浅析物理学科中的近似思想

何紫茹

1. 湖南科技大学 物理与电子科学学院;

2. 湖南科技大学 智能传感器与新型传感材料湖南省重点实验室

摘　要：物理学中蕴含了许多近似思想，基于近似思想我们往往可以对实际物理问题进行一定的近似处理，略去次要因素，抓住问题的主要矛盾，从而可以更好地揭示事物的物理本质和共性特征，同时也使这些复杂问题简单化。因此，掌握好好近似思想是学好物理和从事物理科学研究的重要前提。本文通过分析几个经典物理问题中所采用的近似思想，从而揭示物理问题研究中采用近似处理的一般范式，进而阐述近似思想在物理学科学习中的重要性。本文的研究为学生学会用近似思想来分析问题和解决问题提供重要参考。

关键词：物理学；近似思想；物理本质

【DOI】10.12252/j.issn.2096-627X.2024.04.056

引言

物理学是一门研究物质的基本结构属性和最一般的运动规律的学科，在整个自然科学中具有重要地位。物理学中蕴含着许多科学思想和方法，其中近似思想是我们研究物理问题的基本思想方法之一，是我们观察物理现象、开展物理实验、构建物理模型、推导物理规律、解决物理问题时常采用的方法。在面对复杂的物理问题时，采用近似思想往往可以将复杂的物理问题简单化。在物理的学习中，掌握好近似思想就可以对实际的问题进行合理地近似，这既可以提高学生解决问题的能力，也可以促进学生思维能力以及创造力的提高。因此，近似思想是物理学习的必备素养[1]。

物理学的发展和建立离不开近似思想。在这么多年的物理学习中，我们发现虽然物理学有很多严密的公式推导，但物理学中却到处体现着近似方法和近似思想，比如在单摆问题中的角度的近似，在电磁学中的远场近似等等，这些不精确的地方就是运用了近似思想来分析物理问题。近似思想在物理学中的应用简化了很多物理问题，也将很多不能求解的问题在一定的条件下可以简单表示出来。本文通过物理学中一些经典的问题来探讨近似思想在物理学科学习中的重要性，旨在引导学生学会用近似思想来分析问题和解决问题。

一、物理模型中的近似思想

（一）质点模型

质点模型是我们物理学习过程中接触到的第一个理想模型，也是近似思想运用的典型例子，是我们物理学习中较早接触近似思想的地方。何为质点？即在研究物体的运动时，若只关注物体的整体运动，且物体的大小比其运动轨道的线度小得多的情况下，可以将这个物体看作质点。也就是说，如果我们所讨论的空间尺度远大于物理本身的线度，物体各部位的运动差异我们可以将其忽略，整个物体可以用一个没有大小的点来代替，即为质点。这个过程就运用了近似思想。什么时候我们可以用质点模型，什么时候又不能用呢？例如，我们知道太阳相比地球而言体积是巨大的，因此我们在研究地球公转时，可以将地球看作质点，但是我们在研究地球自转时，由于是研究地球自身的运动性质，就不能将其看作质点了。质点模型是我们物理学习过程中学习的第一个理想模型，这是实际问题近似后的结果。理想模型[2]的提出就是为了研究方便而建立起来的，这是对一个客观的事物只考虑主要因素而忽略其次要影响因素的一种简化。那下面我们再介绍一种理想模型----理想气体模型。

（二）理想气体模型

理想气体模型是热力学部分最重要的物理模型之一，同样也是近似思想的最好例证。在学习热学中，我们知道真实气体它满足一个方程--范德瓦尔斯方程：$(p+\frac{a}{V_m^2})(V_m-b)=RT$。实际上这个方程是比较复杂的，我们在后面研究各种热力学过程中求系统所做的功时应用这个方程就会给我们带来较大的不便。那为了简化问题，物理学家提出了理想气体的物理模型。引入理想气体的过程中我们同样也运用了近似思想。主要的近似有：第一，将理想气体的分子看作质点，它有质量但没有体积，因此可以将范德瓦尔斯方程中的b忽略掉。第二，每个气体分子的运动都看作是独立的，也就是说与其他气体分子无相互作用。第三，气体分子只与器壁发生弹性碰撞，这两点的近似我们可以忽略范德瓦尔斯方程中的$\frac{a}{V_m^2}$，因此最后我们可以得到理想气体的状态方程$pV_m=RT$。在提出这个模型的过程中，近似思想起到了重要的作用，这能帮助我们能抓住主要矛盾，而忽

略次要因素，可以更好地让我们认识到物理的本质。

二、小量处理上的近似思想

近似思想更多的还是体现在处理物理问题中的小量的近似上，即做近似计算。接下来我们来举几个物理学中要小量近似的例子来阐述如何利用近似思想来解决此类问题。

（一）杨氏双缝干涉实验

托马斯-杨的双缝干涉实验是验证光的波动性的重要实验。如图1所示，将在一单色光光源前面放一单缝S，在S的前方，再放一个开有双缝S_1和S_2的屏。S_1和S_2彼此相距很近，且到S等距。单色光在通过单缝S后，经过对称的双缝S_1、S_2时，在光屏上产生等间距的明暗相间的条纹。

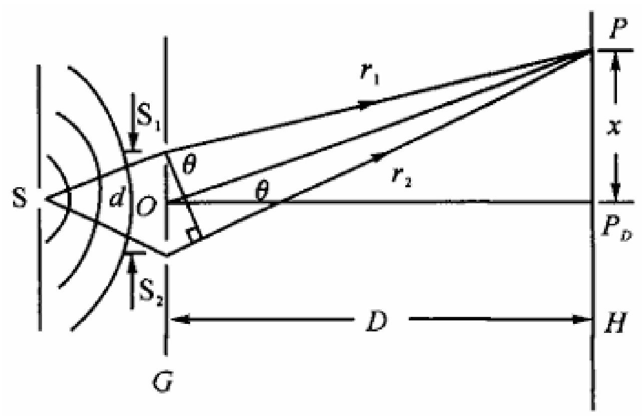

图1 杨氏双缝干涉实验原理图

对于光屏上的任意一点P，经过双缝S_1和S_2后的光程为r_1和r_2，则光程差为$\Delta=r_2-r_1$。P点的干涉角度为θ，由于$d\ll D$，$x\ll D$，即θ角很小，因此我们作近似计算，有$\sin\theta\approx\tan\theta$，所以有：

$$\Delta=r_2-r_1\approx d\sin\theta\approx d\tan\theta=\frac{xd}{D}\ (1)$$

我们从波动的理论可知：如果$\Delta=\frac{xd}{D}=\pm k\lambda$，此时P点处出现明条纹；如果$\Delta=\frac{xd}{D}=\pm(2k+1)\frac{\lambda}{2}$，此时我们可求出相邻明暗纹间的距离是等间距的。我们从实验测的数据来看这个结论是比较符合的，因此我们这里的小量近似：$sin\theta\approx tan\theta$是合理的，且这一步也是十分关键的，如果我们不这样做近似，最终得到的这个结果不会像（1）式这样简单，这样我们可以发现近似计算给我们很大的便利。

（二）电偶极子

电偶极子是在研究电介质的极化、电磁波的发射和吸收以及中性分子之间的相互作用等问题时都要用到的重要物理模型。电偶极子就是在空间中有一正一负两个大小相等的点电荷，它们间的距离为**l**，在这个电荷系统中我们引出了一个新的物理量叫电偶极矩：$\boldsymbol{p}=q\boldsymbol{l}$，其中**l**的方向为从负电荷指向正电荷。电偶极矩这个量可以很好反映一个分子极性的大小，而在化学上来说，极性的不同会导致分子的熔沸点，溶解度都会有所差异，因为极性的不同会导致分子间的作用力的大小会有所不同，而这个作用力很大部分是与电场力有关系的，因此我们需要来研究电偶极子的电场、电势、电势能等物理量，在这个研究过程中近似思想起到了十分重要的作用，也是我们要经常用到近似计算。我们先考虑电偶极子[3, 4]的两种特殊位置的电场。

1. 电偶极子轴线延长线上任一点的电场强度

如图2所示，设电偶极子轴线的延长线上某一点P的电场强度为E_1，我们选取电偶极子轴线的中点为原点O，则P点的坐标为（x，0）。

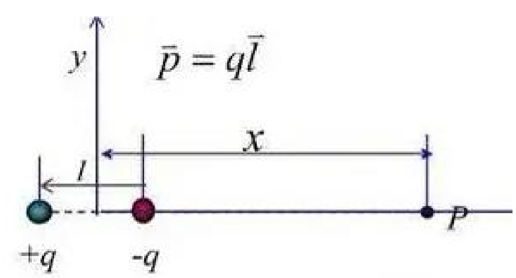

图2 电偶极子轴线延长线示意图

我们由点电荷所激发的电场公式$E=\frac{q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$可求出+q和-q在P点所激发的总电场强度为：

$$E_1=\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{-q}{\left(x-\frac{l}{2}\right)^2}+\frac{q}{\left(x+\frac{l}{2}\right)^2}\right)\ (2)$$

这个式子看起来十分复杂，但是近似思想可以帮助我们来将公式（2）来进行简化，在电偶极子模型中我们通常考虑的是远场情况，即$x\gg l$，此时我们不能说这里的l就是小量，我们将其忽略，那一定得不到正确的答案，我们应该将其化为$\frac{l}{x}\ll 1$，此时我们说$\frac{l}{x}$是一个小量。由这个条件我们对公式（2）中的$\frac{-1}{\left(x-\frac{l}{2}\right)^2}+\frac{1}{\left(x+\frac{l}{2}\right)^2}$来进行近似简化，在这个近似过程中我们要用到高数中的等价无穷小的知识来将式子进行化简：$\frac{-1}{\left(x-\frac{l}{2}\right)^2}+\frac{1}{\left(x+\frac{l}{2}\right)^2}=-x^{-2}\left(1-\frac{l}{2x}\right)^{-2}+x^{-2}\left(1+\frac{l}{2x}\right)^{-2}=-x^{-2}\left(1+\frac{l}{x}\right)+x^{-2}\left(1-\frac{l}{x}\right)=-\frac{2l}{x^3}$，此时我们得到P点的总

电场强度$E_1=-\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{2ql}{x^3}=-\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{2p}{x^3}$，其中负号表示沿着x轴的负方向，即与电偶极矩p的方向一致。

2.电偶极子轴线中垂线上任一点的电场强度

接下来我们计算电偶极子轴线的中垂线上任一点的电场强度，如图3所示，设电偶极子轴线的中垂线上任一点P的电场强度为E，P点的坐标为（0，y），电荷+q和-q所激发的电场E_+和E_-大小相等，方向不同。

我们根据矢量合成可以得到：

$$E=2E_+\cos\alpha=\frac{2}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q}{y^2+\frac{l^2}{4}}\frac{\frac{l}{2}}{\sqrt{y^2+\frac{l^2}{4}}}=\frac{p}{4\pi\varepsilon_0}\left(y^2+\frac{l^2}{4}\right)^{-\frac{3}{2}} \quad (3)$$

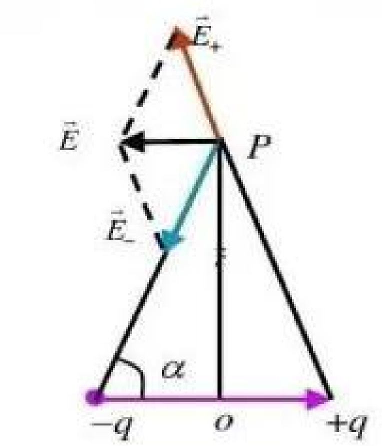

图3 电偶极子轴线中垂线示意图

同样我们利用小量近似来对公式（3）来进行化简，同样考虑远场条件，即$y\gg l$，此时我们同样将其化为$\frac{l}{y}\ll 1$，我们考虑将公式（3）中的$\left(y^2+\frac{l^2}{4}\right)^{-\frac{3}{2}}$部分来进行小量近似，我们可以得到：$\left(y^2+\frac{l^2}{4}\right)^{-\frac{3}{2}}=y^{-3}\left(1-\frac{l^2}{4y^2}\right)^{-\frac{3}{2}}=y^{-3}\left(1-\frac{3}{2}\frac{l^2}{4y^2}\right)\approx y^{-3}$，此时我们得到P点的总电场强度的大小$E=\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{2p}{y^3}$，而方向与电偶极矩p的方向相反。

求出以上两种特殊位置的场强后，再求一般情况下电偶极子所激发的电场强度就比较简单了，这里我们不再进行推导，只简单说一下思路，在以上两种特殊位置的电偶极子所激发的电场强度的基础上，我们将电偶极矩p进行矢量分解。具体来说，对于空间中的任意场点P，P点到中点O的矢量记为r，我们可以将电偶极距沿着r方向和垂直r方向分解，就可以迅速求出空间中任意一点的场强了。

三、讨论

通过以上分析，我们不难发现近似思想在物理模型构建和处理物理问题中有十分重要的作用。基于近似思想，往往可以将复杂的问题简单化。理想模型的构建实质是抓住问题的关键，而忽略次要因素。在小量处理问题中近似思想的运用则可以简化问题和简化数学计算。在我们平时的物理学习中，用的更多的近似思想还是小量近似，我们很难说去将一个模型来进行近似，实际上物理学家已经告诉我们要用哪些近似后的模型来解决问题了，那我们用近似思想来分析就是对于解决一个物理问题能够合理进行近似计算，这往往就能够体现解题者是否有明确的物理思想与求解物理问题的灵活方法，也往往体现出解题者是否有优良的科学素养。可能会有一部分人认为，这个近似思想不就是完全是数学上的计算，诚然如此，近似计算时我们肯定是运用了数学中的很多代数的知识，这当然无可厚非，但是作为一名学习物理的学生，不是光看到表面上的数学近似，而应该理解近似背后的物理本质。

结语

本文通过对物理学中一些典型的物理模型和例子探讨了近似思想在物理问题上的应用，阐述了如何利用近似思想来简化物理问题，揭示了近似思想在解决物理问题的重要地位和作用。通过上面的讨论我们可以看出，近似思想是我们物理学的基本思想之一，这一思想贯穿了我们整个物理的学习之中。这让我们认识到物理的教育不仅仅是物理知识，也体现在它所蕴含的科学方法上，通过科学方法的学习能够认识其背后的本质，落实物理学科核心素养的培育。因此在实际教学中，教师应结合所教授的内容渗透近似思想的教育，应该让学生学会并掌握近似处理的方法，从而培养学生分析和解决物理问题的能力，教会学生从物理学习中多多去体会一些思想和方法，学会抓住问题的关键，更好地理解物理规律。

参考文献

[1]武似梅，朱俊林.领略科学方法的魅力——以物理学中的“微小近似”为例[J].中学物理教学参考，2022，51（32）：13-15.

[2]张登玉，罗宇荷.理想模型在高中物理教学中的应用[J].衡阳师范学院学报，2023，44（6）：62-67.

[3]邱伟，陶金.关于电偶极子的研究[J].科技创新导报，2015，12（30）：253-254.

[4]赵凯华，陈熙谋.电磁学[M].高等教育出版社，2011.

作者简介：何紫茹（2003-），女，汉族，湖南湘潭人，现就读于湖南科技大学。