

高考物理备考中的整合教学实践研究

——以势能专题复习为例

张红明

(北京师范大学附属中学 北京 100052)

(收稿日期:2020-03-15)

摘要:高三物理学科的备考教学,要着眼于引导学生从新的视角去审视高中阶段所学过的物理知识,要引导学生把不同阶段所学习的不同教材内容作出适当的整合,以势能专题复习为例,从实践中探讨高三物理复习中的整合教学,给出势能专题教学的设计案例.

关键词:高中物理教学 整合教学 势能

根据国家课程标准、高校人才选拔要求和考试测评的规律,教育部颁布的高考评价体系将所考查的素质教育目标提炼为“核心价值、学科素养、关键能力、必备知识”四层内容^[1]. 高考评价体系对高考教学发挥着正向指挥棒的作用. 高三物理学科的备考教学,要着眼于引导学生从新的视角去审视高中阶段所学过的物理知识,要引导学生把不同阶段所学习的不同教材内容作出适当的整合,这对于形成学生较为全面的正确物理观念,培养高阶思维品质是非常有必要的. 同时这也是一种高效备考、科学备考的教学模式.

本文以势能专题复习为例,探讨高三物理复习中的整合教学. 我们知道势能是物理中的一个大概概念,高中涉及到的势能概念有力学中的重力势能、弹性势能,电学中的电势能(电势能又可以分为点电荷在电场中的电势能、点电荷间的电势能、电容器的电势能),热学中的分子势能,最后还可以适当拓展出引力势能. 这些分布在物理中不同领域的、学生先后学习过的势能应该是有共性的,我们把这些不同形式的势能整合在一起,便于学生对势能本质的把握,提高学生的思维品质.

势能专题复习从以下几个方面展开.

1 讨论“一对相互作用力的总功”为正确理解势能概念打下基础 体会“蓄势待发”

把“一对相互作用力的总功”和“一对相互作用力的总冲量”进行比较. 根据牛顿第三定律,作用力与反作用力总是大小相等、方向相反并且在一条直

线上. 于是一对相互作用力的总冲量一定为零,但一对相互作用力的总功表达式为 $W_{\text{总}} = F_1 S_{1\text{对}2}$, 即一对相互作用力的总功等于其中一个物体受到的力乘以力的方向上其相对于另一个物体的位移.

相互作用力的总功注意两点,一是只有在相互作用力方向上不存在相对位移总功才为零;二是相互作用力的总功与参考系无关,为了计算方便,可以以其中一个物体为参考系去求相互作用力对另一个物体做的功即可.

2 通过对“重力势能概念建立过程”的回顾 体会“势不两立”

重力势能概念的建立经历了一个从定性到定量的过程.

定性认识:物体由于被举高而具有重力势能,这是人们对势能的最初认识. 同时注意到质量越大,位置越高,重力势能就越大,势能具有这样的特点.

定量表达式:为了得到重力势能的定量表达式,需要从功能关系出发. 因为功是能量转化的量度,重力势能变化时重力同时要做功. 下面研究重力做功的特点.

如图1所示3种情况,把物体从A点沿不同的路径移动到B点,重力做的功均为 $W_G = mgh = mgh_1 - mgh_2$, 重力做功只跟初末位置有关,与运动路径无关. 看起来, mgh 是一个有着特殊意义的物理量,一方面与重力做功紧密相关,另一方面随物体位置高度的变化而变化,恰与势能的基本特征一致,因此物理中就把物理量 mgh 叫做物体的重力势能,

用符号 E_p 表示, 即 $E_p = mgh$, 这就是重力势能的表达式.

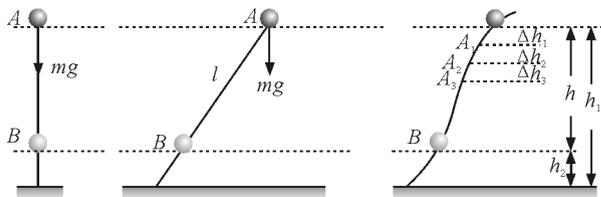


图1 重力做功的3种情况

重力做功与重力势能的关系为 $W_G = mgh_1 - mgh_2$. 强调重力做功与路径无关是建立重力势能概念的前提^[2].

以教材中的问题为例进行讨论, 如果重力做功与路径有关, 还能把 mgh 叫做物体的重力势能吗? 为什么?

3 讨论“势能共性的一般认识”体会“大势所趋”

势能的共性可以总结为:

(1) 势能由系统间的相互作用引起, 与相对位置有关.

(2) 相互作用力做功与路径无关, 且满足 $W = E_{p1} - E_{p2}$.

(3) 势能具有系统性, 势能由系统所有物体共有.

(4) 势能具有相对性, 势能大小与零势能点的选取有关.

有了对势能共性的认识, 我们可以把对重力势能的研究方法迁移到势能的其他形式中去. 对于势能的另几种常见形式就不再从零开始, 而是验证势能的这些共性.

4 讨论“势能的另几种常见形式”体会“形势大好”

4.1 弹性势能

以弹簧弹性势能为例, 弹簧拉伸或压缩时弹簧各部分之间存在弹力的相互作用. 证明弹簧弹力做功与路径无关, 只与弹簧的初末位置有关. 通过求弹簧变力做功, 根据弹簧弹力做功等于弹性势能的减少量得出弹性势能的表达式为

$$E_p = \frac{1}{2} \kappa x^2$$

【例1】(2015年高考北京卷) 如图2所示, 弹簧

物块(可视为质点)的质量为 m , 在水平桌面上沿 x 轴运动, 与桌面间的动摩擦因数为 μ , 以弹簧原长时物块的位置为坐标原点 O , 当弹簧的伸长量为 x 时, 物块所受弹簧弹力大小为 $F = \kappa x$, κ 为常量.

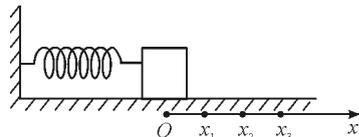


图2 例1题图

(1) 请画出 F 随 x 变化的示意图; 并根据 $F-x$ 图像求物块沿 x 轴从 O 点运动到位置 x 的过程中弹力所做的功.

(2) 物块由 x_1 向右运动到 x_3 , 然后由 x_3 返回到 x_2 , 在这个过程中

a. 求弹力所做的功, 并据此求弹性势能的变化量;

b. 求滑动摩擦力所做的功; 并与弹力做功比较, 说明为什么不存在与摩擦力对应的“摩擦力势能”的概念.

4.2 电势能

(1) 点电荷在电场中的电势能

点电荷在静电场中要受到静电力的作用, 以匀强电场为例证明静电力做功与路径无关, 与初末位置的电势差有关, 静电力做功可表示为 $W_{AB} = q\varphi_A - q\varphi_B$, 再根据静电力做功等于电势能的减少量, 即

$$W = E_{p1} - E_{p2}$$

得点电荷电势能的表达式为 $E_p = q\varphi$.

(2) 点电荷间的电势能

点电荷之间存在库仑力的作用, 库仑力做功等于电势能的减少量, 即 $W = E_{p1} - E_{p2}$. 通常规定两点电荷相距无穷远时电势能为零, 故两同种电荷组成的系统具有正的电势能, 两异种电荷组成的系统具有负的电势能^[3].

两个点电荷间的电势能公式为 $E_p = k \frac{q_1 q_2}{r}$, 该公式高考不作要求, 但可以作为条件直接使用.

下面通过一道例题来体会点电荷间电势能的应用.

【例2】 匀强电场的方向沿 x 轴正方向, 电场强度 E 随 x 的分布如图3所示, 图中 E_0 和 d 均为已知量. 将带正电的质点 A 在 O 点由静止释放. A 离开电场足够远后, 再将另一带正电的质点 B 放在 O 点也

由静止释放.当B在电场中运动时,A,B间的相互作用力及相互作用能均为零;B离开电场后,A,B间的相互作用视为静电作用.已知A的电荷量为Q,A和B的质量分别为m和 $\frac{m}{4}$,不计重力.求:

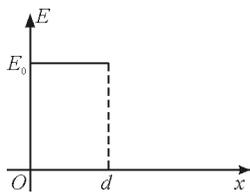


图3 例2题图

(1) A 在电场中的运动时间 t ;

(2) 若 B 的电荷量为 $q = \frac{4Q}{9}$, 求两质点相互作用能的最大值 E_{pm} ;

能的 最大值 E_{pm} ;

(3) 为使 B 离开电场后不改变运动方向, 求 B 所带电荷量的最大值 q_m .

4.3 电容器的电势能

如图4所示,电容器充电完毕,与电源相连的上极板带正电荷,与电源负极相连的电容下极板带等量的负电荷.类比两个点电荷间存在相互作用的电势能,带正电的上极板和带负电的下极板之间也一定存在相互作用的电势能.

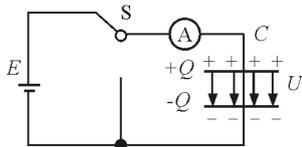


图4 电容器充电示意图

怎样得到电容器电势能的表达式?

方法一:从功能关系出发.电容器充电的物理过程表明,上极板的电子移动到下极板,靠电源的非静电力做功.同时要克服电容器两极板间的电场力做功,电容器电势能增加.求出增加的电势能即得电容器的电势能.考虑到电场力是变力做功,画出充电过程的 $u-q$ 图像,如图5所示,类比 $v-t$ 图像面积求位移的方法,求克服电场力做功.得

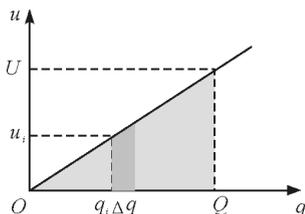


图5 $u-q$ 图像

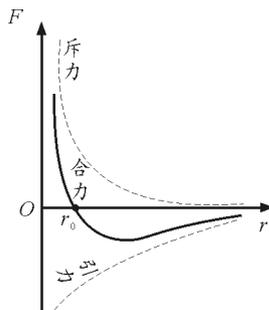
$$E_p = \frac{1}{2}QU = \frac{1}{2}CU^2$$

方法二:利用点电荷在电场中的电势能公式 $E_p = q\varphi$ 进行计算.把上极板和下极板看作是一个个点电荷组成的,用每一个点电荷在电场中的电势能求和,但这样计算会把总的电势能算两遍,故除2

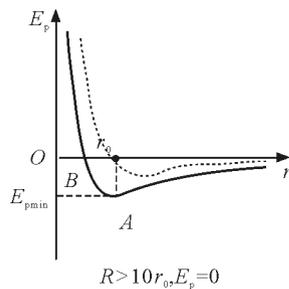
$$E_p = \frac{1}{2}(Q\varphi_{上} - Q\varphi_{下}) = \frac{1}{2}QU = \frac{1}{2}CU^2$$

4.4 分子势能

分子之间存在相互作用的引力和斥力,引力做功等于引力势能的减少量,即 $W = E_{p1} - E_{p2}$.介绍如何根据分子力随分子间距离关系图像画出分子势能随分子间距离的关系图像,如图6所示.



(a) 分子力随分子间距离关系图



(b) 分子势能随分子间距离关系图

图6 分子力、分子势能与分子间距离关系图

4.5 引力势能

地面附近的物体由于受到地球的重力作用而具有重力势能,当物体与地球间的重力作用变成引力作用,重力势能也就变成引力势能^[4].

引力势能是两个有质量的物体之间因为引力作用而具有的势能,引力做功等于引力势能的减少量,即 $W = E_{p1} - E_{p2}$.

利用功能关系,以行星和太阳为例,用引力势能概念分析开普勒第二定律.如图7所示,行星由近日点向远日点运动,克服引力做功,引力势能增加,总机械能守恒,因此动能减小,行星速度变小.这与开普勒第二定律的描述是一致的.

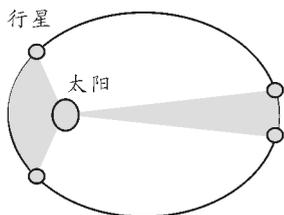
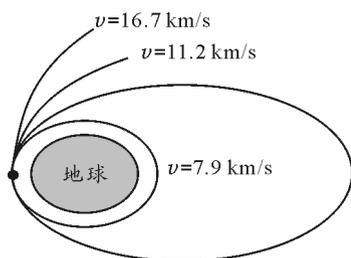


图7 引力势能分析

引力势能公式为 $E_p = -G \frac{m_1 m_2}{r}$, 负号是规定两

质点相距无穷远时引力势能为零引起的. 该公式虽不作要求, 但要求会当作已知条件运用. 如图8所示, 以第二宇宙速度推导为例, 介绍引力势能公式的应用.



$7.9 \text{ km/s} < v < 11.2 \text{ km/s}$

图8 引力势能公式的应用

由 $\frac{1}{2} m v_2^2 - G \frac{Mm}{R} = 0$ 得

$$v_2 = \sqrt{\frac{GM}{R}} = 11.2 \text{ km/s}$$

【例3】如图9所示, 一根轻质弹簧上端固定在天花板上, 下端连接一个小球. 以小球的平衡位置 O 为坐标原点, 竖直向下建立 x 轴. 已知弹簧的劲度系数为 κ , 弹簧始终处于弹性限度内.



图9 例3题图

如果把弹性势能与重力势能的和称为系统的势能, 并规定小球处在平衡位置时系统的势能为零, 请根据“功是能量转化的量度”, 证明小球运动到 O 点下方 x 处时系统的势能 $E_p = \frac{1}{2} \kappa x^2$.

分析说明: 本题可以看作是对势能的一种整合, 提出重力势能与弹性势能之和为系统势能的概念, 特别能考查学生对势能的理解. 只有学生真正明白什么是势能及势能所满足的功能关系才能顺利作答.

5 通过列表对本专题复习进行总结 展示不同形式势能的异同点

不同形式势能的异同点如表1所示.

表1 不同形式势能的异同点

不同形式的势能	相互作用	表达式	相同点
重力势能	重力作用	$E_p = mgh$	1. 均由相互作用引起, 与相对位置有关. 2. 相互作用力做功与路径无关, 且满足 $W = E_{p1} - E_{p2}$. 3. 势能具有系统性. 4. 势能具有相对性
弹性势能	弹力作用	$E_p = \frac{\kappa x^2}{2}$	
电荷在电场中的电势能	电场力作用	$E_p = q\Phi$	
点电荷间的电势能	库仑力作用	$E_p = \frac{kq_1 q_2}{r}$	
电容器的电势能	库仑力作用	$E_p = \frac{CU^2}{2}$	
分子势能	分子力作用	分子势能曲线	
引力势能	引力作用	$E_p = -\frac{Gm_1 m_2}{r}$	

参考文献

- 1 教育部考试中心. 中国高考评价体系[M]. 北京: 人民教育出版社, 2019
- 2 人民教育出版社, 课程教材研究所, 物理课程教材研究开发中心. 普通高中课程标准实验教科书物理·必修

2[M]. 北京: 人民教育出版社, 2019

- 3 人民教育出版社, 课程教材研究所, 物理课程教材研究开发中心. 普通高中课程标准实验教科书物理·必修1[M]. 北京: 人民教育出版社, 2019
- 4 中华人民共和国教育部. 普通高中物理课程标准(2017年版)[S]. 北京: 人民教育出版社, 2018