

教学论坛

自制几何画板动画开展“多普勒效应” 教学的实践与思考

胡名翔 (上海交通大学附属中学 上海 200439)

摘要 文章介绍了基于几何画板搭建“多普勒效应”动画的具体方法，并以课堂教学为例，说明了动画可以从课堂引入、成因分析、船波理解、导图归纳等角度帮助学生学习多普勒效应。最后，对信息化应用于物理教学作了一定的探讨。

关键词 几何画板 多普勒效应 信息化教学

文章编号 1002-0748(2024)9-0007

中图分类号 G633·7

文献标识码 B

《普通高中物理课程标准(2017年版2020年修订)》(下称《新课标》)提出“要设计各种学习活动让学生利用信息技术提升物理学习能力”，如“利用手机等信息技术工具便捷地解决某些物理学习问题”^[1]。物理教学中，一些内容比较抽象，涉及时间空间的演进，可以利用信息化软件加以突破。几何画板是一款经典的动画软件，具有直观性强、互动性高的特点^[2]。课堂上可以利用几何画板开展教学，加深学生对规律的理解。

多普勒效应^[3]是波的特性之一，涉及多个物体，较为抽象。教材的插图静态呆板，学生难以想象传播过程，不利于开展动态分析。传统视频动画又缺少互动性，学生以看为主，不利于开展全方位探究。此外，《新课标》对“多普勒效应”的定位是“认识”“解释成因”“举例应用”，即定性层面即可，但上海交通大学附属中学的部分学生能力较强，具备定量研究的意愿和基础，所以在教学过程中既要保证基础性，落实课标要求，又要突出衔接性，促进个性发展。

基于几何画板自制多普勒效应动画，在课堂上让学生充分探究，理解多普勒效应的成因，为解释生产生活中的应用打下基础。

1 几何画板动画的搭建

1.1 波源不动的扩散动画

打开几何画板，右击鼠标，显示“方形网格”。

(1) 在 $+x$ 轴上任意选取一点，记为 A，将其与原点 O 用线段连接。

(2) 点击线段 OA，点击“构造”“线段上的点”，记为 F。重复上述步骤，得到另一个点，记为 S。

(3) 依次点击 S、F，点击“度量”“距离”，得到“SF=5.11 厘米”。点击 S、F，点击“度量”“横坐标”，得到“ $x_S=2.17$ ”“ $x_F=7.28$ ”。

(4) 点击“度量”—“计算”，依次点击“SF=5.11 厘米”“*”(乘号)，然后点“函数”—“sgn”，再点“ $x_F=7.28$ ”“-”(减号)“ $x_S=2.17$ ”“)”。得到一个长度值。

(5) 点击该长度值和原点 O，点击“构造”—“圆心和半径画圆”。

(6) 点击此圆和点 S，点击“构造”—“轨迹”，点击轨迹并右键，在“属性”栏中修改采样数量为 15。

(7) 拖动点 S 使之与原点重合。向外拖动 F，可以看到波扩散。选中“点 F”，点击“编辑”—“操作类按钮”—“动画”构造匀速运动动画，生成动画按钮，点按后能模拟波匀速向外扩散，如图 1 所示。

假想 x 轴上某处有一观察者，可以模拟观察者不动、波源不动的情况。

以上动画，下称“动画一”。

1.2 波源运动的扩散动画

在前面步骤(3)之后，按以下步骤进行。

(4) 在 y 轴正半轴选一个点 E，点击“度量”—“纵坐标”，得到“ $y_E=1.66$ ”。

(5) 点击“度量”—“计算”，依次点击“SF=5.11 厘米”“*”(乘号)，然后点“函数”—“sgn”，再点

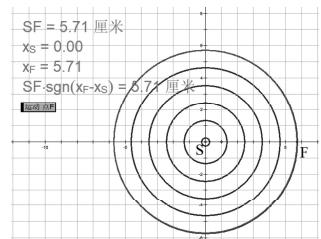


图 1 波源不动时的动画

“ $x_s = 7.28$ ”“—”(减号)“ $x_F = 2.17$ ”“)”“*”(乘号)“ $y_E = 1.66$ ”。得到一个长度值。

(6) 点击该长度值和点 F,点击“构造”—“圆心和半径画圆”。

(7) 点击此圆和点 F,点击“构造”—“轨迹”,点击轨迹并右键,在“属性”栏中修改采样数量为 15。若拖动 F,可以发现圆随之而变,点 F 是圆处波形被发出时波源的位置。

(8) 向外拖动 S,可以看到波源运动且波在扩散。选中“点 S”,点击“编辑”—“操作类按钮”—“动画”构造匀速运动动画,生成动画按钮,点按后能模拟波源运动时波的向外扩散。

假想 x 轴正半轴/负半轴上某处有一观察者,可以模拟观察者不动、波源靠近/远离的情况。

说明:若 y_E 小于 1,则能看到马赫锥[如图 2(b)所示]。

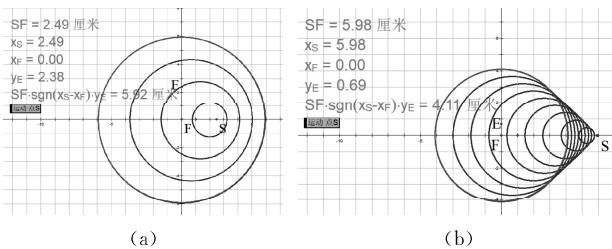


图 2 波源运动时的动画[(a) 波源运动小于波速,(b) 波源运动大于波速]

以上动画,下称“动画二”。

1.3 观察者运动的动画

点击 x 轴,点击“构造”—“线段上的点”,记为 P。选中“点 P”,点击“编辑”—“操作类按钮”—“动画”构造向左或向右的匀速运动动画,生成动画按钮,点按后能模拟观察者运动。

与“动画一”组合,可以实现波源不动、观察者靠近/远离的情况;与“动画二”组合,可以实现波源和观察者都运动的情况,供学生拓展研究。

2 教学中的应用

“多普勒效应”这节课是“机械波”单元的最后一课,从观察者接收波的角度完善学生对波的认识,需要用到机械波的产生、传播等规律。根据《新课标》和学情,本节课的重点是形成对多普勒效应的认识并能列举应用实例,难点是解释其成因。

课堂以救护车视频引入,通过现场的手机实验测量和概念辨析,学生明确了“波源频率”和“接收频率”,进而围绕这两个频率的大小关系来认识多普勒

效应。沪科版的教材^[4]提及数波峰数的方式来比较两个频率,这是因为在均匀介质中传播的波形,可以直观呈现频率的变化。利用几何画板的动画,可以将波形直观、生动地展现。

根据学生情况,可以利用动画开展多普勒效应的探究或者验证教学。

2.1 动画说明,定性观察

教师下发文件,说明动画内容,引导学生操作、定性观察波的传播情况。

学生在日常生活中见过水面上波纹扩散,但稍纵即逝,难以留下清晰的物理图景,而通过“动画一”,学生可以反复观看波源不动时波的传播情况,印证教材上提到的“同心圆”。

对于波源运动时波的传播情况,学生日常经验较少,从教材的配图上也难以想象具体的变化过程,而通过“动画二”,学生能获得直观印象。波源缓慢运动时,波源后侧的波峰间距变疏,波源前侧的波峰间距变密[如图 2(a)所示]。

说明:学生自己操作电脑,每位同学能够清楚地看到波的传播过程,为后续教学打下基础。

2.2 逐帧分析,计数比较

学生可以用拖动关键点、点击动画按钮的方式,实现逐帧、动态分析。

课堂上,师生共同观察动画、阅读教材,通过讨论,可以在同一时间内用数波峰数的方法确定“波源频率”和“接收频率”。从而明确计数方案:学生两人一组,一人盯着波源、一人盯着观察者,当波峰发出并经过时计数“1, 2, 3, ……”。经过相同时间,比较数目,进而分析两个频率的大小。

学生分组后,自主开展研究。教师通过共享文档引导学生列表汇总各组情况,然后得出规律。例如,根据波源和观察者的位置、运动情况分成表 1 中的 9 类,再根据相对运动归纳成 3 类,分析得出多普勒效应。

表 1 波峰数的比较

波源运动情况	观察者相对于波源的位置及运动情况	两者相对运动	波源发出波峰数	观察者接收波峰数	波源频率与接收频率关系
不动	在右侧,不动	静止			
向右	在右侧,不动	靠近			
向左	在右侧,不动	远离			
向右	在左侧,不动	远离			
向左	在左侧,不动	靠近			
不动	在右侧,向左	靠近			

续表

波源运动情况	观察者相对于波源的位置及运动情况	两者相对运动	波源发出波峰数	观察者接收波峰数	波源频率与接收频率关系
不动	在右侧,向右	远离			
不动	在左侧,向左	远离			
不动	在左侧,向右	靠近			

一些学生希望讨论波源、观察者都运动的情况,限于课堂时间,可以让学生课后开展类似问题的研究,教师可以给予一定的帮助。

说明:分组活动,既鼓励了学生动眼、动口、动脑,又能够在较短的时间内搜集尽可能多的情况,使学生体会到规律的普适性。

2.3 分类作图,介绍船波

针对波源运动时波的传播情况,根据波源运动速度和波的传播速度大小关系,学生自主在几何画板中绘制有关图形(如图2所示),并进行课堂交流。

教材中介绍了音障、船波的例子,教师可以用照片展示:当船从水面上疾驰而过,背后留下了扇形的形状。有了前面自己绘制图形的经历,学生可以进一步分析扇形产生原因及顶角的大小。容易发现:波速确定时,波源运动快于波速时,会出现扇形;波源动得越快,顶角越小。这个过程,也可以利用几何画板进行模拟,只需要改变“动画二”中E点的纵坐标即可[如图2(b)所示]。

说明:“音障”等学生耳熟能详的名词,用课堂所学进行解释,可以让学生加深对规律的认识,培养学生应用物理观念解释现象、解决问题的能力。

2.4 形成导图,定量推演

通过计数活动,学生们能够发现,“波源不动、观察者靠近”与“观察者不动、波源靠近”这两种情况均能引起接收频率大于波源频率,但是具体的原因并不相同。通过讨论,学生发现:波源的运动改变了波峰间距(即接收的波长),而观察者运动改变了接收的波速,形成如图3所示的思维导图。

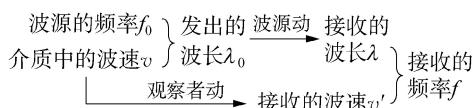


图3 接收频率的影响因素

对于能力较强的同学,基于这个思维导图,可以进一步再定量分析两个频率之间的关系。例如,对于波源不动、观察者运动的情况,可以转化为相邻波

峰与观察者的相遇问题,在图中适当标注后计算。

说明:用导图的形式总结思维过程,有利于学生形成结构化的理解,同时,这一导图也为分析相对论条件下的多普勒效应提供了方向。

3 信息化教学的思考

3.1 物理为主,软件为辅

信息化教学应该为物理教学服务,以学生的经验认知为基础,通过信息化手段,唤醒学生的经验,并转化成课堂的材料,进而生成课堂内容。画板软件,可以帮助定格动态的过程,凸显学习的细节,使学生真正成为学习的主人。

例如,本节课中,学生通过观看救护车的视频和课堂上的手机实测频率,形成了新旧知识之间的联结;通过画板软件动态分析,加深了对物理规律的理解。

3.2 任务清晰,操作容易

信息化界面应该照顾到每位同学的上课感受,可以通过屏幕共享等功能,让学生能够看清楚波传播时的同心圆,避免因视角原因而误以为椭圆。同时,可视化软件的交互性强,学习任务清晰、明确,使学生在轻松的环境中愉悦地学习。

例如,本节课中,通过师生讨论,形成了具体的学习任务和方案;基于软件动画,开展小组合作,有利于学生自主发现多种情况,并分析多普勒效应的成因。

3.3 注重衔接,引导拓展

信息化手段能够帮助个性化教学,用更开放的方式引导学生自主探索,使有能力的同学提出新的问题,教师在课后给予必要的指导。如此,在课堂上,既能够关注全体学生的基础教学,又能为学有余力的同学留有拓展的空间。

例如,本节课中,动画软件的开放度高,不同能力的学生在分析动画的过程中能获得适合自己的学习材料,在不同难度的情境中发展物理学科核心素养。

参考文献

- [1] 中华人民共和国教育部.普通高中物理课程标准(2017年版2020年修订)[S].北京:人民教育出版社,2020.
- [2] 皮秀春.数字化在物理教学实践中的应用[J].现代教学,2023(17):80—81.
- [3] 朱海英.基于核心素养的教学设计——以“多普勒效应”教学为例[J].物理教学,2019(12):16—20.
- [4] 蒋最敏.普通高中教科书 物理(选择性必修一)[M].上海:上海科学技术出版社,2023.