

首席教师 专题小课本

高中物理

物理思想与方法

总主编：钟山

本册主编：武昭忠

张玉海

副主编：于正和

夏廷艳

提升性学习五大关键

整合深化
形成知识模块

归纳拓展
活化解题方法

系统分层
培养高考能力

居高临下
形成应试策略

题组检测
优化训练方法

本丛书成立答疑解惑工作委员会，如有疑难问题可通过以下方式与我们联系：

企业网站：

<http://www.bjjxsy.com>

产品网站：

<http://www.swtnet.net>

服务电话：010-61743009

010-61767818

电子邮箱：

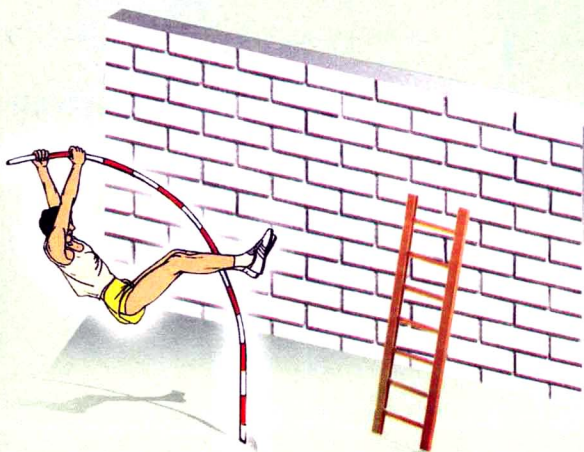
book@bjjxsy.com

service@swtnet.net

通信地址：北京市天通苑邮

局6503号信箱

邮政编码：102218



前言

Q IANYAN

近年来,我国的基础教育改革和素质教育进程已进入深化实施阶段,中学教材已呈现出“一标多本”的多元化格局,高考更是呈现出“一纲多卷”的地方化特色。为了更好地适应教学考的新趋势、新特色,我们集各省名校的学科首席教师、一线特高级教师和有经验的教育考试专家的聪明智慧和科研成果,精心构思,编写打造了本套丛书。

本套丛书的鲜明特色和深度魅力,主要体现在以下四个方面:

1. 核心单元,提升成绩的真正支点

小单元学习与同步课时学习相比,是更高层次的提升性学习,是真正深化拓展、发展能力、成功应试的重要步骤,也是行之有效的螺旋式滚动提升的科学学习方法。本套丛书以小单元为讲练基点,弥补了同步教学的缺失和薄弱环节,单元内由“知识、方法、能力、应试与训练”五要素构成了最优化学学习程序,层次鲜明,通过对重难点、能力点、方法点和考点的精心讲练,有效的为师生最大限度提升成绩,建起了知识、方法和能力提升的新支点。

2. 螺旋提升,提供三级发展平台

专题编写遵循“小单元提升、大单元提升、本专题提升”三个梯度,再加上平时的课时学习,讲练结合、循序渐进、螺旋提升,构成了学科学学习、思维发展与能力培养的有机整体。

3. 突出方法,多维度培养能力

无论是疑难讲解,问题解决,还是应试与训练,均以方法归纳、提炼与运用为突破口,力求做到集“学习法、解题法、应试法、训练法”于一身,帮助学生高效构建知识体系和体系,使读者在运用本书高效学习的同时收获更多的有效方法,发掘自己的最大学习潜能。

4. 汲取各版本精华,真正的专题教材

在编写过程中,充分汲取各版本教材的特色与精华,选取其中典型素材、典题典例、方法技巧,以师生完成同步教材的课时学习为基础,通过整合、深化、发散、分级,达到高考要求,既是学生完成提升性学习的专题教材,更是教师各类单元、专题教学的必备参考。

阿基米德说,给我一个支点,
我将撬起地球,本套丛书必将成为
您成功的新支点,发展的新平台。



发现
依靠眼光

行动决定
收获

目 录

高考中的物理思想方法	(1)
主题一 质点的直线运动	(17)
方法·技巧·策略	
质点模型(17)/匀速直线运动模型的特点(18)/匀变速直线运动模型的特点(19)/ $s-t$ 图象的巧用(22)/利用 $v-t$ 图象定性判断时间问题(23)/利用 $v-t$ 图象求最大速度和最短时间(23)/利用 $v-t$ 图象求位移和加速度(24)/图象法解决追及问题(25)/图象法对复杂运动问题的处理(26)/逆转化(29)/动静转化(29)/参考系转化(30)/数形转化(30)/图形转化(31)/等效法(31)/物理与数学的转化(32)/比例法(35)/一元二次方程根的判别式的应用(36)/二次函数求极值(36)/定积求和法求最小速度(37)	
主题二 相互作用与牛顿运动定律	(40)
方法·技巧·策略	
轻弹簧模型(40)/轻绳模型(41)/轻杆模型(42)/橡皮绳模型(42)/滑轮模型(43)/滑环模型(43)/假设法判断弹力有无(47)/假设法判定静摩擦力的有无(47)/假设法判定静摩擦力的方向(48)/假设法解平衡问题(49)/假设法求最大值(50)/假设法解临界问题(50)/假设法分析动力学问题(51)/运用直角三角形法求解物体的平衡问题(53)/运用相似三角形法求解物体的平衡问题(53)/矢量图形法分析动态平衡问题(54)/利用矢量三角形判定力的变化(55)/图形法求最值(55)/用矢量三角形巧求角度(56)/整体法和隔离法求摩擦力(59)/整体法和隔离法解平衡问题(61)/整体法与隔离法求连接体问题(62)/整体法与隔离法解系统超、失重问题(63)/正交分解法求作用力(67)/正交分解法求加速度(67)/正交分解法求质量比(68)/正交分解法分析力的变化(68)/正交分解法求极值(69)/巧分加速度求解作用力(69)/极限法求作用力(73)/极限法求力的范围(74)/临界法分析弹力的突变(74)/临界极限法解碰撞问题(75)/临界极限法求最小加速度(76)/数学方法求最短时间(76)/应用三角函数求最小力(77)/二次函数法求最远距离(78)/程序法求运动时间(80)/程序法求运动路程(81)/程序法求作用力(82)	
主题三 机械能	(85)
方法·技巧·策略	
求变力功(85)/求弹力功(86)/求浮力功(86)/求动能最值(87)/微元法求变力功(89)/微元法求摩擦力的功(90)/变力功转换成恒力功(92)/能量替换求变力功(93)/平均值替换法求变力功(93)/重心转换法求速度(93)/应用机械能守恒求变力功(95)/应用机械能守恒求链条速度(96)/曲面上运动物体机械能守恒的应用(96)/机械能守恒解轻绳连接体问题(97)/机械能守恒解轻杆连接体问题(98)/机械能守恒解有关弹性势能问题(98)/机械能守恒解抛体问题(99)/机械能守恒解有关圆周运动的问题(100)/机车以恒定功率启动(102)/机车以恒定加速度启动(103)	

主题四 抛体运动与圆周运动 (106)

方法·技巧·策略

复杂的直线运动可以转化为研究两个简单的直线运动(106)/平抛运动、类平抛运动可转化为研究匀速直线运动和匀变速直线运动(106)/可转化为匀变速直线运动和匀速圆周运动的复杂运动(107)/非正常平抛等效转化为正常平抛(108)/非平衡态转化为平衡态(109)/利用微元思想理解绳端物体的速度分解(111)/图象法求解抛体相遇问题(111)/矢量三角形巧解斜抛问题(112)/相似三角形求解圆周问题(112)/逆推法求极值(113)/平抛中的极值(116)/临界法求作用力(116)/竖直面内圆周运动极值的求解(118)

主题五 万有引力定律 (121)

方法·技巧·策略

匀速圆周运动模型(121)/核星模型(122)/双星模型(122)/估算天体间距离(127)/估算天体质量(127)/估算天体密度(127)/估算天体速度(127)/估算天体周期(129)/估算天体半径(129)

主题六 电 场 (133)

方法·技巧·策略

点电荷、试探电荷模型(133)/匀强电场、平行板电容器模型(134)/带电粒子在电场中偏转模型(136)/带电粒子在复合场中的运动模型(137)/带电粒子在交变电场中运动的模型(137)

主题七 电 路 (157)

方法·技巧·策略

电荷“柱体微元”模型(157)/纯电阻电路和非纯电阻电路模型(158)/直流电路动态模型(159)

主题八 磁 场 (171)

方法·技巧·策略

安培力模型(171)/带电粒子在磁场中运动模型(172)/带电粒子与现代科技模型(175)

主题九 电磁感应 (198)

方法·技巧·策略

楞次定律模型(199)/感生电动势模型(200)/导电滑轨模型(201)

主题十 交流电 (229)

方法·技巧·策略

变压器模型(229)/远距离输电模型(231)

主题十一 分子动理论与气体	(242)
方法·技巧·策略	
模型法估算分子质量和直径(242)/模型法估算分子体积(243)/模型法估算分子数目(243)/用理想气体模型对实验定律作微观解释(244)/估算分子个数和直径(246)/估算分子间距(246)/估算分子的大小(246)	
主题十二 热力学定律与能量守恒	(249)
方法·技巧·策略	
判断不同物体间能量的传递量(249)/其他形式的能与内能的转化(250)/理想气体状态变化过程中的能量守恒(250)/能量守恒的综合运用(251)	
主题十三 机械振动与机械波	(254)
方法·技巧·策略	
弹簧振子模型(254)/单摆模型(255)/机械波模型(256)	
主题十四 光	(275)
方法·技巧·策略	
分析解决有关光的折射问题的一般思路(275)/分析光的全反射、临界角问题的一般思路(275)/全反射模型(280)/干涉模型(280)/光的衍射模型(281)/光的偏振模型(282)	
主题十五 电磁场、电磁波、相对论	(285)
方法·技巧·策略	
电磁波模型(285)/振荡电路模型(285)/光速是不因参考系变化而改变的(288)	
主题十六 动量、动量守恒定律专题	(291)
方法·技巧·策略	
碰撞模型(293)	
主题十七 波粒二象性、原子结构、原子核	(301)
方法·技巧·策略	
光电效应模型(302)/原子核式结构模型(303)/玻尔原子模型(303)	
主题十八 实验	(310)
方法·技巧·策略	
放缩法(310)/转换法(313)/控制变量法(317)/替代法(322)/比较法(328)/模拟法(335)/图象法(338)	



首席寄语

高考中的物理思想方法

纵观近几年的高考题,其主要命题思想是坚持以能力测试为主导的命题指导思想,运用比较新颖的物理情景和设问方式,利用物理学中的基本概念、基本规律和学科主干知识,考查考生的理解能力、推理能力、独立分析和解决问题的能力.提高学生分析问题、解决问题的能力应贯穿于整个高中物理教学的始终.什么是能力?能力应以知识为载体,却又是知识的升华,是活化的知识.可用下列公式表示:能力=知识+方法的灵活应用.

只有掌握科学的思维方法才能正确地分析与解决问题,那中学阶段所运用的主要思维方法有哪些呢?如何正确使用呢?

物理学中常见的科学思维方法有:物理模型法、等效法、对称法、极限思维与极值法、临界条件法、图象法、整体与隔离法、微元法、分析综合法、估算法等.

一、物理模型法

物理模型又称理想模型.物理学是由一系列原理相关联的物理模型组成的复杂网络.物理模型是物理学知识结构的基本单元.我们的学习就是通过建立和使用科学模型来描述、解释、揭示物理现象及其规律的.在物理学习中我们经常会将物理图景、本质相近的具体问题归为一类,并对它们的条件、过程进行合理的抽象、简化并归纳总结出这类问题的研究模式,使这类问题的思维程序化,这就是物理模型,所以物理模型是人们为了从事研究而建立的对原型高度抽象化、理想化的思维客体.就研究对象而言,常用的有:质点、刚体、理想气体、轻质弹簧、点电荷、点光源……就研究过程而言,有:匀速直线运动、匀变速直线运动、抛体运动、圆周运动、简谐运动,而由这些基本模型演变的物体的相互作用和运动模型就更多,例如:变加速运动模型、弹性碰撞模型、人船模型、追逐模型、发电机模型、原子结构模型等等.物理模型既可以更普遍地描述同一类问题的物理规律又可以简捷地解决实际问题.例如“子弹打木块”这种模型,可分两种情况:一种是子弹未射穿木块;一种是子弹射穿木块,且两者以不同速度运动.其实质都是作用的双方在一对作用力、反作用力(系统内力)的冲量作用下,实现系统内物体的动量变化、动能变化和能量变化.那么对于另外一个系统只要其在某方向上不受外力(或外力可忽略),该系统同样可以依上述模型求解.

总之,对于物理模型我们应该从科学思维方法上去拓宽该模型的适用范围。

根据高中物理的特点,可将物理模型的功能分为两大类:一类是模拟式的物理模型,使得一些不易感悟的物理对象变得具体、直观、形象。如电场线、磁感线、等势线等。另一类是理想化模型,它抓住主要的、本质的因素,舍弃次要的、非本质的因素,从而建立起一种易于研究,能反映物理对象主要特征的形象,大体有三种:物理对象模型、条件模型和过程模型。

■ 考题示例

1. 物理对象模型

是一种由具体物质组成的实体系统,如质点、单摆、弹簧振子、点电荷、光子等。

例 1 (2007·广东 A 卷) 图 1-1

是霓虹灯的供电电路,电路中的变压器可视为理想变压器。已知变压器原线圈与副线圈匝数比 $\frac{n_1}{n_2} = \frac{1}{20}$, 加在原线圈上的电压为 $u_1 = 311\sin 100\pi(V)$ 。霓虹灯正常工作的电阻 $R = 440 \text{ k}\Omega$, I_1 、 I_2 表示原、副线圈中的电流。下列判断正确的是()

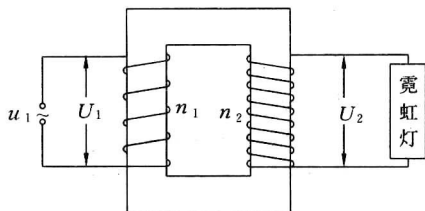


图 1-1

- A. 副线圈两端电压为 6 220 V, 副线圈中的电流为 14.1 mA
 B. 副线圈两端电压为 4 400 V, 副线圈中的电流为 10.0 mA
 C. $I_1 < I_2$
 D. $I_1 > I_2$

解析: 本题涉及理想变压器的电压关系和电流关系, 考查基础知识。

原线圈电压的有效值 $U_1 = \frac{U_m}{\sqrt{2}} = \frac{311}{\sqrt{2}} \text{ V} = 220 \text{ V}$, 由变压比 $\frac{U_1}{U_2} = \frac{n_1}{n_2}$ 知, $U_2 = \frac{U_1 n_2}{n_1} = 4\,400 \text{ V}$, 副线圈的电流 $I_2 = \frac{U_2}{R} = \frac{4\,400}{440 \times 10^3} \text{ A} = 0.01 \text{ A} = 10 \text{ mA}$, 原、副线圈电流比跟匝数成反比, 故 $I_1 > I_2$ 。 答案: BD

2. 条件模型

是一种将外部条件理想化(即忽略次要因素, 突出外部条件的本质特征)的物理模型, 如光滑平面、轻杆、匀强电场、匀强磁场等。

3. 过程模型

是一种把具体物理过程理想化后抽象出来的一种物理过程。如匀速直线运动、匀加速直线运动、弹性碰撞、简谐运动、等温变化、等容变化、等压变化等。

例 2 (2006·重庆) 如图 1-2 所示, 半径为 R 的光滑圆形轨道固定在竖直面内。小球 A、B 质量分别为 m 、 βm (β 为待定系

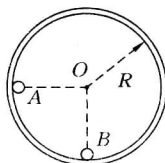


图 1-2

数). A 球从左边与圆心等高处由静止开始沿轨道下滑, 与静止于轨道最低点的 B 球相撞, 碰撞后 A、B 球能达到的最大高度均为 $\frac{1}{4}R$, 碰撞中无机械能损失. 重力加速度为 g . 试求: (1) 待定系数 β ;

(2) 第一次碰撞刚结束时小球 A、B 各自的速度和 B 球对轨道的压力;

(3) 小球 A、B 在轨道最低处第二次碰撞刚结束时各自的速度, 并讨论小球 A、B 在轨道最低处第 n 次碰撞刚结束时各自的速度.

解析: 本题考查了机械能守恒定律、动量守恒定律及牛顿运动定律, 把高中物理学中的规律综合到一起进行了考查, 考查了考生应用物理规律解决实际问题的能力 and 应用数学工具的能力. 要求考生对物理情景的分析要透彻到位, 数学应用和计算全面准确.

$$(1) \text{ 由 } mgR = \frac{mgR}{4} + \frac{\beta mgR}{4}, \text{ 得 } \beta = 3$$

$$(2) \text{ 设 A、B 碰撞后的速度分别为 } v_1、v_2, \text{ 则 } \frac{1}{2}mv_1^2 = \frac{mgR}{4} \quad \frac{1}{2}\beta mv_2^2 = \frac{\beta mgR}{4}$$

设向右为正、向左为负, 得 $v_1 = -\sqrt{\frac{1}{2}gR}$, 方向向左 $v_2 = \sqrt{\frac{1}{2}gR}$, 方向向右

设轨道对 B 球的支持力为 N , B 球对轨道的压力为 N' , 以竖直向上为正方向, 则 $N - \beta mg = \beta m \frac{v_2^2}{R}$, 故 $N' = -N = -4.5mg$, 方向竖直向下

(3) 设 A、B 球第二次碰撞刚结束时的速度分别为 $V_1、V_2$, 则

$$\begin{cases} -mv_1 - \beta mv_2 = mV_1 + \beta mV_2 \\ mgR = \frac{1}{2}mV_1^2 + \frac{1}{2}\beta mV_2^2 \end{cases}$$

$$\text{解得 } V_1 = -\sqrt{2gR}, V_2 = 0$$

(另一组解: $V_1 = -v_1, V_2 = -v_2$ 不合题意, 舍去)

由此可得:

当 n 为奇数时, 小球 A、B 在第 n 次碰撞刚结束时的速度分别与其第一次碰撞刚结束时相同;

当 n 为偶数时, 小球 A、B 在第 n 次碰撞刚结束时的速度分别与其第二次碰撞刚结束时相同.

$$\text{答案: (1) } \beta = 3 \quad (2) \text{ A: } v_1 = -\sqrt{\frac{1}{2}gR}, \text{ 方向向左; B: } v_2 = \sqrt{\frac{1}{2}gR}, \text{ 方向向右;}$$

$4.5mg$, 方向竖直向下 (3) A: $V_1 = -\sqrt{2gR}$, B: $V_2 = 0$. 当 n 为奇数时, 小球 A、B 第 n 次碰撞结束时的速度分别与其第一次碰撞刚结束时相同; 当 n 为偶数时, 小球 A、B 在第 n 次碰撞刚结束时的速度分别与其第二次碰撞刚结束时相同.

重点题点津

物理应用能力是“理综能力”考查的核心。物理应用能力的考查本质是对实际问题分析、还原和构建物理模型能力的考查,解题的过程实质上就是对实际问题分析、还原和构建物理模型的过程。平常所说解题时应“明确物理过程、在头脑中建立一幅清晰的物理图景”,其实指的就是要正确地还原和构建物理模型。构建物理模型的情况,能真实地反映考生的理解能力、分析综合能力、获取知识的能力等多种能力,正是因为这样,高考对此思想方法的考查、频繁出现,是高考出题的一个重点。

二、等效法

等效法是把陌生、复杂的物理现象、物理过程在保证某种效果、特性或关系相同的前提下,转化为简单、熟悉的物理现象、物理过程来研究,从而认识研究对象的本质和规律的一种思想方法。其实在某些物理问题中,一个过程的发展,一个状态的确定,往往是由多个因素决定的,在这一决定中,若某些因素所起的作用和另一些因素所起的作用相同,则前一些因素与后一些因素是等效的,它们便可以互相代替,而对过程的发展或状态的确定及最后结果并不影响。等效思维的实质是在效果相同的情况下,将较为复杂的实际问题转换为简单的熟悉问题,以便突出主要因素,抓住它的本质,找出其中的规律。因此应用等效法时往往是用较简单的因素代替较复杂的因素,使问题得到简化而便于求解。

物理中的等效思维有等效替代、等效类比、等效组合、等效变换等。

中学物理教材中体现出的等效思想方法主要有作用效果等效和过程等效。

■ 考题示例

1. 作用效果等效

力的合成与分解;速度、加速度的合成与分解;功与能量变化的关系;电阻、电容的串、并联计算。

例 1 (2006·全国 II) ab 是长为 l 的均匀带电细杆, P_1 、 P_2 是位于 ab 所在直线上的两点,位置如图 2-1 所示。 ab 上电荷产生的静电场在 P_1 处的场强大小为 E_1 ,在 P_2 处的场强大小为 E_2 。则以下说法正确的是()

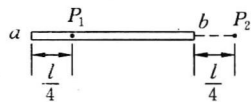


图 2-1

- A. 两处的电场方向相同, $E_1 > E_2$ B. 两处的电场方向相反, $E_1 > E_2$
C. 两处的电场方向相同, $E_1 < E_2$ D. 两处的电场方向相反, $E_1 < E_2$

解析: 本题考查了电场叠加, 同时把等效对称思想应用于命题中。

由对称性可知, P_1 左端杆内 $\frac{l}{4}$ 内的电荷与 P_1 右端杆内 $\frac{l}{4}$ 内的电荷在 P_1 处的场强为零, 即 P_1 处场强 E_1 等效为由杆的右端 $\frac{l}{2}$ 内的电荷产生的。而 P_2 处场强 E_2 可等效为是由杆的右端 $\frac{l}{2}$ 内的电荷与杆的左端 $\frac{l}{2}$ 内的电荷在 P_2 处的合场强, 由对称性可知, 杆的右端 $\frac{l}{2}$ 内的电荷在 P_2 处场强大小也为 E_1 , 若假定杆的左端 $\frac{l}{2}$ 内的

电荷在 P_2 处场强为 E' , 由电场的合成可知: $E_2 = E_1 + E'$, 即 $E_2 > E_1$, 由此分析可知, 两处场强方向相反, 故 D 项正确. 答案: D

2. 过程等效

将变速直线运动通过平均速度等效为匀速直线运动; 将变加速直线运动通过平均加速度等效为匀变速直线运动; 交流电有效值的定义; 抛体运动等效为两个直线运动的合成等等.

例 2 如图 2-2 所示, 倾角为 θ 的斜面, 固定放在水平向右的匀强电场中. 现在从斜面上方电场中, 用某一初速度 v_0 水平抛出一带正电荷为 q 、质量为 m 的小球, 小球恰好以速度 v 垂直打在斜面上, 试求: (1) 分别求电场强度和抛出点与落到斜面上点之间的竖直高度.

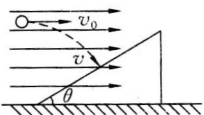


图 2-2

(2) 如果小球抛出点与地面间的高度为 H , 小球与斜面碰撞无机械能损失, 小球和斜面相碰瞬间电场突然反向, 其他条件不变, 求小球落地时的水平速度.

解析: 物体的速度等效为水平速度和竖直速度的合速度, 这样就找到了解题突破口.

$$(1) \text{ 根据几何关系可得 } v \cos \theta = gt \quad ① \quad h = \frac{1}{2} g t^2 \quad ② \quad s = h \tan \theta \quad ③$$

$$(v \sin \theta)^2 - v_0^2 = \frac{2qEs}{m} \quad ④$$

$$\text{解得 } h = \frac{v^2 \cos^2 \theta}{2g}, E = \frac{2mg(v^2 \sin^2 \theta - v_0^2)}{qv^2 \sin 2\theta}$$

(2) 根据运动性质, 碰后小球反向速度大小不变,

$$\text{所以到最高点时间还是 } t = \frac{v \cos \theta}{g} \quad ⑤$$

$$\text{由最高点落下时间 } t_1 = \sqrt{\frac{2H}{g}} \quad ⑥$$

$$\text{所以要求的水平速度 } v_x = v \sin \theta + \frac{qE}{m}(t + t_1) \quad ⑦$$

$$\text{解得 } v_x = v \sin \theta + \frac{2g(v^2 \sin^2 \theta - v_0^2)}{v^2 \sin 2\theta} \left(\frac{v \cos \theta}{g} + \sqrt{\frac{2H}{g}} \right)$$

$$\text{答案: (1) } \frac{2mg(v^2 \sin^2 \theta - v_0^2)}{qv^2 \sin 2\theta} \quad \frac{v^2 \cos^2 \theta}{2g}$$

$$(2) v \sin \theta + \frac{2g(v^2 \sin^2 \theta - v_0^2)}{v^2 \sin 2\theta} \left(\frac{v \cos \theta}{g} + \sqrt{\frac{2H}{g}} \right)$$

■ 命题点津

等效法是物理思维的一种重要方法, 其要点是在效果不变的前提下, 对研究的背景条件、物理过程进行分解、变换、替代、重组, 使它们更简单、更符合各种理想化模型或规律, 从而把较复杂的问题转化为较简单或常见的问题, 应用等效法关键是要善于

分析题中的哪些问题可以等效.该方法有时还用于物理学的不同分支之间,可以把某个分支中的规律方法借鉴到解其他分支的问题中去,把一个分支的问题等效于另一个分支中的问题.考查该思维方法的题目在近几年高考中经常出现,主要考查了力、运动、场等的等效.

三、对称法

物理学中的对称指的是物理规律在某些变换中具有不变性,这种对称不仅体现在空间反演中,而且在一定条件下时间的反演中也具有对称性.

物理学中存在很多对称现象,如物体运动的对称、电场、磁场分布的对称、电路的对称等,具有对称的物理现象,其相互对称的部分存在某种相同的特征,因而具有相同的规律.

运用对称思维,可以从某一部分的规律推知另一部分的规律,从而使问题获得迅速简捷的求解.

■ 考题示例

物理学中对称现象比比皆是,对称的结构、对称的作用、对称电路、对称的物和像等.物理过程在时间和空间上的对称性等,如竖直上抛运动、电磁场分布的对称性等.

例 受控热核聚变反应需要极高温度,因而带电粒子将没有通常意义上的容器约束,而是由磁场将其束缚在某个区域内.现按简化条件讨论这个问题.如图 3-1 所示,有一个环形区域,其截面内半径为 $R_1 = \frac{\sqrt{3}}{3}$ m,外半径为 $R_2 = 1.0$ m,区域内有垂直纸面向里的匀强磁场,已知磁感应强度 $B = 1.0$ T,被束缚的粒子的比荷为 $\frac{q}{m} = 4 \times 10^7$ C/kg(不计粒子之间的相互作用、不计重力).求:

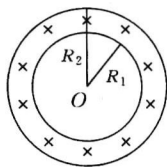


图 3-1

(1)若中空区域中的带电粒子沿环的半径方向射入磁场,求带电粒子不能穿越磁场外边界的最大速度 v_0 .

(2)保持 v_0 入射的条件下,带电粒子第一次回到该点所需时间是多少?

解析:该题起点很高,但由于采用简化模型,故问题并不复杂.

设粒子在磁场中(不出外边界)做圆周运动的最大半径为 r , $r =$

$\frac{mv_0}{Bq}$,其运动轨迹如图 3-2 所示.

由几何关系可知: $\sqrt{R_1^2 + r^2} = R_2 - r$.

$$r = \frac{R_2^2 - R_1^2}{2R_2} = \frac{1}{3} \text{ m.}$$

$$v_0 = \frac{Bqr}{m} = \frac{4}{3} \times 10^7 \text{ m/s.}$$

$$\tan \theta = \frac{\sqrt{3}}{3}, \text{ 故 } \theta = 30^\circ, \angle POP' = 60^\circ.$$

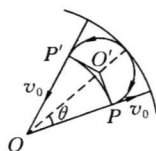


图 3-2

本题一个很关键的问题是粒子运动的轨迹,可进行如下分析:由图 3-2 可知带电粒子进入磁场绕 O' 转过 240° 又沿半径回到中空部分,并沿半径又射入磁场.重复上述运动……其轨迹如图 3-3 所示.

很显然,轨迹的几何关系有很强的对称性,运动有明显的周期性,故粒子从 P 点进入磁场到第一次重回 P 点,即为一个周期 T .

$$T = 3 \times \frac{2}{3} \times \frac{2\pi m}{Bq} + \frac{6R_1}{v_0} = \frac{4\pi m}{Bq} + \frac{6R_1}{v_0} = 5.74 \times 10^{-7} \text{ s.}$$

答案:(1) $\frac{4}{3} \times 10^7 \text{ m/s}$ (2) $5.74 \times 10^{-7} \text{ s}$

在上述问题中,我们涉及的对称问题主要是时空对称.实际上物理学中的对称问题比这些要深刻得多.

■ 命题点津

利用对称性解题时有时能一眼看出答案,大大简化解题步骤.从科学思维方法的角度来讲,对称性最突出的功能是启迪和培养学生的直觉思维能力.用对称性解题的关键是敏锐地看出并抓住事物在某一方面的对称性,这些对称性往往就是通往答案的捷径.力学中的竖直上抛运动、圆周运动、简谐运动.电磁学中的带电粒子的加速与偏转,光学中的光路图等都是考查对称性思想的出题点,近几年高考题中常出现,在今后的高考中,对称性作为一种重要的物理思想方法,仍是考查的一个重点.

四、极限思维、极值法

极限思维法:在物理问题中,有些物理过程虽然比较复杂,但这个较为复杂的物理过程又隶属于一个更大范围的物理全过程.如果把这个复杂的物理全过程分解成几个小过程,且这些小过程的变化是单一的.那么,选取全过程的两个端点及中间的奇变点进行分析,其结果必然包含了所要讨论的物理过程,从而能使求解过程简单、直观,这就是极限思维方法.

极限思维法只能用于在选定区间内所研究的物理量连续、单调变化(单调增大或单调减小)的情况.

极值问题,一般而言,就是在一定条件下求最佳结果所需满足的极值条件.著名科学家欧拉曾经说过:“如果宇宙中最大或者最小规律不出现,那么宇宙间根本不会发生任何情况.”可见极值问题是物理学中一个非常重要而深刻的问题.求解物理问题的极值,要综合运用数学、物理的知识和方法.

常见的极值问题有两类:一类是直接指明某量有极值而要求某极值,另一类则是通过求出某量的极值,进而以此作为依据而解出与之相关的问题.

■ 考题示例

极限思维是一种比较直观、简捷的科学方法,常用它来解决某些难以直接验证的实验或规律.

例如,伽利略利用理想实验研究从斜面上滚下来的小球的运动时,就运用了极限

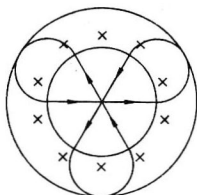


图 3-3

思维将斜面的外推到倾角为零的极限——水平面,从而得出物体的运动不需要力来维持的结论.开尔文把查理定律外推到压强为零的极限,从而引入了热力学温标.

物理极值问题的两种典型解法:

解法一:是根据问题所给的物理现象涉及的物理概念和规律进行分析,明确题中的物理量在什么条件下取极值,或在出现极值时有何物理特征,然后根据这些条件或特征去寻找极值,这种方法更为突出了问题的物理本质,这种解法称之为解极值问题的物理方法.

解法二是由物理问题所遵循的物理规律建立方程,然后根据这些方程进行数学推演,在推演中利用数学中已有的有关极值求法的结论得到所求的极值,这种方法称之为极值问题的物理—数学方法.此类极值问题常用多种方法求解,如几何平均数法,利用二次函数判别式求极值,利用二次函数 $y=ax^2+bx+c$ 的性质求极值,利用三角函数求极值等.

例 (2007·全国 II)如图 4-1 所示,位于竖直面内的光滑轨道,由一段斜的直轨道和与之相切的圆形轨道连接而成,圆形轨道的半径为 R .一质量为 m 的小物块从斜轨道上某处由静止开始下滑,然后沿圆形轨道运动.要求物块能通过圆形轨道最高点,且在该最高点与轨道间的压力不能超过 $5mg$ (g 为重力加速度).求物块初始位置相对于圆形轨道底部的高度 h 的取值范围.

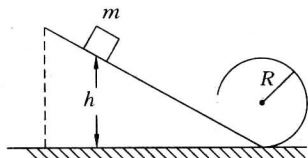


图 4-1

解析:设物块在圆形轨道最高点的速度为 v ,由机械能守恒定律得

$$mgh = 2mgR + \frac{1}{2}mv^2 \quad \text{①}$$

物块在最高点受的力为重力 mg 、轨道的压力 N .重力与压力的合力提供向心力,有 $mg + N = m\frac{v^2}{R}$ ②

物块能通过最高点的条件是 $N \geq 0$ ③

$$\text{由②③式得 } v \geq \sqrt{gR} \quad \text{④}$$

$$\text{由①④式得 } h \geq \frac{5}{2}R \quad \text{⑤}$$

按题目要求, $N \leq 5mg$,由②式得 $v \leq \sqrt{6gR}$ ⑥

由①⑥式得 $h \leq 5R$.故 h 的取值范围是 $\frac{5}{2}R \leq h \leq 5R$. **答案:** $\frac{5}{2}R \leq h \leq 5R$

■ 命题点津

中学物理习题中经常遇到内容丰富、难度较大和技巧性较强的物理极值问题.物理极值问题是在一定条件下寻找最佳结果,这在科学技术和工农业生产中有着广泛的应用.而且求解物理极值问题要综合运用数学知识和物理知识,能够培养学生综合分析问题和解决问题的能力.因此这类问题也是高考的常考题型,是高考的热点问题.

五、临界条件法

在一定的条件下,当物质的运动从一种形式或性质转变为另一种形式或性质时,往往存在着一种状态向另一种状态过渡的转折点,这个转折点常称为临界点,这种现象也就称为临界现象.物体的运动状态的变化是各式各样的.有数量的增减,有程度上的区别,有规模的不同,也有性质上的飞跃等.临界状态正是指物体运动状态发生质的变化的转折点,是一种状态变为另一种状态的中介状态.可以说,临界现象是量变到质变规律在物理学上的生动体现.同时,物理学本身就有许多具有边缘特征的概念.它们有着中介、转折、对立与统一的辩证特性,这些概念中往往就包含着一个临界状态,越过这个状态,将有着不同的物理现象和不同的结果,如临界角、临界温度、临界体积等.

■ 考题示例

解决临界问题,一般有两种方法,第一是以定理、定律为依据,首先求出所研究问题的一般规律和一般解的形式,然后再分析、讨论临界特殊规律和特殊解;第二是直接分析、讨论临界状态,找出临界条件,从而通过临界条件求出临界值.

例 (2005·上海物理)如图 5-1 所示,带正电小球质量为 $m=1 \times 10^{-2}$ kg,带电荷量为 $q=1 \times 10^{-6}$ C,置于光滑绝缘水平面上的 A 点,当空间存在着斜向上的匀强电场时,该小球从静止开始始终沿水平面做匀加速运动,当运动到 B 点时,测得其速度 $v_B=1.5$ m/s,此时小球的位移为 $s=0.15$ m,求此匀强电场场强 E 的取值范围(g 取 10 m/s²).

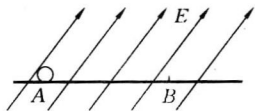


图 5-1

某同学求解如下:设电场方向与水平面之间夹角为 θ ,由动能定理得 $qE\cos\theta = \frac{1}{2}mv_B^2 - 0$,故 $E = \frac{mv_B^2}{2q\cos\theta} = \frac{75000}{\cos\theta}$ V/m.由题意可知 $\theta > 0$,所以当 $E > 7.5 \times 10^4$ V/m 时小球始终沿水平面做匀加速直线运动.

经检查,计算无误,该同学所得结论是否有不完善之处?若有请予以补充.

解析:该同学所得结论有不完善之处,为使小球始终沿水平面运动,电场力在竖直方向的分力必须小于等于重力, $qE\sin\theta \leq mg$ ①

$$\text{所以 } \tan\theta \leq \frac{mg}{mv_B^2/2s} = \frac{2sg}{v_B^2} = \frac{2 \times 0.15 \times 10}{2.25} = \frac{4}{3} \quad \text{②}$$

$$E \leq \frac{mg}{q\sin\theta} = \frac{1 \times 10^{-2} \times 10}{1 \times 10^{-6} \times \frac{4}{5}} \text{ V/m} = 1.25 \times 10^5 \text{ V/m}$$

$$\text{即 } 7.5 \times 10^4 \text{ V/m} < E \leq 1.25 \times 10^5 \text{ V/m}$$

答案:有不完善之处, $7.5 \times 10^4 \text{ V/m} < E \leq 1.25 \times 10^5 \text{ V/m}$

■ 命题点津

利用临界值和边界值作为求解物理习题思维的起点是一种很有用的思考途径,

也可以说是利用临界条件求解. 因为临界条件一般很难确定, 所以往往题目综合考查学生“分析”和“归纳”的能力. 这也是高考所要求的基本能力, 因此临界问题是高考的出题热点, 应引起重视.

六、图象法

用图象来描述两个物理量之间的关系是物理学中常用的工具. 利用图象法分析解答问题直观、简捷. 对于物理学中两个物理量之间的关系, 图象除了能直接表明其变化特点, 提供直观、清晰的物理图景外, 图象与横轴所围的面积还可以表示第三个物理量(这个物理量一定是由图象中的两物理量乘积来确定), 如速度—时间图象与横轴所围的面积为物体在这段时间内的位移; 气体的压强—体积图象与横轴所围的面积就是这一过程中所做的功; 力—时间图象与横轴所围的面积就是力在这段时间内的冲量; 电容器充电过程中所带电荷量—电压图象与横轴所围的面积就是电容器中所储存的电能……充分利用图象带来的信息, 也是求解物理题的一种有效的方法.

用图象研究问题有着用其他方法不可替代的优点: 它不仅能够清楚地反映相关物理量之间一一对应的关系, 而且能够非常直观地显示物理变化过程(包括临界态), 故在学习中受到大家普遍关注和青睐.

利用图象分析物理问题的方法有着广泛的应用, 常见的应用有:

1. 可以运用图象直接解题, 一些对情景进行定性分析的问题, 如判断研究对象的状态、过程是否能够实现、做功情况等, 常可运用图象直接解答. 由于图象直观、形象, 因此解答往往特别简捷.

2. 运用图象能启发解题思路. 图象能从整体上把物理过程的动态特征展现得更清楚, 因此可以拓展思维的广度, 使思路更清晰. 许多问题, 当用其他方法较难解决时, 常能从图象上触发灵感, 另辟蹊径.

3. 图象还能用于实验. 用图象来处理数据, 可避免繁杂的计算, 较快地找出事物的发展规律或某个物理量的平均值. 也可以用来定性的分析误差.

■ 考题示例

例 木块 A 和木块 B 的质量分别为 m 和 M , B 静止在光滑水平面上, A 在 B 的左端以速度 v_0 运动, A、B 间的动摩擦因数为 μ , 要使 A 不从 B 的右端掉下去, 如图 6-1 所示. B 的长度应至少是多少(A 可视为质点)?

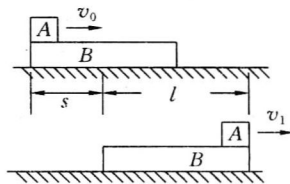


图 6-1

解析: 要使 A 不从 B 的右端掉下去, 必须满足 A

滑到B的右端时,恰好和B具有共同的速度,设为 v_1 ,又设B对地的位移为 s ,此时A对地的位移为 $s+l$, l 即为所求.下面用速度—时间图象求解.

对A有 $v=v_0+a_1t$ ① 对B有 $v=a_2t$ ②

令恰好具有共同速度 v_1 时所需时间为 t_1 ,在同一坐标系中分别作出A、B的 $v-t$ 图象,利用斜截式方程①、②,可得两直线的交点坐标 $P(t_1, a_2t_1)$,即 $P\left(\frac{v_0}{a_2-a_1}, \frac{v_0 a_2}{a_2-a_1}\right)$,

如图6-2所示,A对地的位移($s+l$)在数值上等于梯形OQPR的面积,B对地的位移 s 在数值上等于三角形OQP的面积,则A相对B的位移 $l=\triangle OPR$ 的面积.

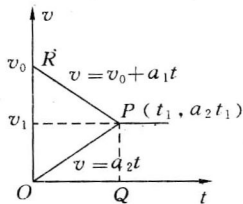


图6-2

所以 $l = \frac{1}{2} v_0 t_1 = \frac{v_0^2}{2(a_2 - a_1)}$,又因为 $\mu mg = Ma_2$,所以 $a_2 = \frac{m}{M} \mu g$

又因为 $-\mu mg = ma_1$,所以 $a_1 = -\mu g$

故 $l = \frac{v_0^2}{2\left(\frac{m}{M}\mu g + \mu g\right)} = \frac{Mv_0^2}{2\mu g(M+m)}$ 答案: $\frac{Mv_0^2}{2\mu g(M+m)}$

命题点津

在中学物理中,存在着大量的物理图象.所谓物理图象就是指在直角坐标系中绘出的表示两个物理量之间的关系的函数图象.用图象法来表示物理规律往往比公式法形象直观.

如果用图象法来解物理题,有时比其他数学方法更简捷、形象和直观,使学生易于接受和理解.作为一种基本方法,在高考问题中时有体现,在学习中应善于利用.

七、整体与隔离法

物理习题中,所涉及的往往不只是一个单独的物体、或一个孤立的过程、或一个单一的题给条件.这时,如果把所涉及的多物体、多个过程、多个未知量作为一个整体来考虑,这种以整体为研究对象的解题方法称为整体法;而把整体的某一部分(其中的一个物体或者是一个过程)单独从整体中抽取出来进行分析研究的方法,则称为隔离法.实际应用时可根据具体情况选用隔离法或整体法,也可以隔离法和整体法交叉运用.

在使用隔离法时有一个问题是必须注意的:“隔离体”和“整体”都是我们为研究问题方便选取的不同的研究对象,被隔离的部分仍是整体中的一部分,与整体有着密不可分的联系,这种联系是内在的、不能隔断的.

例题示例

隔离分析法是把选定的研究对象从所在物理情境中抽取出来,加以研究分析的一种方法.需要用隔离法分析的问题,往往都有几个研究对象,应对它们逐一隔离分析、列式,并且还要找出这些隔离体之间的联系,从而联立求解.概括其要领就是:先隔离分析,后联立求解.

隔离法解题的步骤:

(1)分析题意,选定隔离对象.

(2)对隔离的对象逐一分析背景条件和状态变化,并根据物理规律列出已知量与未知量间的关系.

(3)分析描述各物体状态的参量间的关系,使诸关系式联立.

(4)联立方程,求出待求量.

例 (2007·天津理综)如图 7-1 所示,水平光滑地面上停放着一辆小车,左侧靠在竖直墙壁上,小车的四分之一圆弧轨道 AB 是光滑的,在最低点 B 与水平轨道 BC 相切, BC 的长度是圆弧半径的 10 倍,整个轨道处于同一竖直平面内.可视为质点的物块从 A 点正上方某处无初速下落,恰好落入小车圆弧轨道滑动,然后沿水平轨道滑行至轨道末端 C 处恰好没有滑出.已知物块到达圆弧轨道最低点 B 时对轨道的压力是物块重力的 9 倍,小车的质量是物块的 3 倍,不考虑空气阻力和物块落入圆弧轨道时的能量损失.求:

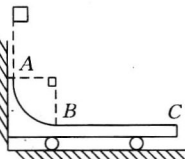


图 7-1

(1)物块开始下落的位置距水平轨道 BC 的竖直高度是圆弧半径的几倍;

(2)物块与水平轨道 BC 间的动摩擦因数 μ .

解析:(1)设物块的质量为 m ,其开始下落处的位置距 BC 的竖直高度为 h ,到达

B 点时的速度为 v ,小车圆弧轨道半径为 R .由机械能守恒定律,有 $mgh = \frac{1}{2}mv^2$

根据牛顿第二定律,有 $9mg - mg = m\frac{v^2}{R}$,解得 $h = 4R$

即物块开始下落的位置距水平轨道 BC 的竖直高度是圆弧半径的 4 倍.

(2)设物块与 BC 间的滑动摩擦力大小为 F ,物块滑到 C 点时与小车的共同速度为 v' ,物块在小车上由 B 运动到 C 的过程中小车对地面的位移大小为 s .依题意,小车的质量为 $3m$, BC 长度为 $10R$.则 $F = \mu mg$

由动量守恒定律,有 $mv = (m + 3m)v'$

对物块、小车分别应用动能定理,有 $-F(10R + s) = \frac{1}{2}mv'^2 - \frac{1}{2}mv^2$,