

11.4

多普勒效应

基本信息			
教学主题	多普勒效应	课时安排	1 课时(45 分钟)
所在章节	第 4 章第 1 小节(上册)		

【教学目标】

❖ 知识目标

- (1)理解频率、波长、波速的概念，透过实验了解它们与运动的关系。辨析波源振动频率、波的波动频率与观测频率三者间的区别。
- (2)理解接收波列长度和观测波长的概念，明了接收波列长度、观测波长与不同相对运动之间的关系和计算方法，掌握观测频率的计算方法。
- (3)了解多普勒效应这一原理在实际生活、工程技术和科学前沿中的应用。

❖ 能力目标

- (1)通过由实际物理实验以及现象到最终物理原理发现、归纳、总结的过程，学生能够提高自身发现问题、分析问题和解决问题的能力。
- (2)通过多普勒效应从简单结果到一般结论的推广，电磁波多普勒效应的迁移，以及相关科学技术的应用，学生能够加强自身严谨的逻辑思维能力、探索意识和创新能力。
- (3)通过相关实验现象和常见技术、科学前沿应用的比较、分析，学生能够形成较强的观察能力和逻辑推理能力，以及运用分析、比较、归纳和演绎等科学研究方法的能力。

❖ 思政目标

通过多普勒效应在声呐技术中的应用，一方面介绍我国核潜艇专家、共和国勋章获得者黄旭华先生潜心国防事业，为国家无私奉献的先进事迹，使学生从内心深处体会老一辈科学家孜孜以求、奋发前进的科学作风，为国家无私奉献、精忠报国的伟大精神。另一方面，介绍多普勒效应原理在原子冷却、原子钟技术中的应用。原子钟作为超精密的计时装置，是全球卫星定位系统的核心关键之一。我国已经建设完成组网运行的北斗卫星导航系统就搭载了国产的原子钟，具有非常高的精度。使学生了解我国科技水平的高速发展和突飞猛进，增强对科学研究的热情，对国家的自豪感和民族的自信心。课堂中，通过科学方法的介绍，培养学生勤于思考的好习惯和严谨务实细致的学习态度。通过课堂思政，培养学生积极向上的人生观和生活态度。(详细分析见思政育人)

教学目标导图如图 11.34 所示。

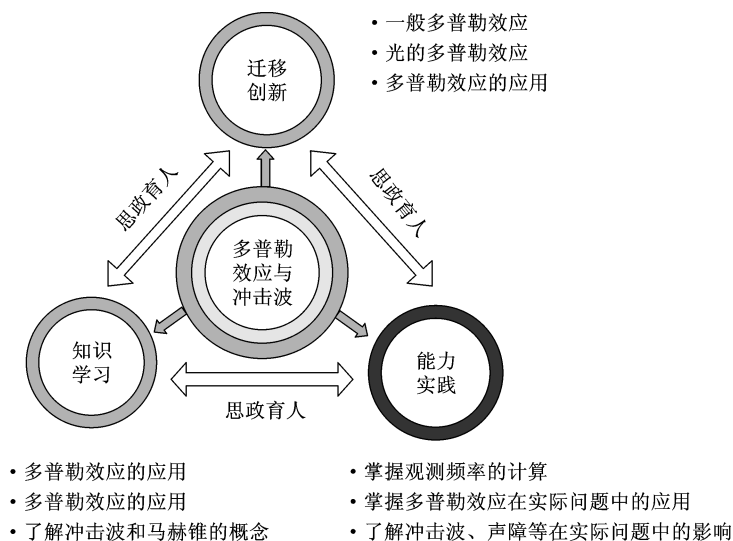


图 11.34 多普勒效应教学目标导图

▶ 【学生已具备的知识】

本次课之前学生已经在运动学中学习了参考系的概念和伽利略变换原理，掌握了机械波的形成机制及其基本特征等基本知识，理解了波源振动频率的概念和波动频率的概念。但是学生容易将这两者混淆。原因是在前面的学习分析中得到了两者相等的结果。从两者的定义看，这两个概念各自包含了一个参考系的概念。在前面的学习中，这两个参考系是相对静止的，即为同一参考系，所以得到两者相等的结论。如果上述的两个参考系是相对运动的，则需要重新考虑两者的关系。学生对反映波的基本特征的物理量如波速、频率等概念只是有了初步了解，对于波源频率、波的频率、观测频率等概念没有清楚地辨析。尤其是不同运动参考系的相对运动对波的基本性质所产生的影响还不清楚。本节课主要带领学生从相对运动出发，重新理解波的上述基本概念，详细对比分析，理解其物理机制和物理图景，了解多普勒效应所产生的实际应用和创新。

▶ 【教学内容构成与导图】

本节课的教学内容导图如图 11.35 所示。

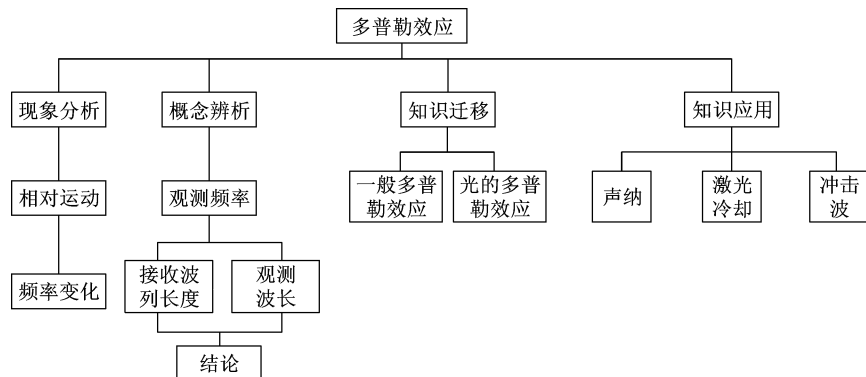


图 11.35 多普勒效应教学内容导图

【教学重点与难点】

❖ 教学重点

理解机械波多普勒效应的形成原理，理解相对运动对波的基本特征的影响。

❖ 教学难点

- (1) 辨析波源频率、波频率、观测频率的概念。
- (2) 分析波源运动对于波长的影响。

【课程思政】

(1) 声呐探测。通过多普勒效应在声呐探测技术中的应用，介绍我国著名核潜艇科学家黄旭华先生的光荣事迹。他为了国家的国防事业，潜心潜艇研究，攻坚克难。为了国家这个大家，舍弃自身的小家，顾不上自己的家庭，顾不上年迈的父母。使学生深刻体会我国的科技工作者对科学孜孜以求、勇攀科学高峰的精神，对祖国和人民的忠贞不渝、无私奉献的情怀。

(2) 原子钟。在描述多普勒效应在激光冷却技术的应用时，提出这一技术的重要成果——原子钟。原子钟是北斗卫星导航系统的核心部件，被称为是卫星定位系统的“心脏”。在我国建设北斗卫星导航系统的过程中，国家就意识到原子钟技术的重要性，投入了科技力量进行攻坚。经过我国科研人员的奋力拼搏，终于取得了成功。我国是现在世界上少数几个能自主制造原子钟的国家。我国制造的氢原子钟精度已经达到每一千万年误差不超过一秒。通过这个举例，使学生深刻体会国家高瞻远瞩，对科学研究的大力支持战略眼光，体会我国科研人员的积极奋斗，攻坚克难的精神，激发学生对科学技术研究的热情，增强学生的国家自豪感和民族自信心。

(3) 知识内化。在总结课堂知识的过程中，将多普勒效应中“对同一波源，以不同速度运动的观察者会测出不同频率”的现象与“同一社会，以不同态度面对的人会得到不同的回应”做类比，使学生能够积极正向思考，树立积极向上的人生目标和不断进取的生活态度。

【教学思路和方法设计】

❖ 内容分析

本节以课堂物理实验做展示，以寻求实验现象背后的物理规律为引子，以设问为导向，学生感兴趣的科学问题和技术应用、实际应用为辅助展开教学。

(1) 以知识复习、发现问题为引导，观察当堂的物理实验现象，引导学生思考，分析现象背后的物理规律，突出处理问题的物理方法和逻辑思维能力的培养

(2) 通过适当的问题设问，营造悬疑的课堂气氛，引导学生去寻找问题的答案。创造以学生为主体的氛围，让学生参与到分析问题寻找物理规律的过程中，吸引学生的注意力，培养学生分析问题，解决问题的能力。

(3) 通过将课堂所学的物理规律和实际工程技术或科学研究中有趣的技术应用连接起来，感受科学知识的巨大魅力，引发学生的学习热情，培养学生锐意探索勇于创新意识。

❖ 教学设计思路

回顾之前学习的机械波的几个基本概念，明确波源振动频率、波的波动频率、波速的概念及它们的确定方法；联系参考系的概念，辨析波源频率和波动频率；结合伽利略变换原理定性分析运动对这些物理量的影响。

通过分析所得疑问和演示实验的现象观察，引导学生思考实验现象背后的物理，强调如何确定波的

观测频率和运动间的定量规律是本次课堂的中心任务。突出物理建模思想,将实验场景抽象为一般物理模型,以此为起点解决物理问题。

以学生为主体,参与与重点分析观测频率的概念及确定方法。在此基础上定量分析运动对接受波列的长度和观测波长大小的影响及它们的计算方法,最终得出观测频率的计算公式。

介绍多普勒效应在声呐探测、激光冷却等工程技术和科学前沿中的广泛应用。学生对光的多普勒效应应有初步的认知。

利用课后思考和线上资源,学习一般多普勒效应的结论和冲击波的概念,结合实际的生活和科学技术介绍这些知识的实际应用。

【信息化教学资源】

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

教 学 过 程

◆ 课堂导入(4 分钟)

【知识回顾】回顾之前所学的关于波源频率和波动频率的概念,说明定义波源的参考系为波源参考系,定义波动频率的默认参考系为介质参考系。(过程中,让学生自己鉴别)当两个参考系相互静止时,波源频率与波动频率大小相对;两者相对运动时,两者的关系成为一个有待说明的问题。进一步说明伽利略变换是处理一个物理在不同惯性系下关联关系的重要方法。

【引出思考】如果在不同的参考系中测量波动频率,结果是否受参考系选择的影响,或者说频率的伽利略变换是否保持不变?引导学生聚焦“波的频率与运动的关系”这一问题。(过程中让学生对照运动学知识参与分析思考)

【实验演示】为验证上述问题,利用两部手机在不同的运动情况下,让学生参与测量发声频率的大小,观察测量结果的变化,并总结出实验现象所反映的实验规律。(过程中学生参与观测和归纳总结)

【引出思考】如何用所学的波的知识来解释实验中的现象?如何定量确定这一变化的频率与运动的关系?如何运用这一物理规律?从中我们得到了什么启发?

◆ 新课展开(4 分钟)

物理模型(注意物理建模思想的说明),如图 11.36 所示。

教学方法:视频、图片引入讨论。

设计意图:以问题和视频激发学生的好奇心,贴近生活。

教学方法:讲授法,讨论法,对比法。

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

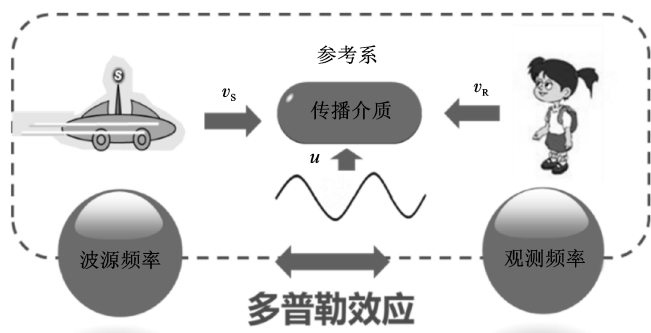


图 11.36 物理模型

由实际的实验场景进行物理抽象和推广，建立分析多普勒效应的物理模型，给出多普勒效应的定义。

多普勒效应：波源、观察者、传播介质间的相对运动会带来波的观测频率与波源频率产生差异的现象叫多普勒效应。

【引出思考】多普勒效应中变化的频率是哪种频率，它是如何定义和确定的呢？

◆ 知识深化[15 分钟]

【场景设置】鸣笛的警车与一驾驶员相向而行。

这个场景里涉及两个频率，一是警车警笛自己的发声频率，二是驾驶员听到的警笛的发射频率。

【设问】如何区分、定义这里警笛自身的频率和驾驶员听到的频率？

【分析】如图 11.37 所示，警笛自身的发声频率就是波源频率。观测频率的测量过程中还可以聚焦某一固定质元进行测量吗？答案是否定的，我们需要从振动状态的角度来理解观测频率的定义。设在零时刻，观察者接收到一个振动状态，用蓝色点标识；一秒后，观察者向左运动到 A，波向右运动到 B 的距离，一系列振动状态经过观察者，其中与零时刻振动状态相同的状态都用蓝点标识，则经过观察者蓝点的个数即为观测频率的大小。从而得出观测频率的定义。（过程中，学生在老师引导下参与分析观测频率的定义方法）

教学方法：图形动画法，讲授法，逐步递推法。

设计意图：通过图形动画帮助学生理解观测频率的概念。通过接受波列长度和观测波长的详细说明帮助学生逐步理解观测频率的计算方法。

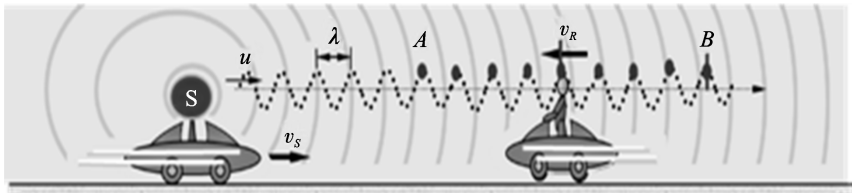


图 11.37 场景设置图

观测频率定义：单位时间内通过接收器的相同振动状态是数目，即单位时间内连续通过接收器的完整波的个数。

计算公式:

$$\nu_R = \frac{L}{\lambda_R}$$

式中, L 是单位时间内观察者接收的波列长度; λ_R 是观测到的波长。

【设问】上述的 L 和 λ_R 如何确定呢? 它们和相对运动的关系如何呢?

【分析】

(1) 波列长度。

结合波速的知识, 与学生一起讨论接受波列长度的计算(见图 11.38)。

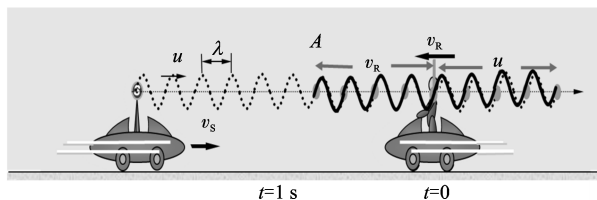


图 11.38 分析(1)图

观察者静止: $L = u$ 。

观察者与波相向运动: $L = u + v_R$ 。

观察者与波背向运动: $L = u - v_R$ 。

【提示】与波源运动与否无关。

(2) 观测波长。

利用动画和图片, 引导学生定性理解波源运动对波长测量的影响(见图 11.39)。

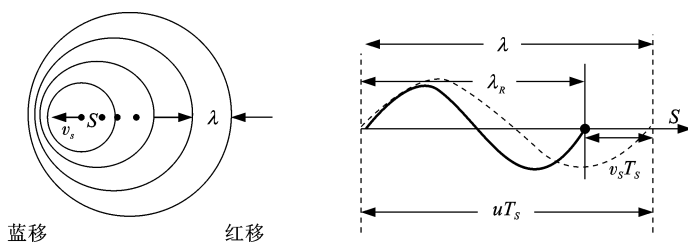


图 11.39 分析(2)图

说明观测波长的定量计算。

波源静止: $\lambda_R = \lambda = uT_s$ 。

迎着波源运动方向: $\lambda_R = uT_s - v_sT_s$ 。

背着波源运动方向: $\lambda_R = uT_s + v_sT_s$ 。(设置为随堂练习, 学生自己确定)

◆ 课堂检测(5 分钟)

利用之前所学概念知识, 引导学生讨论观测频率计算的最后结论。设置几种不同的相对运动情况, 利用雨课堂的随堂测试或请同学到黑板上写出在各种不同相对运动情况下的观测频率的计算结果, 并对讨论做最后总结归纳, 给出相对运动方向与波源和观测者连线方向一致时多普勒效应的

教学方法: 知识检测法。

设计意图: 通过让学生在前面所学知识的基础上计算在不同情况下的观测频率, 加深学生对这一知识的理解。检测学生理解的效果。

最后结论:

$$\nu_R = \frac{u \pm v_R}{u \pm v_s} \nu_s$$

将理论结果与之前的实验结果逐一做对比,使学生深入理解多普勒效应理论。

◆ 知识拓展(1 分钟)

【引出思考】作为课后思考,如图 11.40 所示,如果波源、观察者的运动方向不在两者的连线方向上,还有多普勒效应吗?观测频率还可以用上面的分析方法进行计算吗?(课后在雨课堂班级中发布)

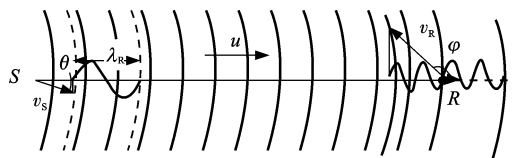


图 11.40 引出思考图

接收波列长度: $L = u - v_R \cos \varphi$ 。

观测波长: $\lambda_R = (u - v_s \cos \theta) T_s$ 。

观测频率: $\nu_R = \frac{u - v_R \cos \varphi}{u - v_s \cos \theta} \nu_s$ 。

◆ 知识练习(5 分钟)

【例题】如图 11.41 所示,一静止声呐发出频率为 ν_0 赫兹的探测声波,被一以速度 v 向左运动的潜艇反射。设水中的声速为 u ,求声呐接收到的回波的频率。

(请同学上讲台讲解例题求解过程)

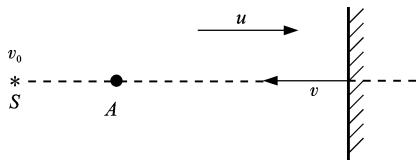


图 11.41 例题图

解:

$$\nu_{\text{反射面}} = \frac{u+v}{u} \nu_0$$

$$\nu_{\text{回}} = \frac{u}{u-v} \nu_{\text{反射面}}$$

$$\nu_{\text{回}} = \frac{u+v}{u-v} \nu_0$$

以此例题引申介绍黄旭华的光荣事迹,使学生深刻体会老一辈对科学研究的孜孜以求的境界和对国家无私奉献的精神。

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

教学方法:讲授法。

设计意图:巩固学生的所学知识,加强学生知识的应用能力。

科学前沿(5 分钟)

介绍多普勒效应在原子激光冷却技术中的应用(见图 11.42)。

为达到冷却原子的目的,需要减缓原子的热运动。为此利用一对激光照射原子,激光频率略小于原子跃迁频率。由多普勒效应可以分析得出原子只可能吸收迎面而来的光子,获得与自身运动方向相反的动量,从而达到减速的效果,即多普勒效应在原子冷却中的基本原理。当用多束对激光照射,就可以从不同方向对原子减速,达到原子冷却的效果。

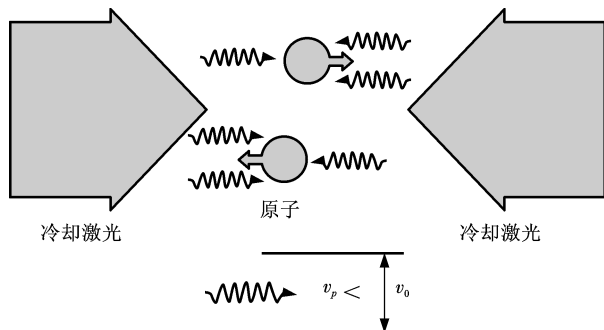


图 11.42 多普勒效应在原子激光冷却技术中的应用

作为冷原子技术的重要结果——原子钟是我国北斗卫星导航系统的核心技术之一。国家高瞻远瞩,大力支持发展并取得成功。对学生展开思政教育,激发学生对科学技术的热情和国家自豪感。

归纳总结与作业布置(5 分钟)

(1) 总结。(总结过程由学生为主导,老师参与完成)

①多普勒效应的基本原理和计算的结论。

②学生自由发表自己这节课的启发和思考,将多普勒效应中“对同一波源,以不同速度运动的观察者会测出不同频率”的现象与“同一社会,以不同态度面对的人会得到不同的回应”做类比。学生内化所学知识,除了形成应用能力外,进一步提高情感素养。

(2) 作业。

①课后讨论。

【引出思考】利用前面的多普勒效应公式,推算发现如果波源的运动速度大于波速,会得到一个负的观测频率,这种情况如何解释呢(见图 11.43)?(课后在雨课堂班级中发布)

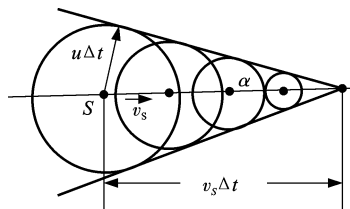


图 11.43 课后讨论图(1)

教学方法: 图片说明。

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

设计意图: 总结梳理,巩固消化。理论与实际相结合。

引导学生在此情景下讨论波面的传播特征，理解冲击波、马赫锥等概念，进一步了解冲击波的危害和应用(见图 11.44)。

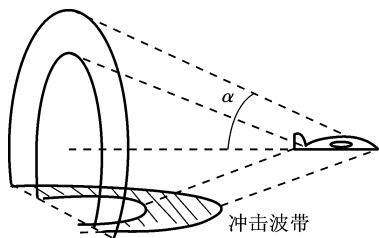


图 11.44 课后讨论图(2)

- ②练习册作业。
- ③预习光的干涉章节中的杨氏双缝干涉。

◆ 板书设计

板书设计如图 11.45 所示。

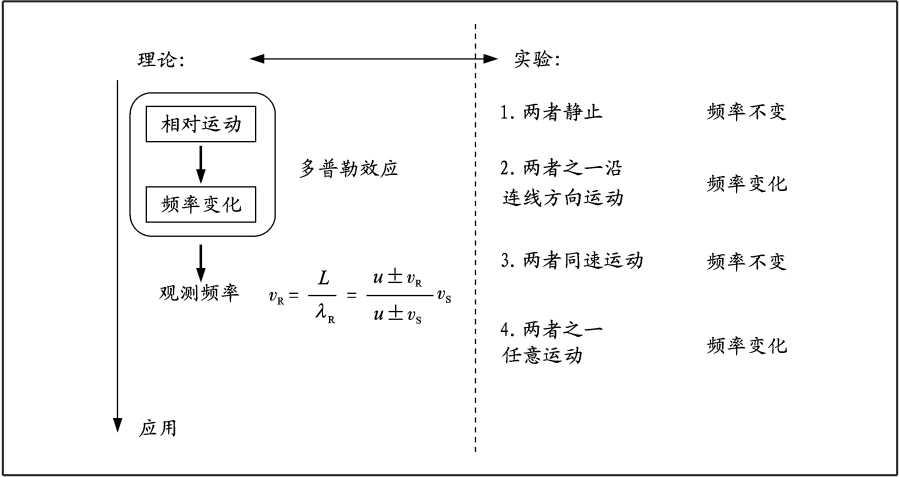


图 11.45 板书设计

教 学 后 记

本节课以直观的课堂演示实验作为展开，观察现象，设置问题，巧妙引入教学内容，贴近生活同时又创造了新奇、探索的教学情境。通过问题将学生的注意力牢牢吸住，激发学生的学习兴趣和求知欲。围绕问题，通过严密的逻辑关系，将知识内容层层推开。在此过程中积极设问、讨论，促进师生互动，充分发挥老师的主导作用和学生的主体作用。通过知识应用和前沿知识，加深学生的知识理解和印象，促进学生进一步探索科学新前沿的热情。通过课堂讨论、例题应用、学生神态，了解学生对知识的掌握程度，步步跟进，效果较好。通过课后作业、课后讨论，巩固课堂所学知识并加强课堂知识的难度，进一步拓展课堂知识的边界，让学生在作业和讨论中体会课堂知识。通过课堂知识与社会问题、人生历程做类比，激发学生的爱国热情和积极向上的人生态度，起到了较好的思政教育效果。

不足之处：课堂中对电磁波的多普勒效应的说明相对笼统。由于学生还没有学习相对论知识，所以光的多普勒效应的结论的引入在细节上有一点突兀。今后应将各章节内容的教授次序做相应调整。