，提出问题让学生思考，调动学生兴趣。
<p>【重难点指引】（2 分钟）</p> <p>1、电场力功的物理意义和特征。</p> <p>2、电势的定义。</p>	引导法 思考 听讲解	让学生带目标学习，增强学习动力。
<p>【新课教学】（35 分钟）</p> <p style="text-align: center;">§ 9.3 电场力的功 电势</p> <p>一、电场力作功</p> <p>静电场的另一重要性质就是在静电场中，电场力做功与电荷移动路径无关。即静电场是保守场。</p> <p>问题：在静电场 \vec{E} 中，试验电荷 q_0 沿任意路径 acb 从点 a 移动到点 b，计算电场力对试验电荷所作的功。采用微元法，对位移元 $d\vec{l}$</p> $dW = \vec{F} \cdot d\vec{l} = q_0 \vec{E} \cdot d\vec{l}$ <p>积分可得电场力所作的功为</p> $W = \int dW = q_0 \int \vec{E} \cdot d\vec{l}$ <p>1、点电荷电场</p> <p>设一正点电荷 q 固定于 O 点，试验电荷 q_0 在 q 的电场中沿任意路径从点 a 移动到点 b，对位移元 $d\vec{l}$，电场力作功为</p> 	推导法 讨论法 讲授法 思考 回答 讨论 听讲解	通过力做功的基本定义，讨论推导电场力做功。

<p>$dW = \vec{F} \cdot d\vec{l} = q_0 \vec{E} \cdot d\vec{l}$</p> <p>点电荷的场强公式为</p> $\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} \vec{r}^0$ $dW = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{qq_0}{r^2} \vec{r}^0 \cdot d\vec{l} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{qq_0}{r^2} dr$ <p>积分可得电场力所作的功为</p> $W = \int_{r_a}^{r_b} \frac{qq_0}{4\pi\epsilon_0 r^2} \cdot dr = \frac{qq_0}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{r_a} - \frac{1}{r_b} \right)$ <p>结论：在点电荷的非匀强电场中，电场力对试验电荷所作的功与其移动时起始位置与终了位置有关，与其所经历的路径无关。</p> <p>2、点电荷系的电场：</p> <p>任意带电体都可以看成由许多点电荷组成的点电荷系，根据叠加原理可知，点电荷系的场强为各点电荷场强的叠加。</p> $\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \dots$ <p>因而任意点电荷系的电场力所作的功为</p> $W = q_0 \int_l \vec{E} \cdot d\vec{l} = q_0 \int_l \vec{E}_1 \cdot d\vec{l} + q_0 \int_l \vec{E}_2 \cdot d\vec{l} + \dots$ <p>每一项均与路径无关，故它们的代数和也必然与路径无关。</p> <p>结论：在真空中，一试验电荷在静电场中移动时，静电力对它所作的功，仅与试验电荷的电量、起始与终了位置有关，而与试验电荷所经过的路径无关。因而静电力也是保守力，静电场是保守场。</p> <p>解释课题引入时示例：粒子对撞机的原理，即使利用粒子在电磁场当中的运动来实现粒子速度和方向的选择，通过电场的电场力给粒子加速。引申到中国科研现状，缺乏粒子对撞机，中国的量子信息发展居世界首位。</p> <p>二、静电场的环流定理</p> <p>在静电场中，将试验电荷沿闭合路径移到一周时，电场力所作的功为</p> $W = \oint_l q_0 \vec{E} \cdot d\vec{l} = q_0 \oint_l \vec{E} \cdot d\vec{l}$ <p>由于电场力作功与路径无关，只与起始和终了位置有关的性质可知，将试验电荷沿闭合路径移动一周时，电场力所作的功为零。</p> <p>如右图，电场力作功</p> $W = q_0 \oint \vec{E} \cdot d\vec{l} = q_0 \int_{abc} \vec{E} \cdot d\vec{l} + q_0 \int_{cda} \vec{E} \cdot d\vec{l}$ <p>由于 $\int_{cda} \vec{E} \cdot d\vec{l} = - \int_{adc} \vec{E} \cdot d\vec{l}$</p> 	<p>讨论法 讲授法 思考 回答 讨论 听讲解</p>	<p>讨论点电荷和点电荷系中电场做功特征。</p> <p>过解释粒子对撞机粒子加速原理，呼应开篇实例，进而引申中国科研差距与领先的领域，激发学生学习热情和进行爱国主义教育。</p> <p>推导得出静电场的环流定理。</p>
---	---	---

<p>且电场力作功与路径无关, $q_0 \int_{adc} \vec{E} \cdot d\vec{l} = q_0 \int_{abc} \vec{E} \cdot d\vec{l}$</p> <p>所以 $W = q_0 \oint \vec{E} \cdot d\vec{l} = 0$ 又 $q_0 \neq 0$</p> <p>$\therefore \oint \vec{E} \cdot d\vec{l} = 0$</p> <p>定义: \vec{E} 沿任意闭合路径的线积分叫 \vec{E} 的环流。 静电场环路定理: 在静电场中, 电场强度的环流为零。</p> <h3>三、电势能</h3> <p>1、定义: 电荷在电场的一定位置上, 具有一定的能量, 叫做电势能。</p> <p>静电场力对电荷所作的功等于电势能增量的负值。因而静电场力对电荷作正功时, 电势能减少; 静电场力对电荷作负功时, 电势能增加。</p> <p>用 E_{pa} 和 E_{pb} 表示试验电荷在 a 和 b 的电势能, 则试验电荷从 a 移动到 b, 静电场力作功 $W_{ab} = -(E_{pb} - E_{pa}) = E_{pa} - E_{pb}$</p> <p>即 $q_0 \int_a^b \vec{E} \cdot d\vec{l} = E_{pa} - E_{pb}$ —— 势能具有相对性</p> <p>2、势能零点的选择 当场源电荷为有限带电体时, 通常选取无限远处为电势能零点。 取 B 点为无限远处, 则: $W_B = W_\infty = 0$ 这样试验电荷 q_0 在 A 点处具有的电势能为:</p> $E_{pA} = W_{A\infty} = \int_A^\infty q_0 \vec{E} \cdot d\vec{l}$ <p>即试验电荷 q_0 在电场中某点处具有的电势能值, 等于将 q_0 由该点移至无限远 (或者电势能零点) 处电场力所作的功。</p> <p>3、说明:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 电势能是属于系统的, 为场源电荷和试验电荷所共有, 它是试验电荷与电场之间的相互作用能。 2) 电势能的量值只有相对意义, 它与电势能零点的选择有关。 3) 电势能的单位为焦耳 (J); 4) 电势能属于系统, 属于电荷与电场组成的系统。 <h3>四、电势</h3> <p>1、电势的基本概念</p> <p>由于电势能的大小, 与试验电荷的电量 q_0 有关, 因而电势能不能直接用来描述某一给定电场的性质。但是比值 $(E_{pa} - E_{pb}) / q_0$ 与 q_0 无关, 只决定于电场的性质及场点的位置, 所以这个比值是反映电场</p>	<p>推导法 讨论法 讲授法 思考 回答 讨论 听讲解</p>	<p>讨论得出电势能的概念。</p>
---	---	--------------------

本身性质的物理量，并且称之为电势，其定义为：静电场中带电体所具有的电势能与该带电体的电量的比值定义为电势。

$$V_a = \frac{W_{Pa}}{q_0} = \int_a^{"0"} \vec{E} \cdot d\vec{l}, \text{ 令 } q_0 \text{ 为单位正电荷, 则 } V_a = W_{Pa}$$

可见，电场中某点的电势在数值上等于放在该点的单位正电荷的电势能，或者说电场中某点的电势在数值上等于把单位正电荷从该点移到势能为零的点时，电场力所作的功。

1) 电势是标量，有正有负，把单位正电荷从某点移到无穷远点时，若静电场力作正功，则该点的电势为正；若静电场力作负功，则该点的电势为负（在电场力的作用下，正电荷从电势高的地方移向电势低的地方，负电荷电势低的地方移向电势高的地方）；

2) 电势的单位：伏特 $1V = 1J \cdot C^{-1}$

3) 电势具有相对意义，它决定于电势零点的选择。电势零点的选择是任意的，视研究问题的方便而定。在理论计算中，当电荷分布在有限区域时，通常选择无穷远处的电势为零；在实际工作中，通常选择地面的电势为零。但是对于“无限大”或“无限长”的带电体，就不能将无穷远点作为电势的零点，这时只能在有限的范围内选取某点为电势的零点。

2、电势差

在静电场中，任意两点 a 和点 b 之间的电势之差，称为电势差，也叫电压。

$$U_{ab} = V_a - V_b = \int_a^{"0"} \vec{E} \cdot d\vec{l} - \int_b^{"0"} \vec{E} \cdot d\vec{l} = \int_a^{"0"} \vec{E} \cdot d\vec{l} + \int_a^b \vec{E} \cdot d\vec{l}$$

$$\text{可见 } U_{ab} = \int_a^b \vec{E} \cdot d\vec{l}$$

即：静电场中任意两点 a、b 之间的电势差，在数值上等于把单位正电荷从点 a 移到点 b 时，静电场力所作的功。

引入电势差后，静电场力所作的功可以用电势差表示为

$$W = q_0 \int_a^b \vec{E} \cdot d\vec{l} = q_0 U_{ab} = q_0 (V_a - V_b)$$

3、点电荷电场中的电势

$$V = \int_r^{\infty} \vec{E} \cdot d\vec{l} = \int_r^{\infty} \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2} dr = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r}$$

可见正电荷的电势为正的，负电荷的电势为负的。

推导法
讨论法
讲授法
思考
回答
讨论
听讲解

讨论得到电势及电势差的概念。

<p>【小结】（3分钟）</p> <p>本节课根据功的基本定义，先求出元功，再利用微积分思想求出变力沿曲线做功并讨论得到静电场的环流定理，根据电场力是保守力这一特点，引进电势能的概念，并讨论电势的定义及物理意义。</p>	<p>归纳法 思考 听讲解</p>	<p>知识点总结 课堂巩固。</p>
<p>【课后作业】：P41 9.18</p> <p>【预习任务】：电场强度和电势的关系</p>	<p>问题 教学</p>	<p>课后练习加 强教学效果。</p>
<p>【板书设计】： § 9.3 电场力的功 电势</p> <p>一、电场力的功</p> $W = \int dW = \int q_0 \vec{E} \cdot d\vec{l}$ $W = \int_{r_a}^{r_b} \frac{qq_0}{4\pi\epsilon_0 r^2} \cdot dr = \frac{qq_0}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{r_a} - \frac{1}{r_b} \right)$ $W = q_0 \int_l \vec{E} \cdot d\vec{l} = q_0 \int_l \vec{E}_1 \cdot d\vec{l} + q_0 \int_l \vec{E}_2 \cdot d\vec{l} + \dots$ <p>二、静电场的环流定理</p> $W = \oint_l q_0 \vec{E} \cdot d\vec{l} = 0$ <p>三、电势能</p> <p>定义、势能零点</p> <p>四、电势</p> <p>定义： $V_a = \frac{W_{Pa}}{q_0} = \int_a^{"0"} \vec{E} \cdot d\vec{l}$</p> <p>电势差： $U_{ab} = \int_a^b \vec{E} \cdot d\vec{l}$</p>		<p>突出课堂知 识重点及概 要。</p>

七、教学反思

课堂从实例引入电场力功的讨论，根据电场力是保守力这一特点，引进电势能的概念，并讨论电势的定义及物理意义，并通过例题训练了学生的应用能力。课堂讲解脉络清晰，通过讨论式教学，对学生的思维进行了训练，采用了多媒体和板书相结合的方式进行了教学，课堂气氛较为活跃，整体效果好。

本节课定义较多，内容比较多，学生对电场力的功和电势的数学计算存在困难，主要是微积分的应用能力不强，另外电势零点的选择有容易混淆，在例题讲解过程中可再次予以强调。

课堂总存在部分同学无心学习，可采用更严格多样化的课堂管理方式。

第十三讲 静电场中的导体

一、教材分析

本节课内容选自赵近芳主编的《大学物理》第九章第五节。静电场中的导体是研究导体处在电场中时电荷的分布及电场分布特征，是一个重要知识点，要求学生掌握。教材从静电平衡现象出发，讨论得到静电平衡条件和静电平衡性质，其后再讨论导体壳和静电屏蔽现象。个人觉得教材内容条理不够清晰，讲解过程中，做了一定改动。为增加课堂的吸引力和互动，本节课先从生活中尖端放电现象和高压输电线上的电晕现象引入课题，再介绍静电平衡相关内容、导体表面附近的电场以及静电屏蔽，还通过相关例子巩固相关知识。

二、学情分析

学生已经学习了电场的电场强度、电势等相关知识，为此节内容做了知识准备。静电场中的导体的特征在生活中有很多对应现象，学生对能用物理知识解释生活中的现象有一定兴趣，学生课堂专注程度应该比以往好。

因此，课堂讲解过程中应结合实际问题分析，增加学生兴趣，对可能出现的学生不容易掌握的知识点应充分考虑讲解方式，突出讨论思路，课堂通过多互动，抓住学生的注意力，提升课堂教学效果。

三、教学目标

根据教学大纲的规定，按照质量工程的教育要求，结合学生的实际情况，确定本次课的教学目标如下：

知识目标：

- (1) 掌握导体的静电平衡及电荷分布；
- (2) 了解导体表面附近的电场和静电屏蔽特征。

能力目标：

- (1) 培养学生利用已学知识解释现实物理现象的能力和培养解决问题的思维方式；
- (2) 使学生熟悉静电平衡条件下导体上的电荷分布。

情感及德育目标：

- (1) 培养学生自信、勤奋、善于思考、严谨治学的学习态度和ación；

(2) 通过生活中实例，引导学生利用静电平衡特点解释现实生活实例，培养解决问题的思维方式，激发学生的学习兴趣、求知欲。

(3) 通过呼应篇首图片示例，介绍尖端放电和高压输电线的电晕，对学生进行安全教育。

四、教学重点与难点

(1) 重点、难点的确立

教学重点：静电平衡条件和平衡条件下导体上的电荷分布。

静电平衡条件和平衡条件下导体上的电荷分布，是重要的知识点。

教学难点：平衡条件下导体上的电荷分布和导体表面附近的场强。

学生在讨论平衡条件下导体上的电荷分布过程中，对平衡条件的应用存在困难，主要是分析应用能力不强，另外导体表面附近的场强的计算，对高斯定理的应用不够熟悉，故将它们确定为教学难点。

(2) 重点难点的处理

通过实例引入，加强课堂互动，引导学生分析多个实例，让学生逐步掌握静电平衡条件。通过共同讨论分析，得到平衡条件下导体上的电荷分布特征。讨论过程中应突出问题讨论的思路，增强互动，抓住学生的注意力，加强课堂管理。以深入浅出，层层递进的教学方法，辅助以 PPT 演示、实例讲解，启发式教学，引导充分发挥学生的主体作用，使学生迅速掌握静电平衡和静电屏蔽相关知识。

五、教学方法

(1) 多媒体辅助教学法。通过课件设计使教学更直观、更生动。激发学生的学习兴趣，调动学习积极性，从而达到提高课堂教学效率的目的。

(2) 启发式教学，通过多个实例，强调师生互动，使学生自主学习，掌握静电场中的导体的相关知识。

(3) 最后，通过归纳总结，实例练习，引导学生训练物理思维方式在解决问题中的应用，激发学生自学兴趣。

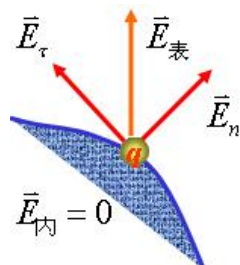
六、教学进程（45 分钟）

教师教学	教学方法 学生活动	设计意图
<p>【课程导入】（5 分钟） 现场演示示例：尖端放电现象</p>   <p>图片示例：高压输电线的电晕现象。</p>	<p>讲解法 提问法 互动法 讨论 回答</p>	<p>通过现场演示图片实例引入课题，提出问题让学生思考，调动学生兴趣。</p>
<p>【重难点指引】（2 分钟）</p> <ol style="list-style-type: none"> 1、静电平衡条件和平衡条件下导体上的电荷分布。 2、导体表面附近的电场特征和静电屏蔽现象。 	<p>引导法 思考 听讲解</p>	<p>让学生带目标学习，增强学习动力。</p>
<p>【新课教学】（35 分钟）</p> <p style="text-align: center;">§ 9.5 静电场中导体</p> <p>一、导体的静电平衡</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 静电感应 <p>导体中的自由电子将在电场力的作用下作宏观定向运动，引起导体中电荷重新分布而呈现出带电的现象，叫作静电感应。</p> 2. 静电平衡状态 <p>导体内没有电荷作定向运动，导体处于静电平衡状态。此时电场的分布也不随时间变化。不管导体原来是否带电和有无外电场的作用，导体内部和表面都没有电荷的宏观定向运动的状态称为导体的静电平衡状态。</p> 3. 静电平衡条件——导体达到静电平衡时必须满足的条件 	<p>推导法 讨论法 讲授法 思考 回答 讨论 听讲解</p>	<p>通过讨论分析得出静电感应的概念和静电平衡条件。</p>

用电场表示：

导体内部任一点的场强为零；若不为零，则自由电子将作定向运动，即没有达到静电平衡状态。

在紧靠导体表面处的场强，都与导体的表面垂直。



导体静电平衡时的场强

导体的静电平衡状态是由导体的电结构特征和静电平衡的要求决定的，与导体的形状无关。

二、静电平衡条件下导体上的电荷分布

1. 实心导体

在静电平衡时，导体所带的电荷只能分布在导体的表面上，导体内部没有净电荷。

2. 空腔导体

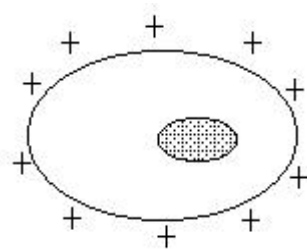
(1) 空腔导体内部无带电体

无论空腔导体是否带电、是否处于外电场中，空腔导体都具有下列性质：

① 空腔内部及导体内部电场强度处处为零，它们形成等电势区。

② 空腔内表面不带任何电荷。

结论不受腔外电场的影响，腔外电场与腔外表面电荷在腔内场强总贡献为零。



空腔导体内部无带电体电荷分布

分析法
讨论法
讲授法
思考
回答
讨论
听讲解

讨论静电平衡条件下导体的电荷分布特征。

<p>(2) 腔内有带电体</p> <p>① 导体中场强为零。</p> <p>② 空腔内部的电场决定于腔内带电体，空腔外的电场决定于空腔外表面的电荷分布。</p> <p>③ 空腔的内表面所带电荷与腔内带电体所带电荷等量异号。</p> <p>④ 导体接地，则空腔内带电体的电荷变化将不再影响导体外的电场。</p> <p>3. 孤立导体表面电荷面密度与其表面的曲率半径有关，曲率半径越大，面电荷密度越小。</p> <p>导体尖锐：半径小，曲率大，电荷面密度大；</p> <p>导体凸钝：半径大，曲率小，电荷面密度小。</p> <p>曲率半径相同的地方，电荷面密度一定相同。例如对于一个金属球壳，内部有一电荷，则内表面电荷分布不一定均匀，但外表面的电荷分布是均匀的。</p> <h3>三、导体表面附近的电场</h3> <p>带电导体处于静电平衡时，导体表面之外邻近表面处的场强，其数值与该处电荷面密度成正比，其方向与导体表面垂直。当导体带正电时，电场强度的方向垂直表面向外；当导体带负电时，电场强度的方向垂直表面指向导体。应该注意的是，导体表面紧邻处的场强是所有电荷的贡献之和，而不是该处表面上电荷产生的。</p> <p>表面曲率半径大，则 σ 大，电场强度也大；</p> <p>表面曲率半径小，则 σ 小，电场强度也小。</p> <p>应用：带电体尖端附近的场强较大，大到一定的程度，可以使空气电离，产生尖端放电现象。</p> <p>处于静电平衡的导体，其表面上各点的电荷面密度与表面邻近处场强大小成正比。</p> <p>尖端放电：对于有尖端的带电导体，尖端处电荷面密度大，则导体表面邻近处场强也特别大。当场强超过空气的击穿场强时，就会产生空气被电离的放电现象，称为尖端放电。雨天不站高处和空旷地带，避免雷击。</p>	<p>推导法 讨论法 讲授法 思考 回答 讨论 听讲解</p> <p>分析法 讲授法 思考 讨论 听讲解</p>	<p>讨论得出导体表面附近的电场。</p> <p>通过呼应篇首图片示例，通过介绍尖端放电和高压输电线的电晕，对学生进行安全教育。</p>
---	--	--

<p>应用：</p> <p>火花放电设备的电极往往做成尖端形状；</p> <p>避雷针也是根据尖端放电的原理做成的，是防止雷击的重要设备。</p> <p>不利的一面：浪费电能。</p> <p>避免方法：金属元件尽量做成球形，并使导体表面尽可能的光滑，避免电晕的产生。</p> <p>四、静电屏蔽</p> <p>静电屏蔽的原理：一个接地的空腔导体可以隔离内、外电场的影响。</p>	<p>讲授法 分析法 听讲解 思考</p>	<p>分析讨论得到静电屏蔽原理。</p>
<p>【小结】（3分钟）</p> <p>本节课从生活中尖端放电现象和高压输电线上的电晕现象引入课题，主要讲授了静电平衡现象，静电平衡条件下导体表面电荷的分布和电场特点，以及静电屏蔽现象。重点需要掌握平衡条件下导体表面电荷分布及附近电场的特征。</p>	<p>归纳法 思考 听讲解</p>	<p>知识点总结 课堂巩固。</p>
<p>【课后作业】：P41 9.26</p> <p>【预习任务】：静电场中的电介质</p>	<p>问题 教学</p>	<p>课后练习加强教学效果。</p>
<p>【板书设计】：</p> <p style="text-align: center;">§9.5 静电场中的导体</p> <p>一、导体的静电平衡</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 静电感应 2. 静电平衡状态 3. 静电平衡条件 <p>二、静电平衡条件下导体上的电荷分布</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 实心导体 2. 空腔导体 3. 孤立导体 <p>三、导体表面附近的电场</p> <p style="padding-left: 40px;">尖端放电</p> <p>四、静电屏蔽</p>		<p>突出课堂知识重点及概要。</p>

七、教学反思

课堂从尖端放电现象和高压输电线上的电晕现象引入课题,介绍静电平衡相关内容、导体表面附近的电场以及静电屏蔽原理,通过相关例子引导学生进行讨论,大部分同学能掌握相关知识。训练了学生的应用能力。课堂讲解脉络清晰,启发讨论式教学,对学生进行了思维训练,采用多媒体和板书相结合的方式进行教学,课堂气氛较为活跃,整体效果好。

静电平衡分析过程有一定难度,需要结合多个实例进行反复讲解才能完全达到目标。特别是电荷与电场的关系,以及电荷受力情况的分析可在例题讨论中予以强调。

课堂管理需要常抓不懈。

第十四讲 电容 电容器

一、教材分析

本节课内容选自赵近芳主编的《大学物理》第九章第七节。电容是导体的基本性质，电容器是常用电路元件，它们都是重要知识点，要求学生掌握。教材从介绍孤立导体的电容出发，定义了电容的相关概念，再介绍电容器的概念，并讨论计算平行板电容器的电容，还讨论了电容器的串并联规律。教材内容思路清晰，逻辑严密，层层递进。为增加课堂的吸引力和互动，本节课从电容元件的广泛应用引入课题，再介绍电容及电容器相关内容、通过两个例题巩固相关知识。

二、学情分析

学生已经学习了电势和其他相关知识，为此节内容做了知识准备。电容器作为常用电气元件，中学期间也有一定了解，此节内容对学生来说相对容易入手。学生对常见实物原理有一定兴趣，学生的课堂专注程度应该较好。

因此，课堂讲解过程中应结合实际问题讨论，增加学生兴趣，充分考虑可能出现的学生不容易掌握的知识点的讲解方式，突出讨论思路，课堂通过多互动，抓住学生的注意力，提升课堂教学效果。

三、教学目标

根据教学大纲的规定，按照质量工程的教育要求，结合学生的实际情况，确定本次课的教学目标如下：

知识目标：

- (1) 掌握孤立导体和电容器的电容及它们的计算；
- (2) 了解电容器串并联规律。

能力目标：

- (1) 培养学生利用已学知识解释物理现象能力和培养解决问题的思维方式；
- (2) 使学生能根据电容的定义计算孤立导体和电容器的电容。

情感及德育目标：

- (1) 培养学生自信、勤奋、善于思考、严谨治学的学习态度和ación；
- (2) 通过生活中实例，引导学生利用电容的基本定义，计算相应导体及电容器的电容，熟悉电容器串并联规律，培养解决问题的思维方式，激发学生的学

习兴趣、求知欲。

(3) 由电容器的在芯片中的广泛应用，引申联系中兴被制裁的芯片事件，对学生进行危机和爱国教育，激发学生科研报国的热情。

四、教学重点与难点

(1) 重点、难点的确立

教学重点：孤立导体的电容和电容器电容的计算。

导体电容的计算是最基本的电学知识，是重要的考点。

教学难点：根据电容定义计算导体及电容器的电容。

学生根据电容定义计算导体及电容器电容过程中，对定义式中各物理量认识不够清楚，如对于改变电容器条件，电量和电势是否改变，学生把握不准，故将它们确定为教学难点。

(2) 重点难点的处理

通过常见电容元件引入实例，加强课堂互动，在讨论孤立导体电容和电容器电容过程中，强调定义式中各符号对应物理量的取值，通过多个例题的讲解，突出问题讨论的思路，增强互动，抓住学生的注意力，加强课堂管理。以深入浅出，层层递进的教学方法，辅助以 PPT 演示、实例讲解，启发式引导充分发挥学生的主体作用，使学生迅速掌握电容和电容器相关知识。

五、教学方法

(1) 多媒体辅助教学法。通过课件设计使教学更直观、更生动。激发学生的学习兴趣，调动学习积极性，从而达到提高课堂教学效率的目的。

(2) 启发式教学，通过多个实例，强调师生互动，使学生自主学习，掌握电容及电容器的相关知识。

(3) 最后，通过归纳总结，实例练习，引导学生学习物理思维方式在解决问题中的应用，激发学生自学兴趣。

六、教学进程（45 分钟）

教师教学	教学方法 学生活动	设计意图
<p>【课程导入】（5 分钟）</p> <p>图片示例：电容器元件</p>  <p>电动汽车高压电容器：</p> 	<p>讲解法 提问法 互动法 讨论 回答</p>	<p>通过现场演示图片实例引入课题，提出问题让学生思考，调动学生兴趣。</p>
<p>【重难点指引】（2 分钟）</p> <p>1、导体的电容和电容器电容及它们的计算。</p> <p>2、电容器的串并联。</p>	<p>引导法 思考 听讲解</p>	<p>让学生带目标学习，增强学习动力。</p>
<p>【新课教学】（35 分钟）</p> <p style="text-align: center;">§ 9.7 电容 电容器</p> <p>引言：电容器是储存电荷和电能的元件，在电工和电气设备中得到广泛的应用；电容是电学中的一个重要的物理量，本节讨论电容、电容器以及电容器的联接。</p> <p>一、孤立导体的电容（Capacitance）</p> <p>1. 引入：在真空中，一个孤立导体的电势与其所带的电量和形状有关（所谓孤立导体是指其他导体或带电体都离它足够远，以至于其他导体或带电体对它的影响可以忽略不计）。例如，真空中的一个半径为 R、带电量为 Q 的孤立球形导体的电势为：</p> $U = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R}$ <p>从上式可以看出，当电势一定时，球的半径越大，则它所带的</p>	<p>讨论法 讲授法 思考 回答 讨论 听讲解</p>	<p>通过讨论定义导体电容的表达式及相关知识。</p>

电量也越多，但其电量与电势的比值却是一个常量，只与导体的形状有关，由此我们可以引入电容的概念。

2. 电容的定义 (Capacity) :

孤立导体所带的电量与其电势的比值叫做孤立导体的电容，用 C 表示，即
$$C = \frac{Q}{V}$$

对于孤立的球形导体，电容为：
$$C = \frac{Q}{V} = 4\pi\epsilon_0 R$$

只与导体的形状和尺寸有关。

3. 电容的单位：法拉 (Farad) $1F = 1C/V$

微法 $1\mu F = 10^{-6} F$ 皮法 $1pF = 10^{-12} F$

4. 关于电容的说明：

导体的电容是导体的一种性质，与导体是否带电无关；

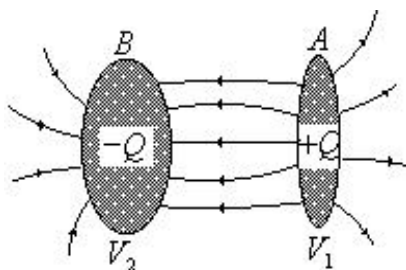
导体的电容是反映导体储存电荷或电能的能力的物理量；

导体的电容只与导体本身的性质和尺寸有关。

二、电容器 (Capacitor)

1. 引入：实际上，孤立导体是不存在的，导体的周围总是存在其它导体，从而改变原来的电场，当然也要影响导体的电容。现在我们来讨论导体系统的电容。

对于导体 A，为了消除周围导体对它的影响，可以利用一个封闭的导体壳将它屏蔽起来。可以证明，A、B 之间的电势差与导体所带的电量成正比，且不受外界的影响。



我们把导体壳 B 与其腔内的导体 A 所组成的导体系统称为电容器。组成电容器的两导体称为电容器的极板。在实际应用中，对电容器的屏蔽性能要求并不高，只要从一个极板发出的电场线几乎都终止在另一个极板上即可。



2. 电容器的定义：两个带有等值而异号电荷的导体所组成的系统，叫做电容器。电容器可以用来储存电荷和能量。

(1) 电容器电容的大小取决于极板的形状、大小、相对位置以

讨论法
讲授法
思考
回答
讨论
听讲解

讨论得到电容器的定义及相关知识。

及电介质的电容率。与电容器是否带电无关。

(2) 电容器符号：，固定电容器；，可变电容器。

3. 电容器的电容： 如图所示的两个导体 A、B 放在真空中，它们所带的电量为+Q、-Q，它们的电势分别为 V_1 、 V_2 ，定义电容器的电容为：

两导体中任何一个导体所带的电量与两导体间的电势差的比值，即

$$C = \frac{Q}{U} = \frac{Q}{V_1 - V_2}$$

导体 A、B 称为电容器的电极或极板。

4. 电容器的分类。

任何导体间都存在电容，例如导线之间存在分布电容。在生产和科研中使用的各种电容器种类繁多，外形各不相同，但它们的基本结构是一致的。

按可调分类：可调电容器、微调电容器、双连电容器、固定电容器

按介质分类：空气电容器、云母电容器、陶瓷电容器、纸质电容器、电解电容器

按体积分类：大型电容器、小型电容器、微型电容器

按形状分类：平板电容器、圆柱形电容器、球形电容器

电容器除了标明型号外，还有两个重要性能指标：容量和耐压值

5. 电容器的作用：

在电路中：通交流、隔直流；

与其它元件可以组成振荡器、时间延迟电路等；

储存电能的元件；

真空器件中建立各种电场；

各种电子仪器。

与篇首内容相呼应，突出电容的广泛应用。扩展到最近的中兴制裁事件，对学生进行引导。

6. 电容器电容的计算

电容器的电容与两极板的形状和极板之间的电介质有关，一般由实验测量。只有在特殊情况下才能通过理论计算得到。

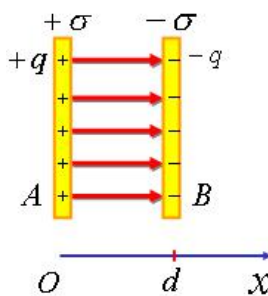
讲授法
思考
回答
听讲解

通过介绍电容的分类和应用，突出其重要做用。引申到我国微电子行业发展现状以及最新的中兴被制裁事件，对学生进行危机教育，激发学生科学报国的热情。

计算电容的一般步骤为：
 设电容器的两极板带有等量异号电荷；
 求出两极板之间的电场强度的分布；
 计算两极板之间的电势差；
 根据电容器电容的定义求得电容。

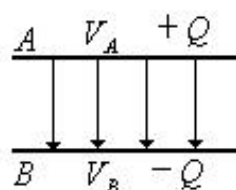
平板电容器

如图所示，平板电容器由两个彼此靠得很近的平行极板导体 A、B 组成，两极板的面积均为 S，分别带有 +Q、-Q 的电荷，于是极板上的电荷面密度为 $\sigma = Q/S$ ，两极板之间的电场接近于匀强电场。由高斯定理可得极板间的场强为



$$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0} = \frac{Q}{S\epsilon_0}$$

上面的情况是两极板之间的距离 d 比极板的线度小得多时的近似。于是两极板之间的电势差为



$$V_A - V_B = \int_A^B \vec{E} \cdot d\vec{l} = Ed = \frac{Qd}{S\epsilon_0}$$

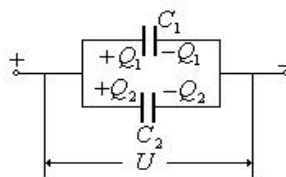
于是平板电容器的电容为：
$$C = \frac{Q}{V_A - V_B} = \frac{S\epsilon_0}{d}$$

结论：平板电容器的电容与极板的面积成正比，与极板之间的距离成反比，还与电介质的性质有关。

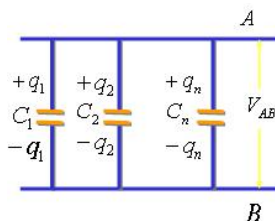
三、电容器的并联和串联

1. 电容器的并联

- 1) 特点：每个电容器两端的电势差相等。
- 2) 总电量：



$$Q = Q_1 + Q_2 = C_1U + C_2U = (C_1 + C_2)U$$



实例法
 分析法
 讲授法
 思考
 讨论
 听讲解

通过实例讨论电容器电容的计算，巩固相关知识。

<p>3) 等效电容:</p> $C = \frac{Q}{U} = C_1 + C_2$ <p>以上结果可以推广到任意多个电容器的并联。</p> <p>结论: 当几个电容器并联时, 其等效电容等于几个电容器电容之和;</p> <p>各个电容器的电压相等;</p> <p>并联使总电容增大。</p> <p>2. 电容器的串联</p> <p>1) 特点: 每个电容器极板所带的电量相等。</p> <p>2) 总电压:</p> $U = U_1 + U_2 = \frac{Q}{C_1} + \frac{Q}{C_2} = \left(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \right) Q$ <p>3) 等效电容:</p> $C = \frac{Q}{U} = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}}$ <p>即 $\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$</p> <p>以上结果可以推广到任意多个电容器的串联。</p> <p>结论: 当几个电容器串联时, 其等效电容的倒数等于几个电容器电容的倒数之和;</p> <p>等效电容小于任何一个电容器的电容, 但可以提高电容得耐压能力; 每个串联电容的电势降与电容成反比。</p>	<p>分析法 讲授法 思考 讨论 听讲解</p>	<p>讲授电容器的串并联规律。</p>
<p>【小结】 (3 分钟)</p> <p>本节课从介绍孤立导体的电容出发, 讨论电容的相关概念, 再介绍电容器的概念, 并讨论计算平行板电容器和圆柱形电容器, 并介绍了电容器的串并联规律。</p>	<p>归纳法 思考 听讲解</p>	<p>知识点总结, 课堂巩固。</p>
<p>【课后作业】: P42 9.28</p> <p>【预习任务】: 电场的能量</p>	<p>问题 教学</p>	<p>课后练习加强教学效果。</p>

<p>【板书设计】：</p> <p style="text-align: center;">§ 9.7 电容 电容器</p> <p>一、孤立导体的电容</p> $C = \frac{Q}{V} \quad \text{法拉 (F)}$ <p>二、电容器</p> <p>1. 定义</p> <p>2. $C = \frac{Q}{U} = \frac{Q}{V_1 - V_2}$</p> <p>3. 平行板电容器 $C = \frac{Q}{V_A - V_B} = \frac{S\epsilon_0}{d}$</p> <p>三、电容器的并联与串联</p> <p>并联： $C = \frac{Q}{U} = C_1 + C_2$</p> <p>串联： $\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$</p>		突出课堂知识重点及概要。
---	--	--------------

七、教学反思

课堂从讨论孤立导体的电容出发，介绍电容的相关知识和电容器的概念，并讨论平行板电容器和圆柱形电容器的计算，介绍了电容器的串并联规律，大部分同学能掌握相关知识。课堂讲解脉络清晰，通过讨论式教学，对学生的思维进行训练，采用多媒体和板书相结合的方式的教学，课堂气氛较为活跃，整体效果良好。

讨论电容器电容时，对于改变电容器条件，电量和电势是否改变，学生掌握情况不好，可在更多例题讨论中予以强调。

课堂管理需要常抓不懈。

第十五讲 霍尔效应

一、教材分析

本节课内容选自赵近芳主编的《大学物理》第十章第四节。霍尔效应是在电流垂直于磁场的通电导体中出现的一种特殊现象，是磁场对运动电荷作用的一个宏观现象，是全新重要知识点，要求学生掌握。教材从介绍霍尔效应现象出发，探讨霍尔效应的微观解释及其理论应用，并介绍霍尔元件及其应用。教材内容条理清晰，逻辑严密，有大量的实例和练习，便于学习。为增加课堂的吸引力和互动，本节课从汽车 ABS 系统中的霍尔元件以及清华大学薛其坤教授发现的量子反常霍尔效应引入课题，介绍霍尔效应现象及相关内容，通过相关例子巩固知识。

二、学情分析

学生已经学习了安培环路定理的微观表示——磁场对运动电荷的作用，为此节内容做了知识准备。霍尔效应在生产和生活中有广泛的应用，学生对能用物理知识解释生活中的现象有一定的兴趣，学生课堂专注程度应该比以往好。

因此，课堂讲解过程中除通过实例引入之外，具体知识点的讲解可结合实际问题讨论，增加学生兴趣，对可能出现的学生不容易掌握知识点，充分考虑讲解方式，突出讨论思路，增加互动，抓住学生的注意力，提升课堂教学效果。

三、教学目标

根据教学大纲的规定，按照质量工程的教育要求，结合学生的实际情况，确定本次课的教学目标如下：

知识目标：

- (1) 掌握霍尔效应的微观解释、霍尔电势差和霍尔系数的概念；
- (2) 了解霍尔效应的应用和霍尔元件的应用。

能力目标：

- (1) 通过讲解培养学生利用已学知识解释物理现象的能力和培养解决问题的思维方式；
- (2) 使学生掌握霍尔效应的相关知识。

情感及德育目标：

- (1) 培养学生自信、勤奋、善于思考、严谨治学的学习态度和ación；

(2) 通过生活中实例，引导学生利用霍尔效应来解释霍尔元件应用的原理，培养解决问题的思维方式，激发学生的学习兴趣、求知欲。

(3) 通过呼应篇首示例，介绍中国科学家薛其坤的研究成果及成长过程，对学生进行民族自豪感教育及学业励志教育。

四、教学重点与难点

(1) 重点、难点的确立

教学重点：霍尔效应的微观解释、霍尔系数和霍尔电势差。

霍尔效应的相关知识是重要的考察知识点。

教学难点：利用霍尔系数判断半导体类别及霍尔元件应用的原理解释。

学生在利用霍尔系数判断半导体类别过程中，对不同载流子的影响容易混淆。不同材料载流子类别不同，同种材料在不同条件下，载流子情况也会变化，即霍尔系数会呈现变化，这些内容学生不容易掌握，故将它们确定为教学难点。

(2) 重点难点的处理

通过实例引入，加强课堂互动，介绍霍尔效应，共同讨论分析，得到霍尔电势差，霍尔系数等概念，进而讨论霍尔效应的应用及霍尔元件的应用。讨论过程中突出知识的关联性，增强互动，抓住学生的注意力，加强课堂管理。以深入浅出，层层递进的教学方法，辅助以 PPT 演示、实例讲解，启发式引导充分发挥学生的主体作用，使学生迅速掌握霍尔效应相关知识。

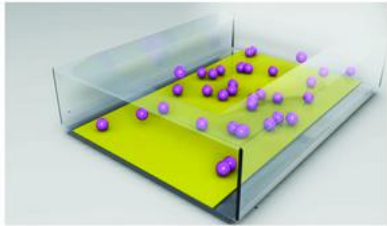
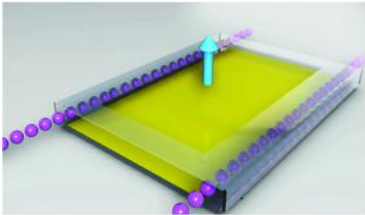
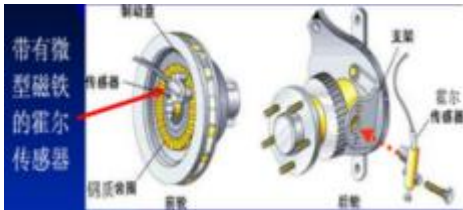
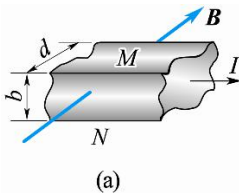
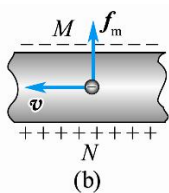
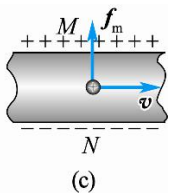
五、教学方法

(1) 多媒体辅助教学法。通过课件设计使教学更直观、更生动。激发学生的学习兴趣，调动学习积极性，从而达到提高课堂教学效率的目的。

(2) 启发式教学，通过多个实例，强调师生互动，使学生自主学习，掌握霍尔效应相关知识。

(3) 最后，通过归纳总结，实例练习，引导学生训练物理思维方式在解决问题中的应用，激发学生自学兴趣。

六、教学进程（45 分钟）

教师教学	教学方法 学生活动	设计意图
<p>【课程导入】（5 分钟）</p> <p>图片示例：清华薛其坤诺贝尔奖级别研究成果：量子反常霍尔效应</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>目前芯片中的电子</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>量子霍尔态的电子</p>  </div> </div> <p>图片示例：汽车 ABS 中霍尔转速传感器</p> 	<p>讲解法 提问法 互动法 讨论 回答</p>	<p>通过图片实例引入课题，提出问题让学生思考，调动学生兴趣。通过薛其坤成果及成才介绍，对学生进行民族自豪感和自信心引导。</p>
<p>【重难点指引】（2 分钟）</p> <ol style="list-style-type: none"> 1、霍尔效应的微观解释、霍尔系数和霍尔电势差。 2、了解霍尔效应的应用和霍尔元件的应用。 	<p>引导法 思考 听讲解</p>	<p>让学生带目标学习，增强学习动力。</p>
<p>【新课教学】（35 分钟）</p> <p style="text-align: center;">§ 10.4 磁场对运动电荷的作用</p> <p>一、霍尔效应</p> <p>霍尔在 1879 年发现</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>(a)</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>(b)</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>(c)</p> </div> </div> <p>匀强磁场 B、金属导体板（宽 a、厚 b）与 B 垂直，电流 I 与 B 也垂直。则在板上、下 两面出现横向电势差，称为霍尔电势差。</p> $U_H = R_H \frac{IB}{d}$	<p>讨论法 推导法 讲授法 思考 回答 讨论 听讲解</p>	<p>通过讲授介绍霍尔效应，讨论分析得霍尔电势差和霍尔系数。</p>

<p>R_H 是仅与导体材料有关的常数，称为霍尔系数。</p> <p>二、霍尔效应的微观解释</p> <p>设在导体内载流子的电量为 q，平均定向运动速度为 \bar{v}，它在磁场中所受的洛伦兹力大小为：</p> $f_m = qvB$ <p>带电粒子所受的电场力大小为：</p> $f_e = qE = q \frac{U_M - U_N}{b}$ <p>由平衡条件有： $qvB = q \frac{U_M - U_N}{b}$</p> <p>则导体上、下两表面间的电势差为：</p> $U_H = U_M - U_N = bvB$ <p>因 $I = nqvbd$，代入上式可得：</p> $U_H = \frac{1}{nq} \frac{IB}{d}$ 比较，得霍尔系数： $R_H = \frac{1}{nq}$ <p>上式表明，霍尔系数的数值决定于每个载流子所带的电 q 和载流子的浓度 n，其正负取决于载流子所带电荷的正负。</p> <p>霍尔元件可用多种半导体材料制作，如 Ge、Si、InSb、GaAs、InAs、InAsP 以及多层半导体异质结构量子阱材料等等。</p> <p>1) 判断半导体类型</p> <p>半导体有两种：1、空穴型的 P 型 半导体、载流子是 +e；</p> <p>2、电子型的 N 型半导体、载流子 是 -e。</p> <p>对 P 型半导体</p> $f_m = eV \times B$ <p>使空穴 (+e) 向上飘移，则 $U_H > 0$，$R_H > 0$ 称为正霍尔效应。</p> <p>对 N 型半导体</p> $f_m = -eV \times B$ <p>使电子 (-e) 向上移，则 $U_H < 0$，$R_H < 0$ 产生与金属相同的负霍尔效应。</p>	<p>分析法 讨论法 讲授法 思考 回答 讨论 听讲解</p>	<p>分析讨论得到霍尔效应的微观解释，霍尔效应的应用。</p>
--	---	---------------------------------

2) 利用半导体的霍尔效应可以测量磁场的磁感应强度:

$$\therefore U_H = R_H \frac{IB}{b}$$

$$\therefore B = \frac{U_H \cdot b}{I \cdot R_H}$$

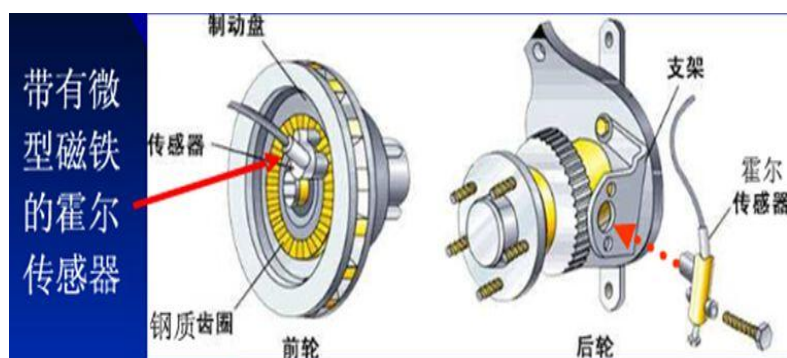
注意: 在霍尔效应中空穴导电不能用电子导电来等效。

三、霍尔元件

霍尔元件是一种基于霍尔效应的磁传感器。霍尔元件具有许多优点, 它们的结构牢固, 体积小, 重量轻, 寿命长, 安装方便, 功耗小, 频率高(可达 1MHz), 耐震动, 不怕灰尘、油污、水汽及盐雾等的污染或腐蚀。

用它们可以检测磁场及其变化, 可在各种与磁场有关的场合中使用。比如: 可用于电机中测定转子转速, 如录像机的磁鼓, 电脑中的散热风扇等; 已在现代汽车上广泛应用的霍尔器件有: 在分电器上作信号传感器、ABS 系统中的速度传感器、汽车速度表和里程表、液体物理量检测器、各种用电负载的电流检测及工作状态诊断、发动机转速及曲轴角度传感器。

例: 霍尔转速传感器在汽车 ABS 中的应用



汽车的每一个车轮上都安装有转速传感器。其作用是将车轮转速信号转换为电信号, 并将其输出给电子控制单元, 来检测车轮转速。轮速传感器是系统的关键部分, 因为如果轮速传感器发生故障, 将会影响作出正确的控制策略, 所以传感器输出信号的准确性直接影响着的性能。

车轮转速传感器需要的特点:

讨论法
讲授法
思考
回答
讨论
听讲解

与篇首问题呼应, 讲授根据霍尔效应的特点, 讲授霍尔元件的优点及应用。

<p>(1) 在各种工作环境中精度要求高。汽车传感器长期在 $40^{\circ}\text{C} \sim 120^{\circ}\text{C}$ 的环境下工作，它要求 1% 或 1% 以下的精度；其次是抗冲击，即使从 1 米高处落在混凝土上精度也不会下降；另外转速传感器还要具备抗电磁干扰；耐腐蚀等特点。</p> <p>(2) 在各种恶劣工作环境中保持良好的性能。传感器的工作环境很恶劣，有来自制动器内的摩擦热能，有由于路面不平导致的车轮的强烈振动，以及来自轮胎的污泥、飞溅的水花等，可概括为温度、湿度等气候条件，振动冲击等机械条件；电源、电磁干扰等电气条件。</p> <p>(3) 要求可靠性好，使用寿命长。汽车的安全性和人的生命息息相关，因此，汽车转速传感器要求要绝对可靠地工作。汽车传感器的可靠性指标寿命是 10 年，行驶 10 万公里无故障。</p> <p>由于霍尔传感器具有结构简单，使用寿命长，抗冲击性良好，耐高低温性能优越等优点，所以目前汽车 ABS 上使用的车速传感器大都是霍尔传感器。</p>		
<p>【小结】（3 分钟）</p> <p>本节课从实例引入，通过介绍霍尔效应，讨论得到霍尔电势差，霍尔系数等概念，进而讨论霍尔效应的应用及霍尔元件的应用。</p>	<p>归纳法 思考 听讲解</p>	<p>知识点总结 课堂巩固</p>
<p>【课后作业】：P88 10.28 【预习任务】：磁介质</p>	<p>问题 教学</p>	<p>课后练习加 强教学效果。</p>
<p>【板书设计】：</p> <p style="text-align: center;">§ 10.4 磁场对运动电荷的作用</p> <p>一、霍尔效应</p> $U_H = R_H \frac{IB}{d}$ <p>U_H 霍尔电势差，R_H 霍尔系数</p> <p>二、霍尔效应的微观解释</p> $U_H = \frac{1}{nq} \frac{IB}{d} \quad R_H = \frac{1}{nq}$ <p>对 P 型半导体 $U_H > 0$ ， $R_H > 0$</p> <p>对 N 型半导体 $U_H < 0$ ， $R_H < 0$</p> <p>三、霍尔元件</p>		<p>突出课堂知 识重点及概 要。</p>

七、教学反思

课堂从实例引入霍尔效应这一物理现象，介绍霍尔效应，共同讨论得到霍尔电势差，霍尔系数等概念，讨论霍尔效应的应用及霍尔元件的应用。通过相关例子引导学生进行讨论，大部分同学能掌握相关知识，训练了应用能力。课堂讲解脉络清晰，通过讨论式教学，对学生的思维方式进行训练，采用了多媒体和板书相结合的方式进行了教学，课堂气氛较为活跃，整体效果好。

学生对不同材料中载流子类型掌握不够，不同材料在不同条件载流子的构成不同，霍尔系数会呈现变化，讲解过程可以通过实例讲解予以澄清。

此次课堂效果较好，但还是有部分同学对学习毫无兴趣，课堂管理需要常抓不懈。

第十六讲 动生电动势和感生电动势

一、教材分析

本节课内容选自赵近芳主编的《大学物理》第十一章第二节。动生电动势和感生电动势是电磁感应规律的微观解释,是一个全新重要知识点,要求学生掌握。教材从法拉第电磁感应定律公式出发,分别讨论影响磁通量的两个因素,从而得到动生电动势和感生电动势的微观机制,期间通过多个例题,对求解动生和感生电动势进行讲解,加深学生的理解。教材内容条理清晰,逻辑严密,有大量的实例和练习,便于学习。为增加课堂的吸引力和互动,本节课从发电机的原理引入课题,介绍动生电动势和感生电动势,通过相关例子巩固相关知识。

二、学情分析

学生已经学习了电磁感应定律及电动势的概念,为本次课学习做了知识铺垫。现代机电设备都离不开电磁感应,电磁感应规律是学生比较感兴趣的内容,学生的课堂专注程度应该比以往好。

因此,课堂讲解过程中除通过实例引入外,具体知识点的讲解可结合实际问题进行讨论,增加学生兴趣,对学生不容易掌握知识点,充分考虑讲解方式,突出讨论思路,增加互动,抓住学生的注意力,提升课堂教学效果。

三、教学目标

根据教学大纲的规定,按照质量工程的教育要求,结合学生的实际情况,确定本次课的教学目标如下:

知识目标:

- (1) 理解动生电动势和感生电动势的微观机理;
- (2) 掌握动生电动势和感生电动势的应用求解。

能力目标:

- (1) 通过讲解培养学生利用已学知识解释现实物理现象能力和培养解决问题的思维方式;
- (2) 使学生熟悉掌握动生电动势和感生电动势的相关知识。

情感及德育目标:

- (1) 培养学生自信、勤奋、善于思考、严谨治学的学习态度和;

(2) 通过实例，引导学生利用电磁感应中动生电动势和感生电动势来解释电机的工作原理，培养解决问题的思维方式，激发学生的学习兴趣、求知欲。

(3) 通过解释篇首发电机及电动机工作机理，介绍我国电力事业伟大发展和领先地位，加强爱国主义教育，增进自豪感。

四、教学重点与难点

(1) 重点、难点的确立

教学重点：动生电动势和感生电动势的微观机理及计算。

动生电动势和感生电动势的微观机理及计算是重要考点，是应用的基础。

教学难点：具体实例中动生电动势和感生电动势的计算。

学生在讨论实例的动生电动势和感生电动势的计算过程中，对计算过程中公式的选取及积分运算存在困难，故将它们确定为教学难点。

(2) 重点难点的处理

通过实例引入，加强课堂互动，共同讨论分析，讲清动生电动势和感生电动势的微观机理，通过例题讨论，引导学生掌握动生电动势和感生电动势的计算。讨论过程中突出知识的关联性，增强互动，抓住学生的注意力，加强课堂管理。以深入浅出，层层递进的教学方法，辅助以 PPT 演示、实例讲解，启发式引导充分发挥学生的主体作用，使学生迅速掌握动生电动势和感生电动势相关知识。


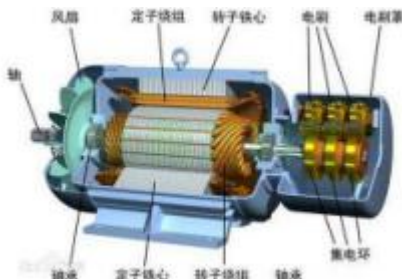
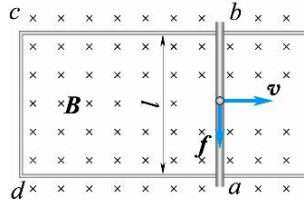
五、教学方法

(1) 多媒体辅助教学法。通过课件设计使教学更直观、更生动。激发学生的学习兴趣，调动学习积极性，从而达到提高课堂教学效率的目的。

(2) 启发式教学，通过多个实例，强调师生互动，使学生自主学习，掌握动生电动势和感生电动势相关知识。

(3) 最后，通过归纳总结，实例练习，引导学生训练物理思维方式在解决问题中的应用，激发学生自学兴趣。

六、教学进程（45 分钟）

教师教学	教学方法 学生活动	设计意图
<p>【课程导入】（5 分钟）</p> <p>图片示例：发电机中的电磁感应。</p>  <p>图片示例：电动机中的电磁感应。</p> 	<p>讲解法 提问法 互动法 讨论 回答</p>	<p>通过图片实例引入课题，提出问题让学生思考，调动学生兴趣。</p>
<p>【重难点指引】（2 分钟）</p> <p>1、理解动生电动势和感生电动势的微观机理。 2、掌握动生电动势和感生电动势的应用求解。</p>	<p>引导法 思考 听讲解</p>	<p>让学生带目标学习，增强学习动力。</p>
<p>【新课教学】（35 分钟）</p> <p style="text-align: center;">§ 11.2 动生电动势与感生电动势</p> <p>一、动生电动势</p> <p>1. 在磁场中运动的导线内的感应电动势</p> <p>电动势的定义：电源的电动势定义为单位正电荷绕闭合回路运动一周时、电源中非静电力作的功。即</p> $\varepsilon = \oint \mathbf{E}_k \cdot d\mathbf{l}$ <p>\mathbf{E}_k 为单位正电荷受的非静电力。</p> <p>如果导线不闭合、则单位正电荷从导线一端 a 运动到另一端 b 时，非静电力 \mathbf{E}_k 作的功就是导线 a、b 两端的电动势。即</p> $\varepsilon_{ab} = \int_a^b \mathbf{E}_k \cdot d\mathbf{l}$ 	<p>讨论法 推导法 讲授法 思考 回答 讨论 听讲解</p>	<p>通过讲授动生电动势定义，推导动生电动势的表达式及计算。</p>

2、动生电动势：

当导线 ab 在磁场 B 中以速度 v 运动时，导线 ab 中的电子也以速度 v 运动，磁场 B 作用在上的电子洛伦兹力

$$f = -ev \times B$$

而单位正电荷受的洛伦兹力 $E_k = \frac{\vec{f}}{-e} = \vec{v} \times \vec{B}$ 就是动生电动势中的非静电力。所以，动生电动势

$$\varepsilon_{ab} = \int_a^b (\vec{v} \times \vec{B}) \cdot d\vec{l}。$$

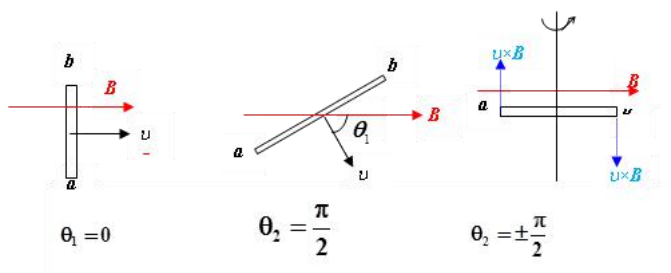
当导线回路闭合时、回路中的动生电动势

$$\varepsilon = \oint (\vec{v} \times \vec{B}) \cdot d\vec{l}。$$

这是动生电动势的一般表示式。对此式要注意两个角度的关系：

- (1) v 与 B 的夹角 θ_1 ；
- (2) $(v \times B)$ 与 dl 的夹角 θ_2 。

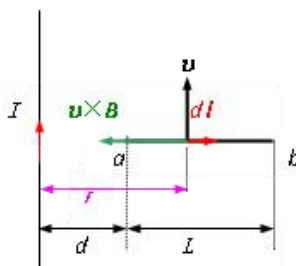
如 $\theta_1 = 0$ (或 π)，或 $\theta_2 = \frac{\pi}{2}$ ，都会使得 $\varepsilon = 0$ 。



介绍发电机的工作原理：线圈切割磁力线，将机械能转化为电能。
通过介绍中国的电力发展和现状，加强爱国主义教育，增进自豪感。

例 1 在长直导线电流 I 的附近有一长度为 L 的共面导线 ab 与长直导线垂直，a 端距长直导线为 d、ab 以平行于长直导线的速度 v 向上运动。求：ab 上的感应电动势。

解：在 ab 上取 dl、与长直导线的距离为 r，该点的磁场



讲授法
思考
听讲解

通过解释篇首发电机工作机理,介绍我国电力事业伟大发展和领先地位,加强爱国主义教育,增进自豪感。

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$$

所以 dl 上的感应电动势

$$d\varepsilon = (\vec{v} \times \vec{B}) \cdot d\vec{l} = \frac{\mu_0 I v}{2\pi r} dr \cos\pi = -\frac{\mu_0 I v}{2\pi r} dr$$

$$\text{ab 上的感应电动势} \quad \varepsilon_{ab} = \int_d^{L+d} -\frac{\mu_0 I v}{2\pi r} dr = -\frac{\mu_0 I v}{2\pi} \ln \frac{L+d}{d}$$

感应电动势 ε_{ab} 为负值表示其方向从 b 到 a，即 a 点电势高。

二、感生电动势

1. 涡旋电场:

(1) 涡旋电场是由变化的磁场产生的。

放在变化的磁场附近的静止导体回路中会产生感生电流、表明回路中有电动势，由于导体回路静止、所以产生电动势的非静电力不是洛伦兹力。Maxwell 指出这个非静电力就是涡旋电场、它是由变化的磁场产生的。

(2) 涡旋电场的环流

按 Maxwell 的观点，在涡旋电场力的作用下，单位正电荷沿闭合回路 L 移动一周时、涡旋电场力作的功即感应电动势，由法拉第定律知

$$\oint_L \mathbf{E}_{\text{涡}} \cdot d\mathbf{l} = -\frac{d\Phi}{dt}$$

$$\text{即} \quad \oint_L \mathbf{E}_{\text{涡}} \cdot d\mathbf{l} = -\frac{d\Phi}{dt} = -\frac{d}{dt} \int_S \mathbf{B} \cdot d\mathbf{S}$$

$\mathbf{E}_{\text{涡}}$ 与 $\frac{d\mathbf{B}}{dt}$ 成左旋关系。 $\mathbf{E}_{\text{涡}}$ 的电力线是闭合的、环流与积分路径有关。

与篇首呼应，讲解电动机工作原理，磁场变化引起磁通量变化，将电能转化为机械能。

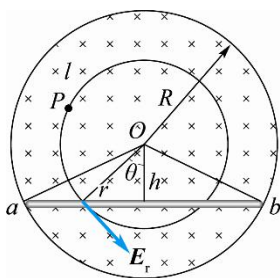
例 2 均匀磁场 \mathbf{B} 充满半径为 R 的圆柱形体积内， \mathbf{B} 以 $\frac{dB}{dt}$ 的变化率变化；长 L 的金属棒放在磁场中且与圆柱形轴线垂直，如图。求：

ε_{AB} 。

分析法
讨论法
讲授法
思考
回答
讨论
听讲解

通过讲授感生电动势定义，推导感生电动势的表达式及计算。

呼应篇首问题，讲解电动机工作原理。



解: $\because \oint \mathbf{E}_{\text{涡}} d\mathbf{l} = -\frac{d\Phi}{dt}$, 设逆时针方向为闭合回路正向 (即

设定 $\mathbf{E}_{\text{涡}}$ 的正向为逆时针方向) 由 $\mathbf{E}_{\text{涡}}$ 的对称性有:

$$2\pi r E_{\text{涡}} = -\pi r^2 \frac{dB}{dt} \quad (r < R)$$

$$\therefore E_{\text{涡}} = -\frac{r}{2} \frac{dB}{dt}$$

$$\varepsilon_{AB} = \int_0^L \left(-\frac{r}{2} \frac{dB}{dt}\right) \cdot dl \cdot \cos\theta$$

$$r \cos\theta = a = \sqrt{R^2 - \left(\frac{L}{2}\right)^2}$$

$$\therefore \varepsilon_{AB} = -\frac{L}{2} \frac{dB}{dt} \sqrt{R^2 - \left(\frac{L}{2}\right)^2}$$

$\varepsilon_{AB} > 0$ 时电动势方向从 A 到 B; 反之, 从 B 到 A。

讨论法
讲授法
思考
回答
讨论
听讲解

习题讲解巩固感生电动势知识。

【小结】 (3 分钟)

本节课从实例引入, 主要讨论了动生电动势和感生电动势的微观机理, 通过例题讨论, 讨论了动生电动势和感生电动势的计算。注意知识点的关联性。

归纳法
思考
听讲解

知识点总结
课堂巩固

【课后作业】: P107 11.12

【预习任务】: 自感应与互感应

问题
教学

课后练习加强教学效果。

【板书设计】：

§ 11.2 动生电动势与感生电动势

一、动生电动势

1. 在磁场中运动的导线内的感应电动势：

$$\varepsilon_{ab} = \int_a^b \mathbf{E}_k \cdot d\mathbf{l}$$

2、动生电动势： $\varepsilon_{ab} = \int_a^b (\vec{v} \times \vec{B}) \cdot d\vec{l}$

二、感生电动势

1、涡旋电场

2、涡旋电场的环流

$$\oint_L \mathbf{E}_{\text{涡}} \cdot d\mathbf{l} = -\frac{d\Phi}{dt} = -\frac{d}{dt} \int_S \mathbf{B} \cdot d\mathbf{S}$$

突出课堂知识重点及概要。

七、教学反思

课堂从实例引入，通过加强课堂互动，共同讨论分析，讲清楚了动生电动势和感生电动势的微观机理。通过例题讨论，引导学生掌握动生电动势和感生电动势的计算。讲解过程突出知识的关联性。大部分同学能掌握相关知识。训练了应用能力。课堂讲解脉络清晰，通过讨论式教学，对学生思维进行了训练，采用了多媒体和板书相结合的方式进行了教学，课堂气氛较为活跃，整体效果好。

部分学生基础薄弱，跟不上上课节奏，对动生电动势和感生电动势的计算掌握不足，应通过更多课后练习予以加强。

部分同学对学习毫无兴趣，课堂管理需要常抓不懈。

第十七讲 杨氏双缝干涉实验

一、教材分析

本节课内容选自赵近芳主编的《大学物理》第十三章第二节。杨氏双缝干涉是光的干涉最基本内容,作为后续干涉问题讨论的基本原理,要求学生必须掌握。教材从介绍杨氏双缝干涉实验现象出发,以光的波动性为依据,分析讨论得到干涉条件,并讨论得到双缝干涉的特点。还介绍了两种分波阵面干涉装置。教材内容条理清晰,逻辑严密,通俗易懂,配备了习题练习便于学习。为增加课堂的吸引力和互动,本节课从干涉现象引入课题,讨论光波的双缝干涉现象,通过相关例子巩固相关知识。

二、学情分析

学生已经学习了机械波的叠加及干涉原理,上节课内容也详细讲了光的波动性质,都为此次课程学习做了知识铺垫。图片示例增强了学生的学习兴趣。但学生对前期知识掌握程度参差不齐,对明纹位置及间距特点把握不好,部分学生的课堂专注程度不够,学习积极性不高。

因此,课堂讲解过程中除通过实例引入之外,具体重要知识点的讲解可反复强调,突出讨论思路和结论,增加互动,抓住学生的注意力,提升课堂教学效果。

三、教学目标

根据教学大纲的规定,按照质量工程的教育要求,结合学生的实际情况,确定本次课的教学目标如下:

知识目标:

- (1) 掌握相干光条件及杨氏双缝干涉实验原理;
- (2) 掌握杨氏双缝干涉的特征及了解其他分波阵面干涉装置的原理。

能力目标:

- (1) 通过讲解培养学生利用已学知识解释物理现象能力和培养解决问题的思维方式;
- (2) 使学生掌握杨氏双缝干涉实验原理及特征。

情感及德育目标:

- (1) 培养学生自信、勤奋、善于思考、严谨治学的学习态度和;

(2) 通过实例，引导学生利用杨氏双缝干涉的特征来分析问题，培养解决问题的思维方式，激发学生的学习兴趣、求知欲。

(3) 通过介绍激光武器的特点及中国国防激光武器的研究发展，展开国防教育。

四、教学重点与难点

(1) 重点、难点的确立

教学重点：相干光条件和杨氏双缝干涉实验原理及特征。

相干光条件和杨氏双缝干涉实验原理及特征是光的干涉核心内容，是大纲要求掌握的重要知识点，是重要的考点。

教学难点：利用杨氏双缝干涉的特征来分析问题。

学生在讨论具体实例时，对杨氏双缝干涉的特征的应用把握不够好，故将它们确定为教学难点。

(2) 重点难点的处理

通过水波的双缝干涉实验现象应用引入，以光的波动性为依据，分析讨论得到干涉条件，过例题讨论，引导学生掌握相应知识。讨论过程中突出知识的关联性，增强互动，抓住学生的注意力，加强课堂管理。以深入浅出，层层递进的教学方法，辅助以 PPT 演示、实例讲解，启发式引导充分发挥学生的主体作用，使学生迅速掌握本次课重要知识点。


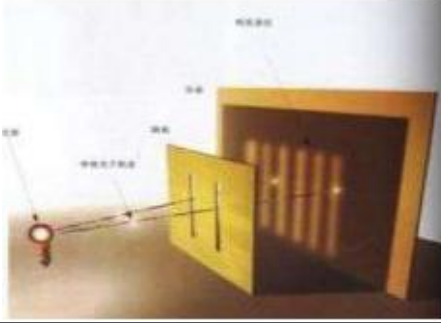
五、教学方法

(1) 多媒体辅助教学法。通过课件设计使教学更直观、更生动。激发学生的学习兴趣，调动学习积极性，从而达到提高课堂教学效率的目的。

(2) 启发式教学，通过多个实例，强调师生互动，使学生自主学习，掌握杨氏双缝干涉实验原理、特征和具体应用。

(3) 最后，通过归纳总结，实例练习，引导学生训练物理思维方式在解决问题中的应用，激发学生自学兴趣。

六、教学进程（45 分钟）

教师教学	教学方法 学生活动	设计意图
<p>【课程导入】（5 分钟）</p> <p>图片示例：水波的干涉</p>  <p>图片示例：单色光的干涉</p> 	<p>讲解法 提问法 互动法 讨论 回答</p>	<p>通过图片实例引入课题，提出问题让学生思考，调动学生兴趣。</p>
<p>【重难点指引】（2 分钟）</p> <p>1、相干光条件及杨氏双缝干涉实验原理。</p> <p>2、杨氏双缝干涉的特征及应用。</p>	<p>引导法 思考 听讲解</p>	<p>让学生带目标学习，增强学习动力。</p>
<p>【新课教学】（35 分钟）</p> <p>引入：介绍激光武器，即利用光的干涉达到能量集中，方向性强的特征。</p> <p>通过中国在激光武器方面的研究，强调弱国无外交，介绍马明伟院士，激励学生科研报国。</p> <p style="text-align: center;">§ 13.2 杨氏双缝干涉实验</p> <p>一. 杨氏双缝干涉</p> <p>1. 杨氏双缝干涉实验装置：</p> <p>杨氏双缝干涉实验装置如图所示，光源 L 发出的光照射到单缝 S 上，在单缝 S 的前面放置两个相距很近的狭缝 S1、S2，S 到 S1、S2</p>	<p>讲授法 思考 听讲解</p> <p>讨论法 讲授法 思考 回答</p>	<p>通过引入示例引申到国防武器建设，对学生进行国防教育和激励学生学习。</p> <p>介绍实验装置。以光的波动性为依据，分析讨论干</p>

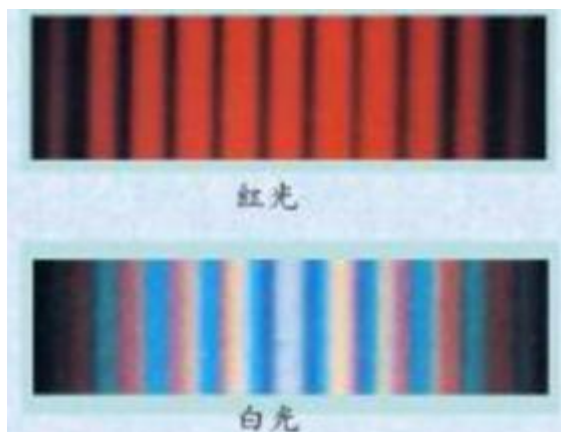
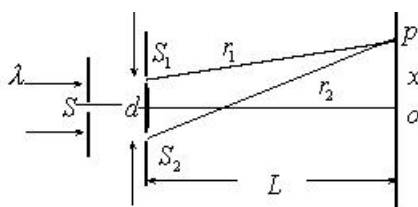
的距离很小并且相等。按照惠更斯原理， S_1 、 S_2 是由同一光源 S 形成的，满足振动方向相同，频率相同，相位差恒定的相关条件，故是 S_1 、 S_2 相关光源。这样 S_1 、 S_2 发出的光在空间相遇，将会产生干涉现象。

2. 实验现象：

在 S_1 、 S_2 前的屏幕 P 上，将出现明暗交替的干涉条纹。

用不同的单色光做实验，条纹间距不同：紫光间距小，红光间距大；

用白光做实验，中央为白色条纹，其他为由紫到红排列的彩色条纹。



彩色条纹呈现这样的排列的原理是什么？

3. 双缝干涉的波程差

如图所示， O 为屏幕中心， $OS_1 = OS_2$ 。设双缝的间距为 d ，双缝到屏幕的距离为 d' ，且 $d' \gg d$ ， S_1 和 S_2 到屏幕上 P 点的距离分别为 r_1 和 r_2 ， P 到 O 点的距离为 x 。设整个装置在真空或空气中，且两光源间无相位差，故两光波在 P 点的光程差为 $\delta = r_2 - r_1$ 。由几何关系可得，

$$r_1^2 = d'^2 + (x - d/2)^2 \quad r_2^2 = d'^2 + (x + d/2)^2$$

得 $r_2^2 - r_1^2 = 2dx$ 即 $(r_2 - r_1)(r_2 + r_1) = 2ax$

讨论
听讲解

讨论法
讲授法
思考
回答
讨论
听讲解

涉条件

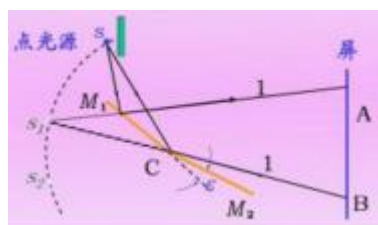
介绍实验现象，提出问题。

讨论法
讲授法
思考
回答
讨论
听讲解

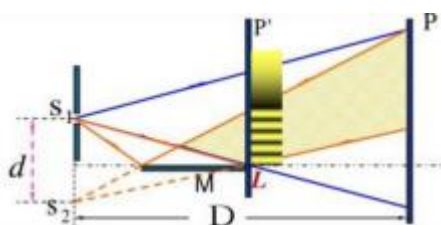
分析讨论得到波程差，强调干涉原理的本质特征。

<p>因为 $d' \gg d$，且在屏幕中心两侧能观察到的干涉条纹的范围是有限的，所以有 $r_2+r_1=2d'$，故波程差为 $\delta=r_2-r_1=\frac{d}{d'}x$</p> <p>4. 干涉条纹：</p> <p>1) 明条纹：$\delta=\frac{d}{d'}x=\pm k\lambda$，$x=\pm k\frac{d'}{d}\lambda$</p> <p>中心位置：$x=\pm k\frac{d'}{d}\lambda$，$k=0,1,2,\dots$</p> <p>式中正负号表示干涉条纹在 O 点两侧，呈对称分布，当 $k=0$ 时，$x=0$，表示屏幕中心为零级明条纹，对应的光程差为 $\delta=0$，$k=1,2,3,\dots$ 的明条纹分别称为第一级、第二级、第三级，……明条纹。</p> <p>2) 暗条纹：$\delta=\frac{d}{d'}x=\pm(2k+1)\frac{\lambda}{2}$，$x=\pm(2k+1)\frac{d'}{d}\frac{\lambda}{2}$</p> <p>中心位置：$x=\pm(2k+1)\frac{d'}{d}\cdot\frac{\lambda}{2}$，$k=0,1,2,\dots$</p> <p>式中正负号表示干涉条纹在 O 点两侧，呈对称分布，$k=1,2,3,\dots$ 的暗条纹分别称为第一级、第二级、第三级，……暗条纹。</p> <p>条纹间距：相邻明纹中心或相邻暗纹中心的距离称为条纹间距，它反映干涉条纹的疏密程度。明纹间距和暗纹间距均为 $\Delta x=\frac{d'}{d}\lambda$</p> <p>上式表明条纹间距与级次 k 无关。</p>	<p>讨论法 讲授法 思考 回答 讨论 听讲解</p>	<p>讨论得到干涉条纹的特点。</p>
<p>二、其他分波阵面干涉装置</p> <p>菲涅耳双面镜干涉实验</p> <p>实验装置：</p> <p>光源 S 发出的波振面 W（挡板 B 使光不能直接射到屏幕上）被两块夹角很小的平面镜 M1、M2 反射，分成 W1 与 W2 两部分，它们是相干光，在重叠区域可以产生干涉现象。</p> <p>洛埃镜实验</p> <p>实验装置：</p> <p>ML 为一背面涂黑的玻璃片，用它作反射镜，从狭缝 S1 射出的光，</p>	<p>讨论法 讲授法 思考 回答 讨论 听讲解</p>	<p>介绍其他分波阵面装置及原理</p>

一部分直接射到屏幕 P 上，另一部分经过玻璃片反射后到达屏幕，反射光看成是由虚光源 S2 发出的，S1、S2 构成一对相关光源，在屏幕上可以看到明、暗相间的干涉条纹。



菲涅耳双面镜干涉实验



洛埃镜实验

【小结】（3 分钟）

本节课从水波的双缝干涉实验现象应用引入，以光的波动性为依据，分析讨论得到相干光条件，杨氏双缝干涉原理及特征，还讨论了其他分波阵面装置的原理。

归纳法
思考
听讲解

知识点总结
课堂巩固

【课后作业】：P151 13.7

【预习任务】：光程与光程差

问题
教学

课后练习加
强教学效果。

【板书设计】：

§ 13.2 杨氏双缝干涉实验

一、杨氏双缝干涉实验

1. 实验装置：

2. 波程差 $\delta = r_2 - r_1 = \frac{d}{d'} x$

3. 明条纹 $x = \pm k \frac{d'}{d} \lambda, \quad k = 0, 1, 2, \dots$

暗条纹 $x = \pm (2k + 1) \frac{d'}{d} \cdot \frac{\lambda}{2}, \quad k = 0, 1, 2, \dots$

条纹间距 $\Delta x = \frac{d'}{d} \lambda$

二、其他分波阵面装置

菲涅耳双面镜、

洛埃镜

突出课堂知
识重点及概
要。

七、教学反思

课堂从水面波双缝干涉实验现象引入，以光的波动性为依据，分析讨论得到相干光条件、杨氏双缝干涉原理及特征，还讨论了其他分波阵面装置的原理。讲解过程突出了知识的关联性，强调了相干光干涉的本质特征。大部分同学能掌握相关知识。课堂讲解脉络清晰，通过讨论式教学，引导学生进行了思维训练。采用了多媒体和板书相结合的方式的教学，课堂气氛较为活跃，整体效果好。

部分学生基础薄弱，上课不够专注，对双缝干涉特征的具体应用掌握欠佳，应通过更多课后练习予以加强。

学生的课堂积极性不高，课堂管理需要常抓不懈。

第十八讲 薄膜干涉

一、教材分析

本节课内容选自赵近芳主编的《大学物理》第十三章第四节。薄膜干涉是光的干涉重要内容，在生产生活中有着广泛的应用，要求学生必须掌握。教材从生活中的常见现象出发引入课题，分析等厚薄膜上下表面的的反射光，讨论他们的干涉现象及规律，并介绍了等厚干涉的应用，增透膜和增反膜的原理，通过例题讲解巩固了相关知识。教材内容条理清晰，逻辑严密，通俗易懂，配备了习题练习，便于学生学习。

二、学情分析

学生已经学习了光的干涉原理以及光程等概念，为此次课程学习做了知识铺垫。此次课通过图片示例增强了学生的学习兴趣和。但学生对前期知识掌握程度参差不齐，对光的干涉本质理解不够，部分学生的课堂专注程度不够。

因此，课堂讲解过程中除通过实例引入之外，具体重要知识点可反复讲解，突出讨论思路和结论，增加互动，抓住学生的注意力，提升课堂教学效果。

三、教学目标

根据教学大纲的规定，按照质量工程的教育要求，结合学生的实际情况，确定本次课的教学目标如下：

知识目标：

- (1) 掌握薄膜干涉原理及其特征；
- (2) 掌握增透膜和增反膜的原理及应用计算。

能力目标：

- (1) 通过讲解培养学生利用已学知识解释物理现象能力和培养解决问题的思维方式；
- (2) 使学生掌握薄膜干涉实验原理及特征。

情感及德育目标：

- (1) 培养学生自信、勤奋、善于思考、严谨治学的学习态度和ator精神；
- (2) 通过实例，引导学生利用薄膜干涉的特征来分析问题，训练解决问题的思维方式，激发学生的学习兴趣和求知欲。

(3) 通过讨论商用光学摄像镜头市场情况, 对比分析我国与国外的的差距, 对学生进行警醒教育, 同时强调, 国货需要国人支持, 才能变强, 提倡使用国货。对学生进行爱国主义教育。

四、教学重点与难点

(1) 重点、难点的确立

教学重点: 薄膜干涉原理及其特征。

薄膜干涉原理及其特征是光的干涉的重要内容, 是应用的基础。

教学难点: 利用薄膜干涉原理及特征来具体分析问题。

在利用薄膜干涉原理及特征来具体分析问题时, 存在不知道从哪里下手的问题, 故将它们确定为教学难点。

(2) 重点难点的处理

通过油膜和肥皂泡的彩色条纹实例引入, 以光的波动性为依据, 分析讨论得到薄膜干涉特征, 通过例题讨论, 引导学生掌握相应知识。讨论过程中突出知识的关联性, 增强互动, 抓住学生的注意力, 加强课堂管理。以深入浅出, 层层递进的教学方法, 辅助以 PPT 演示、实例讲解, 启发式引导充分发挥学生的主体作用, 使学生迅速掌握薄膜干涉相关知识点。

五、教学方法

(1) 多媒体辅助教学法。通过课件设计使教学更直观、更生动。激发学生的学习兴趣, 调动学习积极性, 从而达到提高课堂教学效率的目的。

(2) 启发式教学, 通过多个实例, 强调师生互动, 使学生自主学习, 掌握薄膜干涉原理、特征和具体应用。

(3) 最后, 通过归纳总结, 实例练习, 引导学生训练物理思维方式在解决问题中的应用, 激发学生自学兴趣。

六、教学进程（45 分钟）

教师教学	教学方法 学生活动	设计意图
<p>【课程导入】（5 分钟）</p> <p>图片示例：肥皂泡阳光下呈彩色 光学镜头呈一定颜色</p> 	<p>讲解法 提问法 互动法 讨论 回答</p>	<p>通过图片实例引入课题，提出问题让学生思考，调动学生兴趣。</p>
<p>【重难点指引】（2 分钟）</p> <p>1、薄膜干涉原理及其特征。 2、增透膜和增反膜的原理及应用计算。</p>	<p>引导法 思考 听讲解</p>	<p>让学生带目标学习，增强学习动力。</p>
<p>【新课教学】（35 分钟）</p> <p style="text-align: center;">§ 13.4 薄膜干涉</p> <p>一、薄膜干涉</p> <p>1. 引言： 薄膜干涉属于分振幅法，日常在太阳光下见到的肥皂膜和水面上的油膜所呈现的彩色都是薄膜干涉的实例。 由薄膜两表面反射（或透射）光产生的干涉现象，叫做薄膜干涉。</p> <p>2. 实验装置 在折射率为 n_1 的均匀媒介中，有一折射率为 n_2 的薄膜 ($n_2 > n_1$)，薄膜厚度为 d，由单色光源上点 S 发出的光线 1，以入射角 i 投射到分界面 AB 上的点 A，一部分由点 A 反射，另一部分射进薄膜并在分界面 CD 上反射，再经界面 AB 折射而去，显然这两光线 2、3 是平行的，经透镜 L 会聚于 P 点，2、3 是相干光，可在 P 上产生干涉条纹。</p> 	<p>讨论法 讲授法 思考 回答 讨论 听讲解</p>	<p>介绍实验装置。分析光路，证明光源的相干性。</p>

3. 干涉条纹的计算——光 3、光 2 之间的光程差为:

设 $CD \perp AD$, 则 CP 与 DP 之间的光程相等, 由图可知, 光 3、光 2 之间的光程差为

$$\delta' = n_2(AB + BC) - n_1 AD$$

$$\text{由于 } AB = BC = \frac{d}{\cos \gamma} \quad AD = AC \sin i = 2d \tan \gamma \sin i$$

$$\text{故 } \delta' = 2 \frac{d}{\cos \gamma} (n_2 - n_1 \sin \gamma \sin i)$$

$$\begin{aligned} \text{由折射定律} \quad \delta' &= \frac{2d}{\cos \gamma} n_2 [1 - \sin^2 \gamma] = 2n_2 d \cos \gamma \\ &= 2n_2 d \sqrt{1 - \sin^2 \gamma} = 2d \sqrt{n_2^2 - n_1^2 \sin^2 i} \end{aligned}$$

考虑附加的光程差, 总的光程差为: $\delta = 2d \sqrt{n_2^2 - n_1^2 \sin^2 i} + \frac{\lambda}{2}$

4. 干涉条纹

$$\delta = 2d \sqrt{n_2^2 - n_1^2 \sin^2 i} + \frac{\lambda}{2} = \begin{cases} k\lambda & k = 1, 2, 3, \dots, \text{明纹} \\ (2k+1)\frac{\lambda}{2} & k = 0, 1, 2, \dots, \text{暗纹} \end{cases}$$

当垂直入射 ($i = 0$) 时, 有

$$\delta = 2n_2 d + \frac{\lambda}{2} = \begin{cases} k\lambda & k = 1, 2, 3, \dots, \text{明纹} \\ (2k+1)\frac{\lambda}{2} & k = 0, 1, 2, \dots, \text{暗纹} \end{cases}$$

5. 讨论

1) 当厚度 d , 薄膜折射率 n_2 及周围介质确定后, 某一波长来就, 两相干光的光程差仅取决于入射 i , 因此, 以同一倾角入射的所有光线, 其反射光将有相同的光程差, 产生同一干涉条纹, 或者说, 同一干涉条纹都是由来自同一倾角 i 的入射光形成的, 这样的条纹称为等倾干涉条纹, 等倾干涉条纹是一系列同心圆环组成的。

2) 半波损失, 取 $+\frac{\lambda}{2}$ 或 $-\frac{\lambda}{2}$ 均可以, 其结果只会影响条纹级数 k 的取值, 而对于干涉结果无任何影响, 一般可以自由规定。

3) 透射光边有干涉现象, 只不过亮度较低, 且与反射光明暗情况正好相反。

$$\delta = 2d \sqrt{n_2^2 - n_1^2 \sin^2 i}$$

即同一膜厚度, 若反射光干涉为暗纹, 则透射光干涉为明纹; 反之亦然。

讨论法
讲授法
思考
回答
讨论
听讲解

讨论计算薄膜干涉的光程差。

讨论法
讲授法
思考
回答
讨论
听讲解

根据干涉原理, 讨论干涉条纹的位置。

分析讨论得到条纹形式及条纹特征, 以及应用原理。

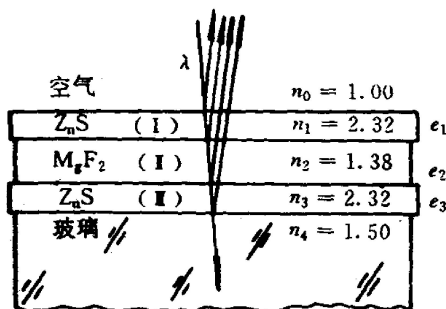
4) 如果用复色光——白光, 将出现彩色条纹。

6. 应用

测定薄膜的厚度;

测定光的波长;

提高或降低光学器件的透射率——增透膜(增反膜)。



二、增透膜与增反膜

1. 增透膜

在现代光学仪器中, 为减少入射光能量在透镜等光学元件的玻璃表面上反射引起的损失, 常在镜面上镀一层厚度均匀透明薄膜(如 MgF_2), 其折射率介于空气玻璃之间, 当膜的厚度适当时, 可使某波长的反射光因干涉而减弱, 从而使光能透过元件, 这种使透射光增强的薄膜的薄膜称为增透膜。

在照相机等光学仪器的镜头表面镀上 MgF_2 薄膜后, 能使对人眼视觉最灵敏的黄绿光反射减弱而增强, 这样的镜头在白光照射下, 其反射常给人以兰紫色的视觉, 这是因为白光中波长大于和小于黄绿光的光不完全满足干涉的缘故。

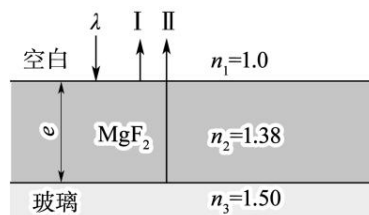
2. 增反膜

在镜面上镀上透明薄膜, 能使某些波长反射光因干涉而增强, 从而使该波长更多的光能得到反射, 这种反射光增强薄膜称为增反膜。
高反射膜: 在玻璃表面交替镀上高折射率和低折射率的膜层。

通过讨论现在商用光学摄像镜头市场情况, 分析我国与国外的的差距, 对学生进行国家发展现状的警醒教育, 同时强调, 国货需要国人支持, 才能变强, 提倡使用国货。

例题: 在一光学元件的玻璃(折射率 $n_3 = 1.5$)表面上镀一层厚度为 e 、折射率为 $n_2 = 1.38$ 的氟化镁薄膜, 为了使入射白光中对人眼最敏感的黄绿光 ($\lambda = 5500 \text{ \AA}$) 反射最小, 试求薄膜的厚度。

解: 如图, 由于 $n_1 < n_2 < n_3$ 氟化镁薄膜的上、下表面反射的 I、II 两光均有半波损失. 设光线垂直入射 ($i = 0$), 则 I、II 两光的光程差为



讨论法
讲授法
思考
回答
讨论
听讲解

讨论增透膜
增反膜的原理。

讨论法
讲授法
思考
听讲解

对学生进行
爱国主义教育。

讲授法
讨论法
思考
回答
讨论
听讲解

习题讲解巩固
知识, 训练
思维方式。

$\Delta = (2n_2e + \frac{\lambda}{2}) - \frac{\lambda}{2} = 2n_2e$ <p>要使黄绿光反射最小，即 I、II 两光干涉相消</p> $\Delta = 2n_2e = (2k+1)\frac{\lambda}{2}$ <p>应控制的薄膜厚度为 $e = \frac{(2k+1)\lambda}{4n_2}$</p> <p>其中，薄膜的最小厚度(k=0)</p> $e_{\min} = \frac{\lambda}{4n_2} = \frac{5500 \text{ \AA}}{4 \times 1.38} = 1000 \text{ \AA} = 0.1 \mu\text{m}$ <p>即氟化镁的厚度为 $0.1 \mu\text{m}$ 或 $(2k+1) \times 0.1 \mu\text{m}$，都可使这种波长的黄绿光在两界面上的反射光干涉减弱。</p>		
<p>【小结】（3 分钟）</p> <p>本节课从油膜和肥皂泡的彩色条纹引入新课，以光的波动性为依据，分析讨论得到薄膜干涉特征，介绍了增透膜和增反膜的原理，通过例题讨论，引导学生掌握相应知识。</p>	<p>归纳法 思考 听讲解</p>	<p>知识点总结 课堂巩固</p>
<p>【课后作业】：P151 13.7 【预习任务】：劈尖干涉 牛顿环</p>	<p>问题 教学</p>	<p>课后练习加 强教学效果。</p>
<p>【板书设计】：</p> <p style="text-align: center;">§ 13.4 薄膜干涉</p> <p>三、薄膜干涉</p> <p>1. 实验装置：</p> <p>2. 波程差：$\delta = 2d\sqrt{n_2^2 - n_1^2 \sin^2 i} + \frac{\lambda}{2}$</p> <p>3. 干涉条纹：$\delta = \begin{cases} k\lambda & k = 1, 2, 3, \dots, \text{明纹} \\ (2k+1)\frac{\lambda}{2} & k = 0, 1, 2, \dots, \text{暗纹} \end{cases}$</p> <p style="text-align: center;">等倾干涉</p> <p>四、增透膜和增反膜</p>		<p>突出课堂知 识重点及概 要。</p>

七、教学反思

课堂通过肥皂泡的彩色条纹和光学镜头呈现不同颜色引入课题讨论,利用光的干涉原理,分析讨论得到薄膜干涉特征,并介绍了增透膜和增反膜的原理,通过相关例题讨论,引导学生掌握相关知识。讲解过程突出知识的关联性,强调薄膜干涉中等厚干涉的特征。大部分同学能掌握相关知识。课堂讲解脉络清晰,通过讨论式教学,对学生的思维进行训练,采用了多媒体和板书相结合的方式进行教学,课堂气氛较为活跃,整体效果好。

部分学生基础薄弱,上课不够专注,对利用薄膜干涉特点解决具体问题时,应用能力不足,应通过更多课后练习予以加强。

学生的课堂积极性不高,课堂管理需要常抓不懈。

第十九讲 劈尖干涉

一、教材分析

本节课内容选自赵近芳主编的《大学物理》第十三章第五节。劈尖干涉是光的干涉一个重要应用，是一个全新内容，是要求学生必须掌握的重要知识点。教材从光路分析出发，利用干涉原理进行分析，得到劈尖干涉的规律，通过多个例题和应用实例讲解加深学生的理解。教材内容条理清晰，逻辑严密，有具体实例讲解便于学习。为增加课堂的吸引力和互动，本节课从劈尖干涉在工程中的应用引入课题，再介绍劈尖干涉规律，通过例子巩固相关知识。

二、学情分析

学生已经学习了光的干涉原理及薄膜干涉原理，为此次课程学习做了大量铺垫，大量的工程应用实例又能增强学生的学习兴趣。但学生对光路分析耐心不够，特别是对半波损失考虑容易疏忽，部分学生课堂专注程度不够。

因此，课堂讲解过程中除通过实例引入之外，具体知识点讲解可结合实际问题进行讨论，对光路的讨论应更细致和反复，增加学生兴趣，充分考虑学生不容易掌握知识点的讲解方式，突出讨论思路，增加互动，抓住学生的注意力，提升课堂教学效果。

三、教学目标

根据教学大纲的规定，按照质量工程的教育要求，结合学生的实际情况，确定本次课的教学目标如下：

知识目标：

- (1) 理解劈尖干涉光路分析过程；
- (2) 掌握劈尖干涉的规律和利用劈尖干涉计算薄膜厚度。

能力目标：

- (1) 通过讲解，培养学生利用已学知识解释物理现象的能力和培养解决问题的思维方式；
- (2) 使学生熟悉掌握劈尖干涉原理及应用的相关知识。

情感及德育目标：

- (1) 培养学生自信、勤奋、善于思考、严谨治学的学习态度和ación；

(2) 通过实例，引导学生利用干涉原理来讨论劈尖干涉规律，培养解决问题的思维方式，激发学生的学习兴趣、求知欲。

(3) 通过介绍光学器件，引申到介绍我国高分五号卫星和北斗系统，加强爱国主义教育，增进自豪感。

四、教学重点与难点

(1) 重点、难点的确立

教学重点：劈尖干涉规律和利用劈尖干涉计算薄膜厚度。

劈尖干涉原理及其规律，利用劈尖干涉计算薄膜厚度是重要的考察点。

教学难点：利用劈尖干涉计算薄膜厚度。

在具体实例中，学生对光路的分析规律把握不够好，特别是半波损失的考虑，对规律中的各公式符号的理解不够，故将它们确定为教学难点。

(2) 重点难点的处理

通过劈尖干涉的工程应用引入，加强课堂互动，共同讨论分析，讲清劈尖干涉的规律及如何用它来计算薄膜厚度，通过例题讨论，引导学生掌握相应知识。讨论过程中突出知识的关联性，增强互动，抓住学生的注意力，加强课堂管理。以深入浅出，层层递进的教学方法，辅助以 PPT 演示、实例讲解，启发式引导充分发挥学生的主体作用，使学生迅速掌握本次课重要知识点。

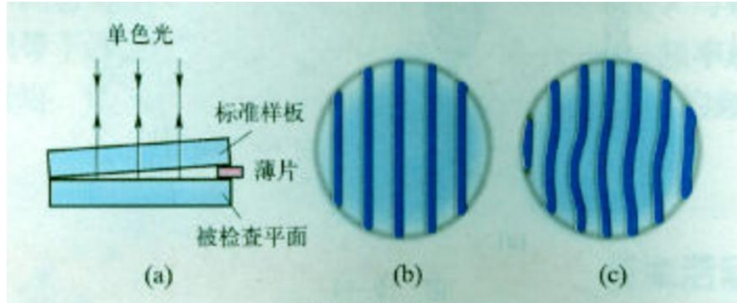
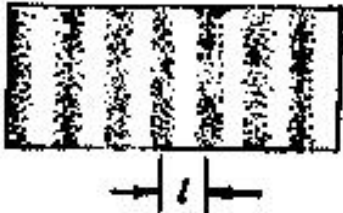
五、教学方法

(1) 多媒体辅助教学法。通过课件设计使教学更直观、更生动。激发学生的学习兴趣，调动学习积极性，从而达到提高课堂教学效率的目的。

(2) 启发式教学，通过多个实例，强调师生互动，使学生自主学习，掌握劈尖干涉规律和利用劈尖干涉计算薄膜厚度。

(3) 最后，通过归纳总结，实例练习，引导学生训练物理思维方式在解决问题中的应用，激发学生自学兴趣。

六、教学进程（45 分钟）

教师教学	教学方法 学生活动	设计意图
<p>【课程导入】（5 分钟）</p> <p>图片示例：劈尖干涉的工程应用示例。</p> 	<p>讲解法 提问法 互动法 讨论 回答</p>	<p>通过图片实例引入课题，提出问题让学生思考，调动学生兴趣。</p>
<p>【重难点指引】（2 分钟）</p> <p>1、劈尖干涉光路分析得到劈尖干涉规律。</p> <p>2、利用劈尖干涉计算薄膜厚度。</p>	<p>引导法 思考 听讲解</p>	<p>让学生带目标学习，增强学习动力。</p>
<p>【新课教学】（35 分钟）</p> <p style="text-align: center;">§ 13.5 劈尖干涉 牛顿环</p> <p>前面讨论了薄膜厚度均匀时的干涉现象，若薄膜厚度不均匀，由干涉公式可知，在入射角，薄膜折射率及周围介质确定后，对某一波长来就，两相干光的光程差仅取决于薄膜的厚度，因此薄膜厚度相同处的反射光将有相同的光程差，产生同一干涉条纹，或者说，同一干涉条纹是由薄膜上厚度相同处所产生的反射光形成的，这样的条纹称为等厚干涉条纹</p> <p>一、劈尖干涉</p> <p>1. 实验装置：</p> <p>G1, G2 两平板玻璃，一端相接触，另一端被一直径为 d 的细丝隔开，因而在 G1 的下表面与 G2 的上表面间形成一空气薄层，叫做空气劈尖，两玻璃接触处为劈尖的棱边。</p> <p>单色光源 S 发出的光经透镜 L 后成平行光，经 M 反射垂直($i=0$)射向劈尖，自劈尖的上、下两面反射的光是相干光，从显微镜 T 中可观察到明暗交替的、均匀分布的干涉条纹。</p> 	<p>讲授法 思考 听讲解</p> <p>讨论法 讲授法 思考 回答 讨论 听讲解</p>	<p>回顾光线射在薄膜厚度均匀薄膜上的干涉,对比讨论厚度不均匀的薄膜上的干涉为等厚干涉。</p> <p>介绍实验装置。讨论光路的光程差,用干涉条件进行讨论。</p>

2. 干涉条件:

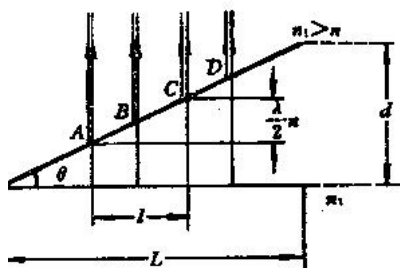
$$\text{光程差: } \delta = 2nd + \frac{\lambda}{2}$$

干涉公式:

$$\delta = 2nd + \frac{\lambda}{2} = \begin{cases} k\lambda & k=1,2,\dots \text{ 明条纹} \\ (2k+1)\frac{\lambda}{2} & k=0,1,\dots \text{ 暗条纹} \end{cases}$$

3. 讨论:

1) 劈尖干涉是等厚干涉;



2) 由于等厚干涉条纹的形状取决于薄膜上厚度相同的点的轨迹。因此劈尖的等厚干涉条纹是一系列等间距、明暗相间的平行于棱边的直条纹。劈尖边缘: $d=0$, $\delta = \lambda/2$ 为暗条纹, 与实验相符合;

3) 相邻明纹或相邻暗纹之间劈形膜的厚度差 Δd

明纹:

$$\text{第 } k+1 \text{ 级: } 2nd_{k+1} + \frac{\lambda}{2} = (k+1)\lambda$$

$$\text{第 } k \text{ 级: } 2nd_k + \frac{\lambda}{2} = k\lambda$$

$$\Delta d = d_{k+1} - d_k = \frac{\lambda}{2n}$$

即相邻明条纹所对应的空气层的厚度差等于半个波长。

$$\text{暗纹: 第 } k+1 \text{ 级: } 2nd_{k+1} + \frac{\lambda}{2} = (2(k+1)+1)\frac{\lambda}{2}$$

$$\text{第 } k \text{ 级: } 2nd_k + \frac{\lambda}{2} = (2k+1)\frac{\lambda}{2}$$

$$\Delta d = d_{k+1} - d_k = \frac{\lambda}{2n}$$

即相邻暗条纹所对应的空气层的厚度差等于半个波长。

讨论得到劈尖干涉的特征。

4) 明纹或暗纹之间间距 l :

$$\Delta d = l \sin \theta \approx l\theta$$

故
$$l = \frac{\Delta d}{\theta} = \frac{\lambda}{2n\theta}$$

说明:

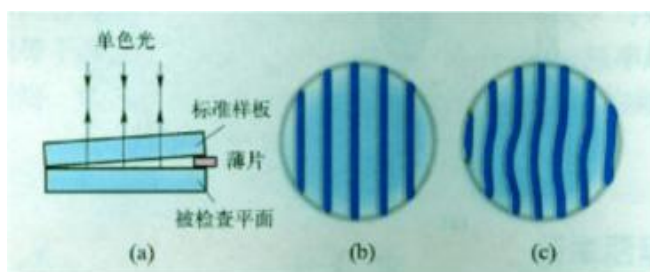
相邻明纹或相邻暗纹之间的距离相等, 故条纹是等间距的。

劈尖角 θ 越大, 则条纹越密, 条纹过密则分辨不清, 通常 $\theta < 10^\circ$ 。

5) 当空气层厚度增加时, 等厚干涉条纹向棱边移动; 反之, 当厚度减小时, 条纹向原离棱边的地方移动。

4. 应用:

- 1) 测量长度是微小改变——干涉膨胀仪;
- 2) 薄膜厚度的测定
- 3) 测定光学元件表面的平整度



图片示例: 高分五号的可见短波红外高光谱相机的可见光谱段光谱分辨率为 5 纳米, 几乎相当于一张纸厚度的万分之一, 因此对地物成分的探测十分精确。



例题: 利用劈尖干涉可以测量微小角度。如图所示, 折射率 $n = 1.4$ 的劈尖在某单色光的垂直照射下, 测得两相邻明条纹之间的距离是 $l = 0.25\text{cm}$ 。已知单色光在空气中的波长 $\lambda = 700\text{nm}$, 求劈尖的顶角 θ 。

解 如图: 按明条纹出现的条件, e_k 和 e_{k+1} 应满足下列两式:

$$2ne_k + \frac{\lambda}{2} = k\lambda$$

讲授法
思考
听讲解

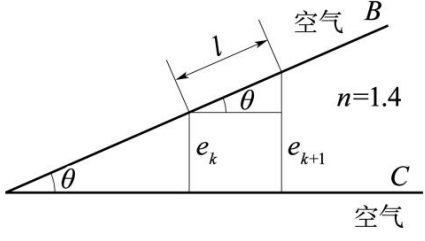
讨论得到条纹间距及特点。

讨论法
讲授法
思考
回答
讨论
听讲解

解释篇首工程应用中的原理。我国高分五号卫星中的光学元器件, 加强爱国主义教育, 增进自豪感。

讲授法
思考
回答
讨论
听讲解

例题讲解, 增强学生对知识点的掌握和训练应用能力。

$2ne_{k+1} + \frac{\lambda}{2} = (k+1)\lambda$ $n(e_{k+1} - e_k) = \frac{\lambda}{2}$ $e_{k+1} - e_k = \frac{\lambda}{2n}$ $\therefore l \sin \theta = e_{k+1} - e_k, \therefore \sin \theta = \frac{\lambda}{2nl}$ <p>将 $n = 1.4, l = 0.25\text{cm}, \lambda = 7 \times 10^{-5}\text{cm}$ 代入</p> $\sin \theta = \frac{\lambda}{2nl} = \frac{7 \times 10^{-5}}{2 \times 1.4 \times 0.25} = 10^{-4}$ <p>因 $\sin \theta$ 很小, 所以 $\theta \approx \sin \theta = 10^{-4}\text{rad}$</p>		
<p>【小结】 (3 分钟)</p> <p>本节课从劈尖干涉的工程应用引入, 利用光的干涉原理来分析光路, 得到劈尖干涉的规律及如何用它来计算薄膜厚度, 并介绍了相关应用。</p>	<p>归纳法 思考 听讲解</p>	<p>知识点总结 课堂巩固</p>
<p>【课后作业】: P152 13.13</p> <p>【预习任务】: 迈克耳孙干涉仪</p>	<p>问题 教学</p>	<p>课后练习加 强教学效果。</p>
<p>【板书设计】:</p> <p style="text-align: center;">§ 13.5 劈尖干涉 牛顿环</p> <p>五、劈尖干涉</p> <p>1. 实验装置:</p> <p>2. 干涉条件:</p> $\delta = 2nd + \frac{\lambda}{2} = \begin{cases} k\lambda & k = 1, 2, \dots \text{ 明条纹} \\ (2k+1)\frac{\lambda}{2} & k = 0, 1, \dots \text{ 暗条纹} \end{cases}$ <p>3. 对应相邻明纹的劈尖厚度差 $\frac{\lambda}{2n}$</p> <p>4. 条纹间距 $l = \frac{\Delta d}{\theta} = \frac{\lambda}{2n\theta}$</p>		<p>突出课堂知 识重点及概 要。</p>

七、教学反思

课堂从劈尖干涉的工程应用引入，利用光的干涉原理来分析光路，得到劈尖干涉的规律及如何用它来计算薄膜厚度，并介绍了相关应用。讲解过程突出知识的关联性，课堂讲解脉络清晰，通过讨论式教学，对学生的思维进行了训练，提高了学生的应用能力。采用了多媒体和板书相结合的方式进行了教学，课堂气氛较为活跃，整体效果好，大部分同学能掌握相关知识。。

部分学生基础薄弱，对光的干涉掌握不够好，光路分析过程中不能正确理解半波损失，应通过更多课后练习予以加强。

课堂管理需要常抓不懈。

第二十讲 牛顿环

一、教材分析

本节课内容选自赵近芳主编的《大学物理》第十三章第五节。牛顿环是等厚干涉的重要现象，在工程中也有重要应用，其原理是要求学生必须掌握的重要知识点。教材对比劈尖干涉，从光路分析出发，根据干涉条件，讨论牛顿环条纹对应的光程差特点，得到牛顿环相关规律。通过例题和实例讲解加深学生的理解。教材内容条理清晰，逻辑严密。为增加课堂吸引力和互动，本节课从牛顿环在精密测量中的应用引入课题，再讨论牛顿环的相关特点，通过例子巩固相关知识。

二、学情分析

学生已学习过光的干涉及薄膜干涉的原理，上一节也已讨论劈尖干涉，此次课程学习已具备足够的基础知识，牛顿环在精密测量中的应用能增强了学生的学习兴趣。但学生在光路分析过程中耐心不够，数学功底不强。而计算干涉明暗环半径以及平凸透镜曲率半径又有一定难度。另外部分学生课堂专注程度不够。

因此，课堂讲解过程中除突出牛顿环在精密测量中的应用特点外，对得出整个规律的讲解应细致，注意节奏和突出结论。突出讨论思路，增加互动，抓住学生的注意力，提升课堂教学效果。

三、教学目标

根据教学大纲的规定，按照质量工程的教育要求，结合学生的实际情况，确定本次课的教学目标如下：

知识目标：

- (1) 掌握牛顿环光路分析过程及干涉讨论结论；
- (2) 掌握牛顿环的干涉明暗环半径以及平凸透镜的曲率半径的计算方法。

能力目标：

- (1) 培养学生利用已学知识解释物理现象的能力和解决问题的思维方式；
- (2) 使学生熟悉牛顿环明暗环半径以及平凸透镜曲率半径的计算方法。

情感及德育目标：

- (1) 培养学生自信、勤奋、善于思考、严谨治学的学习态度和ator精神；
- (2) 通过实例，引导学生利用干涉原理来讨论牛顿环规律，培养解决问题

的思维方式，激发学生的学习兴趣、求知欲。

(3) 通过介绍平凸透镜生产，介绍我国在光学元器件领域与国外的差距，对学生进行危机教育和励志教育，引导学生努力学习，为国家强大做贡献。

四、教学重点与难点

(1) 重点、难点的确立

教学重点：牛顿环的相关特点及应用。

牛顿环的特点、明暗环半径以及平凸透镜的曲率半径的计算方法是知识重点，它们是大学物理实验中牛顿环实验的重要理论知识。

教学难点：牛顿环明暗环半径以及平凸透镜的曲率半径的计算方法。

学生数学功底不足，在讨论计算牛顿环明暗环半径以及平凸透镜的曲率半径中存在困难，难以理解，故将它确定为教学难点。

(2) 重点难点的处理

通过对比劈尖干涉，引入牛顿环的讨论，根据学生的基础薄弱的特点，放慢讲解节奏，加强课堂互动，突出结论中符号的物理意义，强调公式的具体应用，通过实例及例题共同讨论分析，引导学生掌握相应知识。讨论过程中突出知识的关联性，增强互动，抓住学生的注意力并加强课堂管理。以深入浅出，层层递进的教学方法，辅助以 PPT 演示、实例讲解，启发式引导充分发挥学生的主体作用，使学生迅速掌握牛顿环的相关知识点。

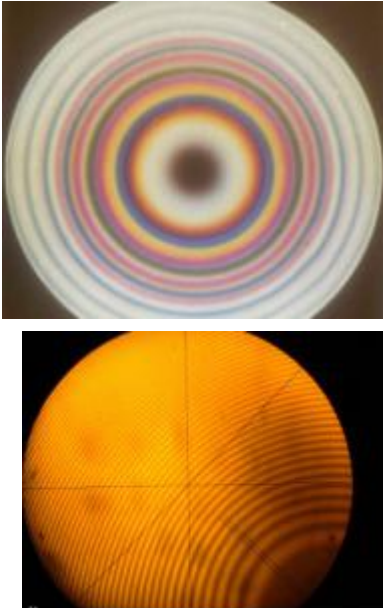
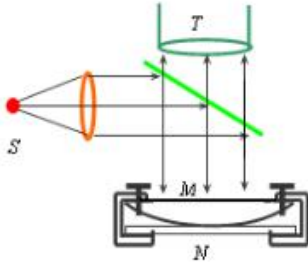
五、教学方法

(1) 多媒体辅助教学法。通过课件设计使教学更直观、更生动。激发学生的学习兴趣，调动学习积极性，从而达到提高课堂教学效率的目的。

(2) 启发式教学，通过多个实例，强调师生互动，使学生自主学习，掌握牛顿环干涉规律和相关结论在具体问题中的应用。

(3) 最后，通过归纳总结，实例练习，引导学生了解物理思维方式在解决问题中的应用，激发学生自学兴趣。

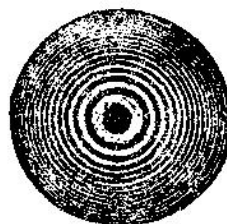
六、教学进程（45 分钟）

教师教学	教学方法 学生活动	设计意图
<p>【课程导入】（5 分钟）</p> <p>图片示例：白光产生的牛顿环。</p>  <p>利用牛顿环测量光的波长</p>	<p>讲解法 提问法 互动法 讨论 回答</p>	<p>通过图片实例引入课题，提出问题让学生思考，调动学生兴趣。</p>
<p>【重难点指引】（2 分钟）</p> <p>1、牛顿环的相关特征。</p> <p>2、牛顿环明暗环半径以及平凸透镜的曲率半径的计算方法。</p>	<p>引导法 思考 听讲解</p>	<p>让学生带目标学习，增强学习动力。</p>
<p>【新课教学】（35 分钟）</p> <p style="text-align: center;">§ 13.5 劈尖干涉 牛顿环</p> <p>二、牛顿环</p> <p>该实验最先是有 Boyle 与 Hooke 观察到的，之所以按牛顿的名字命名，是因为牛顿用微粒模型解释过这些环的成因。但后来发现牛顿的解释是完全不能令人满意的。</p> <p>1. 实验装置</p> <p>将一曲率半径很大的凸透镜的曲面与一平板玻璃接触，其间形成一层平凹球面形的薄膜，显然，这种薄膜厚度相同处的轨迹是以接触点为中心的同心圆，因此，若以单色平行光垂直投射到透镜上，则会在反射光中观察到一系列以接触点为中心点的明暗相间的同心圆环，</p> 	<p>讨论法 讲授法 思考 听讲解</p>	<p>介绍实验装置。讨论光路的光程差，用干涉条件进行讨论。</p>

这种等厚干涉条纹称为牛顿环。

2. 干涉公式:

$$\delta = 2nd + \frac{\lambda}{2} = \begin{cases} k\lambda & k = 1, 2, \dots \\ (2k+1)\frac{\lambda}{2} & k = 0, 1, \dots \end{cases}$$



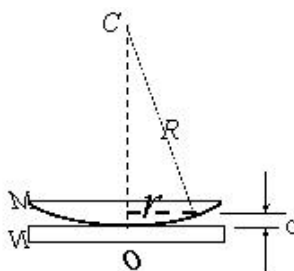
3. 牛顿环半径

几何关系: $(R-d)^2 + r^2 = R^2$

由于 $R \gg d$, 将上式展开后略去高阶

小量 d^2 可得:

$$e = \frac{r^2}{2R}$$



所以光程差为 $\delta = 2nd + \frac{\lambda}{2} = \frac{nr^2}{R} + \frac{\lambda}{2}$

将相干条件可得

$$r = \begin{cases} \sqrt{(k-1/2)R\lambda/n} & k = 1, 2, \dots \text{ 明纹} \\ \sqrt{kR\lambda/n} & k = 1, 2, \dots \text{ 暗纹} \end{cases}$$

4. 讨论:

- 1) 牛顿环是等厚干涉条纹, 环心是暗的;
- 2) 随着半径 r 增长, 牛顿环越来越密;

$$\Delta r = r_{k+1} - r_k = \sqrt{R\lambda/2n}(\sqrt{2k+1} - \sqrt{2k-1})$$

随干涉级次的增加, 相邻明环或

暗环的半径之差越来越小, 所以牛顿环是内疏外密的一系列同心圆。(呼应篇首图片示例)

- 3) 透射光也能产生牛顿环;
- 4) 用白光时将产生彩色条纹(呼应篇首图片示例)

牛顿环中心为暗环, 级次最低。离开中心愈远, 程差愈大, 圆条纹间距愈小, 即愈密。其透射光也有干涉, 明暗条纹互补(注意和等倾干涉条纹的异同)。

讨论法
讲授法
思考,
回答,
讨论,
听讲解

讨论得到牛顿环的干涉特征以及牛顿环半径与曲率半径和波长的关系。

讨论得到牛顿环的特征

<p>5. 应用:</p> <p>测量光的波长;</p> <p>测量平凸透镜的曲率半径;</p> <p>检查透镜的质量: 将标准件覆盖与待测工件之上, 两者间形成空气膜因而出现牛顿环。环的圈数愈多, 说明透镜越不合格, 或者利用牛顿环的环间距算曲率半径再与标准曲率半径比较。</p> <p>例题: 在牛顿环实验中, 透镜的曲率半径为 5.0m, 直径为 2.0 cm.</p> <p>(1)用波长 $\lambda = 589.3\text{nm}$ 的单色光垂直照射时, 可看到多少干涉条纹?</p> <p>(2)若在空气层中充以折射率为 n 的液体, 可看到 46 条明条纹, 求液体的折射率(玻璃的折射率为 1.50)。</p> <p>解 (1)由牛顿环明环半径公式</p> $r = \sqrt{\frac{(2k-1)}{2} R \lambda}$ $k = \frac{r^2}{R \lambda} + \frac{1}{2} = \frac{(1.0 \times 10^{-2})^2}{5 \times 5.893 \times 10^{-7}} + \frac{1}{2} = 34.4$ <p>可看到 34 条明条纹。</p> <p>(2)若在空气层中充以液体, 则明环半径为</p> $r = \sqrt{\frac{(2k-1)}{2n} R \lambda}$ $n = \frac{(2k-1)R \lambda}{2r^2} = \frac{(2 \times 46 - 1) \times 5 \times 5.893 \times 10^{-7}}{2 \times (1.0 \times 10^{-2})^2} = 1.33$ <p>可见牛顿环中充以液体后, 干涉条纹变密。</p>	<p>讲授法 思考 听讲解</p> <p>讨论法 讲授法 思考 回答 讨论 听讲解</p>	<p>通过透镜质量, 引申介绍我国光学元器件领域与国外的差距, 对学生进行危机教育和励志教育, 引导学生努力学习, 为国家强大做贡献。</p> <p>例题讲解, 增强学生的应用能力。</p>
<p>【小结】 (3 分钟)</p> <p>本节课从劈尖干涉的工程应用引入, 利用光的干涉原理来分析光路, 得到劈尖干涉的规律及如何用它来计算薄膜厚度, 并介绍了相关应用。</p>	<p>归纳法 思考 听讲解</p>	<p>知识点总结 课堂巩固</p>
<p>【课后作业】: P152 13.13</p> <p>【预习任务】: 迈克耳孙干涉仪</p>	<p>问题 教学</p>	<p>课后练习加强教学效果。</p>

<p>【板书设计】：</p> <p style="text-align: center;">§ 13.5 劈尖干涉 牛顿环</p> <p>二、牛顿环</p> <p>1. 实验装置：</p> <p>2. 干涉条件：</p> $\delta = 2nd + \frac{\lambda}{2} = \begin{cases} k\lambda & k=1,2,\dots \text{ 明条纹} \\ (2k+1)\frac{\lambda}{2} & k=0,1,\dots \text{ 暗条纹} \end{cases}$ <p>3. 牛顿环半径：</p> $r = \begin{cases} \sqrt{(k-1/2)R\lambda/n} & k=1,2,\dots \text{ 明纹} \\ \sqrt{kR\lambda/n} & k=1,2,\dots \text{ 暗纹} \end{cases}$ <p>4. 纹间距： $\Delta r = r_{k+1} - r_k = \sqrt{R\lambda/2n}(\sqrt{2k+1} - \sqrt{2k-1})$</p>		突出课堂知识重点及概要。
---	--	--------------

七、教学反思

课堂通过对比劈尖干涉，从光路分析出发，根据干涉条件讨论牛顿环条纹对应的光程差特点，得到有关牛顿环的结论，讨论了明暗环半径以及平凸透镜的曲率半径的计算方法。通过例题和应用实例讲解，加深学生的理解。讲解过程突出知识的关联性，训练了学生的应用能力。课堂讲解脉络清晰，通过讨论式教学，对学生进行了思维训练。采用了多媒体和板书相结合的方式进行了教学，课堂气氛较为活跃，整体效果好，大部分同学能掌握相关知识。

具体应用计算部分对学生来说有一定难度，应通过更多课后练习予以加强。

课堂管理与课堂穿插育人工作需要常抓不懈。