

再谈多普勒效应

王心芬

(巢湖师专物理系 安徽 238000)

多普勒效应是指当波源和接收器之间有相对运动时,所接收到的频率不等于波源振动频率的现象.一般的普通物理教材只研究波源和接收器沿二者连线运动时的情形,即纵向多普勒效应.对波源和接收器沿任意方向运动没有做深入研究.本文力图从频率的定义单刀直入,来推导机械波多普勒效应的普遍公式.

一、多普勒效应中三种频率的意义

多普勒效应中涉及到的三种频率是波源的振动频率 ν_S , 波的频率 ν 和接收器的接收频率 ν_R . ν_S 的意义是波源单位时间内所发出的波的个数, ν 的意义是媒质质元的振动频率或单位时间内通过波线上一点的波的个数, ν_R 的意义是单位时间内接收器收到的波的个数.

由各频率的意义可知,当波源和接收器都静止时,三种频率均相等, $\nu_S = \nu = \nu_R$; 当波源和接收器都运动时,三种频率均不相等, $\nu_S \neq \nu \neq \nu_R$. 我们的目的就是要找出 ν_S 与 ν_R 之间的关系,即多普勒效应频移公式.

二、多普勒效应的普遍公式

设波源 S 为点波源,其振动频率为 ν_S . 则 S 发出的振动以球面波的形式在空间传播,其传播速度为 V , R 为接收器,接收频率为 ν_R . 以媒质为参考系,波源和接收器相对

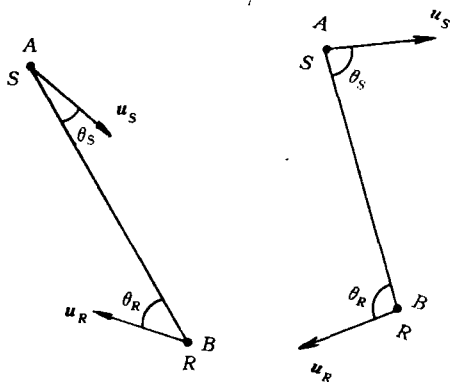


图 1

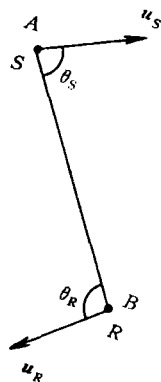


图 2

于媒质的运动速度分别为 \vec{u}_S 和 \vec{u}_R . 设某一瞬时 t , 波源 S 和接收器 R 分别运动到 A 点和 B 点, 在该瞬时, \vec{u}_S 和 \vec{u}_R 与 S 和 R 的瞬时连线 AB 之间的夹角分别为 θ_S 和 θ_R , 见图 1. 又设在 t 时刻以后的极短时间 Δt 内, 波源 S 发出 ΔN 个振动, 由波源的振动频率定义得

$$\nu_S = \Delta N / \Delta t \quad (1)$$

由于波源和接收器之间的相对运动,接收器接收到 ΔN 个振动所需的时间不等于 Δt , 设为 $\Delta t'$, 则由接收频率的定义得

$$\nu_R = \Delta N / \Delta t' \quad (2)$$

假设波源 S 静止, 则这 ΔN 个振动在媒质中沿任意波线方向展开的波列长度为 $V \Delta t$, 但波源 S 在以 \vec{u}_S 速度运动, 所以这 ΔN 个振动在媒质中沿 AB 连线展开的波列长度为

$$l = (V - u_S \cos \theta_S) \Delta t \quad (3)$$

假设接收器 R 静止, 则波列以速度 V 入射, 但接收器 R 以 \vec{u}_R 速度运动, 所以该波列就以 $(V + u_R \cos \theta_R)$ 的速度 (沿 AB 连线) 入射, 那么接收器接收这 ΔN 个振动所需要的时间为

$$\Delta t' = l / (V + u_R \cos \theta_R)$$

将(3)式代入

$$\Delta t' = \Delta t (V - u_S \cos \theta_S) / (V + u_R \cos \theta_R)$$

再由(1)、(2)两式得

$$\nu_R = \frac{V + u_R \cos \theta_R}{V - u_S \cos \theta_S} \nu_S \quad (4)$$

(4)式就是波源和接收器沿任意方向彼此接近地运动时的多普勒效应公式. 如果波源和接收器沿任意方向彼此远离地运动时(见图 2), 同理可以推导出 ν_S 与 ν_R 之间的关系为



类比、比喻和比较在物理学中的应用举例

朱海星

(扬州师范学校 江苏 225002)

类比法也称类比推理,即根据两个对象某些属性的相同,推出它们的其他属性也可能相同的间接推理.类比推理包括横向类推和纵向类推.例如惠更斯(1629—1695)在1690年出版的《论光学》专著中运用类比推理,分析光和声波的一系列相同性质,如直线传播、反射、折射、干涉,从而得出结论“光可能有波动性质”.在“从对称性看世界”(1995年本刊第5期)一文中则运用纵向类比,从时空对称性、内部对称性到超对称性,勾勒出一幅清晰的物质世界对称性质及若干复杂的物理规律的图景,使读者由浅入深掌握或了解了有关对称性的重要作用.

比喻是修辞学上的辞格之一.思考的对象同另外的事物有了类似点,就用另外的事物来比拟思考的对象,叫比喻.比喻的成立,实际上要共有思考的对象、另外的事物和类似点三个要素,因此形式上就有本体、喻体和比喻词三个成分.例如,“从对称性看世界”中介绍SU(3)幺正对称性理论,用门捷列夫元素周期表来比喻,这是因二者之间存在类似点,而前者较难理解,不能为多数人简要掌握其实质,故借喻体——大多数人熟知的元素周期表来比喻.

比较是确定事物同异关系的思维过程和方法.根据一定的标准把彼此有某种联系的事物加以对照,从而确定其相同与相异之点,便可以

对事物作初步的分类,但只有在对各个事物的内部矛盾的各个方面进行比较后,才能把握事物间的内在联系,认识事物的本质.例如人造地球卫星绕地球运动的宏观现象与氢原子核外电子绕核运动的微观现象十分相似,但通过比较可知两者的质的区别,如不连续定态、跃迁等.又如,电子跃迁会放出光子,与自由落体势能转化为动能,看起来不同,但通过比较可看出,二者都是能量转化守恒的过程,从而比较出相似点.

比喻和类比有很多相似之处.它们都是从两类不同事物之间找出某些相似关系的思维方法,且相似对象是在某些方面彼此一致,并能在两类实质截然不同的事物之间进行.通过类比或比喻,无论异同,都可以借助于已知的熟悉对象达到对未知的生疏对象的某种理解和启发,起到由此及彼,触发联想,求同存异的作用.它们不能像逻辑论证那样证明必然性,但可为新内容的阐述提供依托的支持,使对十分陌生的东西形成形象的感知和有个定性的了解,或者说产生“似曾相识”的感觉.在现代物理知识中,一个恰当的类比能使人理解深奥的知识.例如计算核反应能的两种方法中,一种是用质量亏损计算,另一种是用平均结合能计算,但后者在若干示例中计算结果总大于前者.为了

连线是某一时刻 t 波源 S 和接收器 R 的瞬时连线, $u_R \cos \theta_R$ 和 $u_S \cos \theta_S$ 正是 \vec{u}_R, \vec{u}_S 在该瞬时连线上的投影.不同瞬时, θ_S 和 θ_R 的值不同,所以 v_R 与 v_S 的定量关系就不同,即 v_S 与 v_R 是一个瞬时关系.所以说,多普勒效应不但与波源和接收器的运动速度有关,而且还与波源和接收器的相对位置(用 θ_S, θ_R 表征)有关.

$$v_R = \frac{V - u_R \cos \theta_R}{V + u_S \cos \theta_S} v_S \quad (5)$$

(4)(5)两式即为普遍的多普勒频移公式.

综上所述,直接由频率的定义推导多普勒公式,概念清晰,教学中学生易于理解和掌握.

在普遍公式的推导过程中可以看出, AB