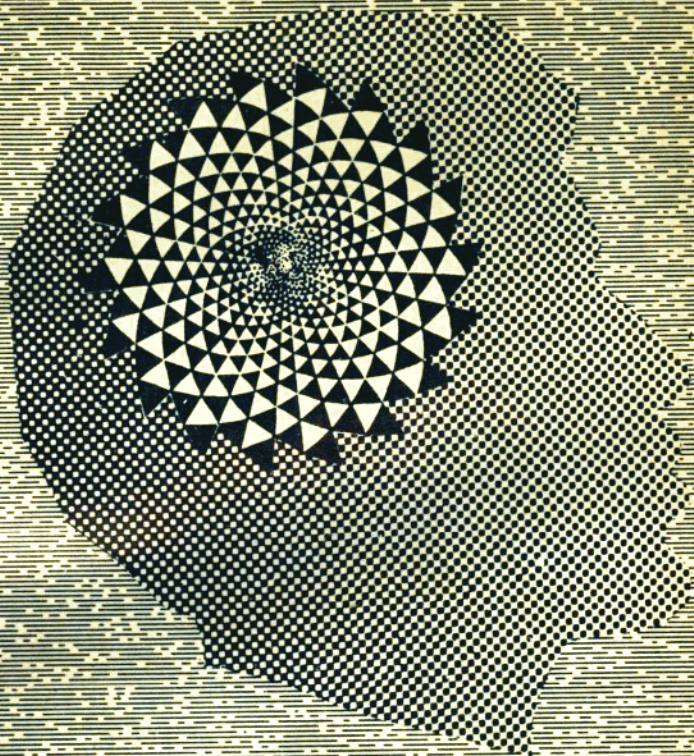




曹宝志 主编

# 中学物理解题的思维科学

新疆科技卫生出版社(K)

# 前 言

中学物理难学也难教,中学生最感头疼的是解答物理习题。

学生对千变万化的各种类型的物理习题常常感到无从下手,很多学生不得不借助“题海战”以提高解题能力,而这又往往事倍功半。

本书试图从理论到实践以近代思维理论为依据来揭示物理解题思维的一般规律、方法和策略,使读者在分析问题、解决问题中形成科学的解题思维。书中向读者介绍了物理解题中的心理操作方式、三种基本思维方法、八种常用的思维策略、三种典型的解题思维训练方法以及影响物理解题的各种因素和克服不良影响的手段。力求通过有限的思维训练,使学生步出物理解题思维的误区,从“题海”中解脱出来,收到事半功倍的效果。

本书适合于高中毕业班与非毕业班学生开发解题思维能力,进行解题思维训练;也可作为读者自学高中或中专物理学科的参考书;同时还可作为中学物理教师指导学生进行科学的解题,研究物理解题思维规律的参考资料。

本书在编著过程中得到乌铁教育学院物理系金壁辉副教授的大力支持,乌鲁木齐市教研中心姚爽高级教师在百忙中抽出时间对书稿进行了审阅,在此一并表示衷心的感谢。

编著者

1992年1月于乌鲁木齐

# 目 录

## 前 言

• 1 •

## 第一章 物理解题中的心理操作

第一节 什么是物理解题的心理操作 ..... 1

第二节 心理操作实例分析 ..... 2

## 第二章 物理解题思维的基本方式

第一节 解题中的递推思维 ..... 15

第二节 解题中的形象思维 ..... 33

第三节 解题中的创造性思维 ..... 50

## 第三章 物理解题思维策略

第一节 解题思维策略范畴与思维起点 ..... 63

第二节 等效思维策略 ..... 64

第三节 系统化思维策略 ..... 73

第四节 隔离思维策略 ..... 84

第五节 逆向思维策略 ..... 86

第六节 反证思维策略 ..... 92

第七节 假设思维策略 ..... 94

第八节 发散思维策略 ..... 99

## 第四章 影响物理解题的因素

|     |              |     |
|-----|--------------|-----|
| 第一节 | 知识概括水平 ..... | 105 |
| 第二节 | 原型启发 .....   | 107 |
| 第三节 | 不可知性 .....   | 111 |
| 第四节 | 策略水平 .....   | 113 |
| 第五节 | 自我意识水平 ..... | 113 |

## 第五章 物理解题的科学思维训练

|     |                  |     |
|-----|------------------|-----|
| 第一节 | 思维训练的目的和方法 ..... | 128 |
| 第二节 | 问题途径训练 .....     | 130 |
| 第三节 | 思维自述训练 .....     | 139 |
| 第四节 | 错因识别训练 .....     | 151 |

## 第六章 物理解题思维方式与思维策略在高考物理试题中的具体运用

|                      |     |
|----------------------|-----|
| 1991 年高考物理试题分析 ..... | 173 |
|----------------------|-----|

|            |     |
|------------|-----|
| 参考书目 ..... | 194 |
|------------|-----|

# 第一章 物理解题中的心理操作

## 第一节 什么是物理解题的心理操作

### 一 心理操作是怎么回事

工人操纵机器,经过一系列的程序对原材料进行加工,制出产品完成生产任务。农民操纵农机具经过播种、浇水、施肥、锄草、喷洒农药、收割等程序完成农业生产。工人农民操纵机器和农机具生产的过程,就是一种操作。

操作具有明确的目的、对象和程序(或称为法则)。工人操作的目的是生产出产品,操作的对象是原材料,操作的程序是生产工序。农民操作的目的是收获农产品,操作的对象是农作物,操作的程序是从播种到收割的一个个连续的环节。心理操作也有它自己的目的、对象和程序。心理操作的目的是解决问题,操作对象是储存在大脑中与所要解决的问题相关的知识模块。心理操作的程序是检索提取→运用→运算反馈。

那么什么是心理操作呢?心理操作就是对储存在大脑中的知识模块进行检索提取、运用、运算反馈的心理操作过程。

### 二 物理解题的心理操作过程

物理解题的心理操作过程可按以下三个阶段进行:

第一阶段:检索提取阶段。

在解物理习题时,心理指向题目与题目所求,然后识别题目所属的知识范围,提取贮藏在大脑中与题目相近、相似的知识模块。提取出的知识模块可以是某一物理概念、某一物理定律、某一物理过程,也可以是与所解物理问题同类型的习题。第一阶段提出的模块为第二阶段知识模块的运用提供了必要的准备。值得注意的是,对于一个复杂的物理问题有时不能一下子将知识模块提取的十分准确,还需要在知识模块的运用过程中及时抛弃不准确的知识模块,重新从大脑中提取。

第二阶段:知识模块的运用阶段。

知识模块的运用阶段是心理操作的重要阶段,它包括判断、选择、衔接等操作环节。

第一阶段提取的知识模块,有的不能直接运用来解决问题,需要对各知识模块进行判断,选择与题目所求问题相适应的模块,对所选出的各知识模块来说,单独应用它们不可能解决复杂的问题,需要将各知识模块,即物理概念、定律、公式等运用题目所给背景条件衔接起来,运用衔接起来的模块解决物理问题。

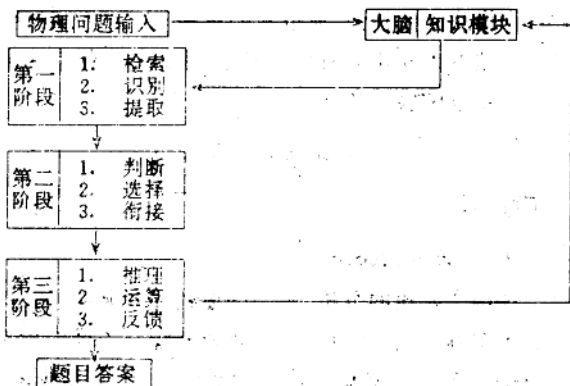
第三阶段:运算反馈阶段。

经过第二阶段的判断、选择、衔接等,解决问题的途径策略已经形成。再经过逻辑的或非逻辑的推理运算达到解决问题的目的。至此,心理操作还没有结束,还要对物理解题中知识模块提取、选择、衔接的方式方法进行肯定或否定的总结;然后反馈到大脑中成为新的解决问题的知识模块。心理操作的程序可用框图表示(见第三页物理解题的心理操作示意图)。

## 第二节 心理操作实例分析

物理解题实例分析将向我们展示物理解题中的心理操作过

## 物理解题的心理操作示意图



程。通过对实例的分析,可以获得物理解题心理操作的基本过程和方法。

例 i 图 1—1 所示,绳 CO 与坚直方向成  $30^\circ$  角, O 为一定滑轮,物体 A 与 B 用跨过定滑轮的细绳相连。已知 B 的重量为 150 牛顿,地面对 B 的支持力为 80 牛顿,各物体处于静止状态。试求: (1) 物体 A 的重量; (2) 物体 B 与地面间的摩擦力; (3) 绳 CO 的拉力。

分析与解

第一阶段: 心理指向题目, 检索提取知识模块

对题目叙述的物理现象

进行分析, 可以从头脑中提取重量、支持力、摩擦力、拉力、平衡等五个基本知识模块。

第二阶段: 对提取的知识模块进行判断、选择、衔接。

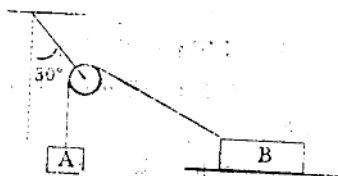
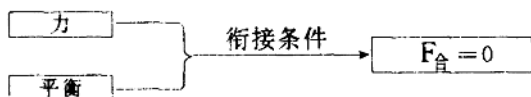


图 1-1

五个知识模块中,重量、支持力、摩擦力、拉力等四个力是可以“力”这个模块来概括的,所以我们选择“力”、“平衡”两个基本知识模块。这两个模块间有什么联系,是怎样衔接起来的呢?它们的联系可用框图表示如下:



第三阶段:运算反馈阶段。

通过上述两个阶段的分析,解题的途径已经确定,通过具体运算即可达到解题目的。运算前首先要将知识模块间的衔接(如上框图)具体化,列出各知识模块间的数学关系,再依据题目条件及图 1—2、图 1—3 将其具体化,可用框图表示(见第五页)。

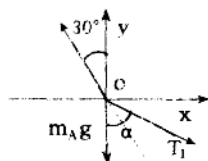


图 1—2

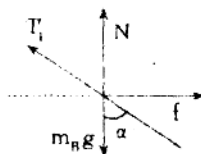


图 1—3

运用框图中表示衔接条件的四个等式以及牛顿第三定律 ( $T_1' = T_1$ ), 可求出问题的解(将五个等式联立求解), 具体运算过程从略。

总结该题的求解过程获得反馈到大脑中的信息, 运用  $F_{合} = 0$  是求物体平衡时受力的一种有效方法。

**例 2** 1989 年高考题。一个质量为  $m$ 、带有电荷  $-q$  的小物体可在水平轨道  $OX$  上运动,  $O$  端有一与轨道垂直的固定墙, 轨道处于匀强电场中。场强的大小为  $E$ , 方向沿  $OX$  正方向, 如

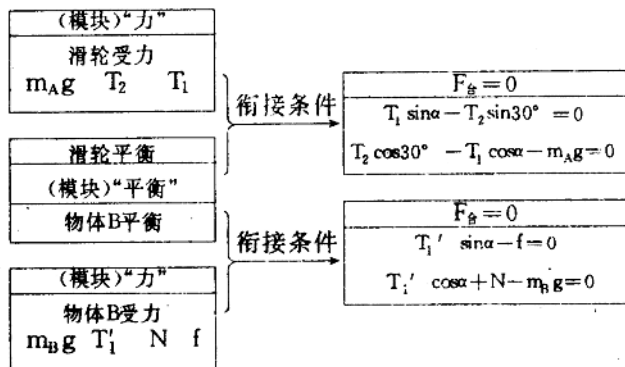


图 1—4。小物体以初速度  $V_0$  从  $X_0$  沿  $OX$  轨道运动, 运动时受到大小不变的摩擦力  $f$  作用, 且  $f < Eq$ 。设小物体与墙壁碰撞时不损失机械能, 且电量保持不变。求它在停止运动前所通过的总路程  $S$ 。

### 分析与解

第一阶段: 心理指向题目, 检索提取知识模块。

对题目叙述的物理现象

进行分析, 从大脑中提取电场力、电势能、速度、动能、摩擦力、摩擦力做功、能量守恒等七个知识模块。

第二阶段: 对提取出的模块进行判断、选择、衔接。

怎样对提出的模块进行判断选择呢? 依据题目具体条件以及小物体的运动情况进行判断选择。小物体受到摩擦力作用且摩擦力的方向与小物体的运动方向相反。小物体受电场力作用方向沿水平指向  $O$  点。由于受摩擦力与电场力作用, 小物体运

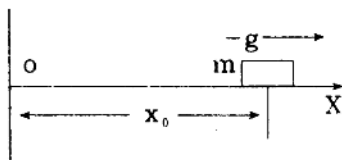
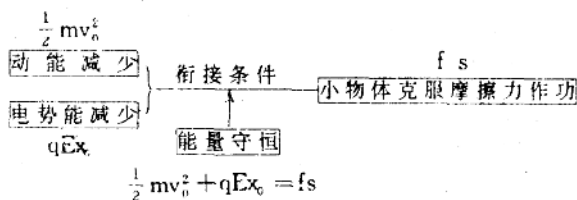


图 1—4

动到某一位置时速度会减小为零。小物体会在速度为零的位置上保持静止吗?显然不会。因为  $E_q > f$ , 物体将向左朝 O 点运动, 直到碰撞被弹回来。那么小物体最终的状态是怎样的呢? 从题目得知小物体碰壁并不损失能量, 只有克服摩擦力做功损失机械能。因此小物体每次碰撞时速率都较前一次小, 小物体通过无数次碰撞后最终停止在 O 点。

通过上面分析, 求解 S 属于能量守恒范围, 所以我们选择电势能、动能、摩擦力做功、能量守恒四个知识模块。这四个模块是怎样衔接起来用于解决问题呢? 小物体克服摩擦力做功导致小物体在位置  $X_0$  处所具有的动能与电势能在运动过程中损失无遗, 转变为其他形式的能量, 而能量转变多少可用摩擦力做功的大小来量度。至此, 四个知识模块间的衔接可用下面框图表示:



第三阶段: 运算反馈。

依据能量守恒原理, 若令小物体通过的总路程为 S 则得

$$\frac{1}{2}mv_0^2 + qEX_0 = fs \quad \text{解得} \quad S = (mv_0^2 + 2qEX_0) / 2f$$

反馈信息, 能量守恒定律可用来解决复杂运动中有关路程问题。反馈到大脑中的信息形成新的知识模块: 在一定条件下总能量的减少等于物体克服摩擦力作的功。

**例 3** 如图 1-5, 在厚铅板 A 表面有一放射源 C, 可向各个方向放射出速率为  $v$  的  $\beta$  的粒子 (质量为  $m$ , 电量为  $e$ )。电源电

电动势为  $\varepsilon$ ，内阻为  $r$ ，A、B 间距为  $d_1$ ，B、M 间距为  $d_2$ ，M 为荧光屏。整个装置放在真空容器中。滑动变阻器的阻值为  $R$ ，滑片 P 处在中点位置。试求： $\beta$  粒子以什么方向射出到达荧光屏时间最短？最短时间是多少？

### 分析与解

第一阶段：心理指向题目，检索提取知识模块。

对题目叙述的物理现象进行分析，从大脑中可提取电动势、电阻、位移、

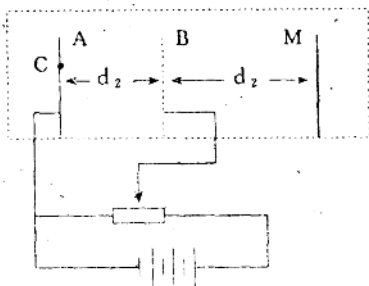
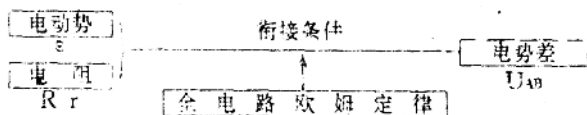


图 1-5

时间四个知识模块。对  $\beta$  粒子在电场中及真空中的运动过程分析可提取匀变速运动、匀速直线运动两个关于过程的知识模块。

第二阶段：对提取出的知识模块进行判断、选择、衔接。

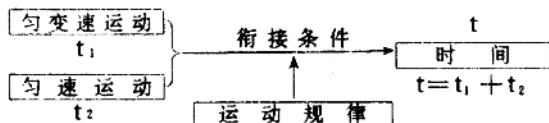
电动势、电阻、电势差三个知识模块是怎样衔接起来的呢？由图 1—5 可发现，AB 间电势差实质上等于电阻两端电压的一半。电势差  $U_{AB}$  与电阻、电动势间的衔接可由框图表示为：



$$\varepsilon = I(R + r) = 2U_{AB} + \frac{\varepsilon r}{R + r}$$

电势差与匀变速运动两模块是如何衔接的呢？因为  $\beta$  粒子在 AB 板间做匀速运动的原因是由于受到电场力的作用，并且电势差的大小决定着电场强度的大小与  $\beta$  粒子受电场力的大

小。所以两模块间通过“电场力”衔接，匀变速运动与匀速直线运动两运动过程模块间显然是由“速度”衔接起来的（匀变速运动末速度  $v_1$  等于匀速运动的速度  $v_2$ ）。最后题目所要求的时间  $t$  与两运动过程模块是通过什么衔接呢？由于题目要求最短时间，则  $\beta$  粒子必须沿垂直 AB 板方向放射。时间  $t$  与两运动过程模块间的衔接用框图表示：



$$d_1 = vt_1 + \frac{1}{2}at_1^2$$

$$d_2 = v_2t_2$$

第三阶段：运算反馈。

归结前两个阶段的分析可得出

$$\epsilon = 2U_{AB} + \frac{\epsilon}{R+r}r \quad (1)$$

$$d_1 = vt_1 + \frac{1}{2}at_1^2 \quad (2)$$

$$d_2 = v_2t_2 \quad (3)$$

$$a = \frac{Ee}{m} = \frac{U_{AB}e}{md_1} \quad (4)$$

$$v_1^2 - v^2 = 2ad_1 \quad (5)$$

$$v_2 = v_1 \quad (6)$$

$$t = t_1 + t_2 \quad (7)$$

联立上述方程求解得

$$t = t_1 + t_2 = \frac{2d_1}{v + \sqrt{v^2 + \frac{\epsilon Re}{m(R+r)}}} + \frac{d_2}{\sqrt{v^2 + \frac{\epsilon Re}{m(R+r)}}}$$

反馈回大脑的信息:解多物理过程的习题,重要的是寻找各过程模块间的衔接条件。

拓展:试求 $\beta$ 粒子到达荧光屏所用的最长时间。

$$[t = m(2d_1 + d_2) \sqrt{\frac{R+r}{eRe}}]$$

**〔本章小结〕** 物理解题的心理操作告诉我们,在物理解题时,首先要从大脑中提取关于题目的各知识模块,然后寻找各模块间的衔接条件,再将衔接条件具体化为一个个数学等式并利用这些等式求出题目的解。物理解题心理操作的优点在于:使复杂问题分化为一个个简单问题,分散了难点,解题者能够各个击破,从而能清楚地看到物理知识(物理概念、定律、原理、公式等)正是用在各知识模块间的衔接处,给解题者提供了一种运用物理知识解题的模式。

在本章结束之际,也许有的读者会提出如下问题:

1 大脑中的知识模块是怎样被提取出来的?为什么提取这些模块而不提取那些模块?

2 知识模块间的衔接条件是怎样找到的?通过什么方式得来的?

要回答上述问题还要研究物理解题的思维方式、思维策略等问题。从思维方式、思维策略角度才能对它们作出圆满的回答。

物理解题的思维方式与思维策略正是本书第二三章所讨论的内容。

## 目 标 练 习

练习要求：参照例题写出解答每一道练习题时心理操作三个阶段的具体内容。

1. 一根均匀木板 AB 长为 12 米，重 200 牛顿，距 A 端 3 米处有一固定转动轴 O，另一端用轻绳悬挂使板呈水平状态，绳与板的夹角为  $30^\circ$ ，如图 1—6 所示。如果

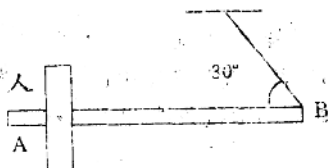


图 1—6

绳能承受的最大拉力为 200 牛顿，欲使一重 600 牛顿的人能在该板上安全行走，求行人走的范围。

2. 体重为 60 千克的建筑工人，不慎从高空跌下，由于弹性安全带的保护，使他悬挂起来。已知弹性安全带的缓冲时间是 1.2 秒，安全带长 5 米，取  $g = 10 \text{ 米/秒}^2$ ，则安全带所受平均冲力的大小为 [ ]。[提示：建立过程模块]

A 500 牛    B 1100 牛    C 600 牛    D 100 牛

3. 从同一地点以相同速度先后竖直抛出两块石头，第一块比第二块晚  $\Delta$  秒钟，若抛出时速度 50 米/秒，问第二块石头抛出后经几秒钟与第一块石头相遇。[说明：本题建构模块后找不同的衔接条件，至少可有三种求解方法]

4. 图 1—7，有两个长方形物体 A 和 B 紧靠放在光滑的水平桌面上。已知  $m_A = 2 \text{ 千克}$ ， $m_B = 3 \text{ 千克}$ ，有一质量  $m = 100 \text{ 克}$  的子弹，以  $v_0 = 800 \text{ 米/秒}$  的速度水平射入长方体 A，经 0.01 秒，又射入长方体 B，最后停留在长方体 B 内未穿出。设子弹所受摩擦力为  $3 \times 10^3 \text{ 牛顿}$ 。求 (1) 子弹在射入 A 的过程中，B 受 A

的作用力的大小？(2)当子弹留在 B 中时 A 和 B 的速度？[要求用牛顿定律求解]

说明：解题切忌就题论题，在模块建立之后要多思考，将原题一题多变，使之以一

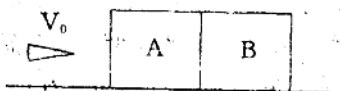


图 1-7

一当十，这就要在模块储存的信息量及衔接条件上多思考，以达到培养思维能力，迁移能力和应变能力。例如本题可作如下变化，请读者思考：如子弹穿过 A 后，又经 0.01 秒穿过 B，则 A、B 和子弹的速度各为多大？如果 A 叠在 B 上，情况怎样？如果 B 叠在 A 上，情况怎样？

5. 一单摆的摆线长为  $L$ ，将摆线拉到水平位置，由静止释放，不计空气阻力，当摆线与竖直方向成多大角度时，摆球可获得最大竖直分速度，最大竖直分速度多大？

6. 图 1-8，小球在恒力作用下，从水平轨道上的 A 点，由静止开始运动，到达 B 点时撤去外力。小球沿无摩擦的竖直半圆轨道运动，圆半径为  $R$  且刚好能通过最高点 C，小球脱离半圆轨道后又落回出发点。求小球在 AB 段水平轨道上的加速度。[提示：建立过程模块，参考例 3]

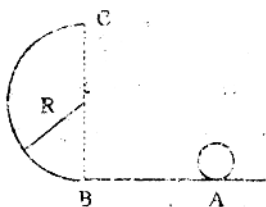


图 1-8

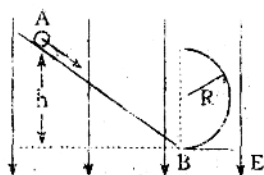


图 1-9

7. 图 1—9, 质量为  $m$  的小球带电为负  $q$ , 在左边为斜面、右边为半径  $R$  的半圆轨道上运动。小球在 A 点时的初速度为  $v_0$ 。方向与斜轨平行, 整个装置放在竖直向下场强为  $E$  的匀强电场中, 斜轨底端 B 至 A 端高度为  $h$ , 若小球在半圆轨最高点时, 轨道对小球的作用力为零。试求有多少势能转化为热能? [提示: 衔接条件从能量入手]

8. 图 1—10, 绝缘细线系着一个带正电荷的小球在匀强磁场中来回摆动(空气阻力不计), 与无磁场存在时相比[ ]。

- A 只要其他条件相同有磁场时小球运动周期要小些。
- B 小球在最低点的加速度要大一些。
- C 小球在最低点时摆线的张力要大一些。
- D 小球在最低点时摆线的张力比无磁场有时大有时小。

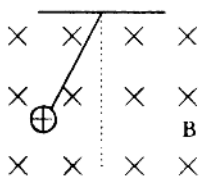


图 1—10

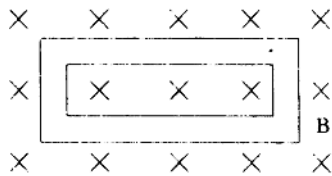


图 1—11

9. 图 1—11 匀强磁场中固定着粗细相同的同种导线组成的矩形线框 A 和 C, 磁场方向与线框平面垂直, 若磁感应强度  $B$  随时间均匀变大, 且已知 A 的长和宽都是 C 的 2 倍, 那么两线框中感生电流的电功率之比  $P_A:P_C = \underline{\hspace{2cm}}$ 。

10. 图 1—12 中球 A、B 的质量分别为  $m_A$ 、 $m_B$  且  $m_B = 2m_A$ , 把小球 A 由平衡位置拉到其悬线与竖直方向成  $\alpha$  角 ( $\cos \alpha = 0.9875$ ) 然后轻轻释放, 摆回原点 O 时与静止在哪里的 B 球

发生弹性正碰。碰后小球 A 以碰前速率的  $\frac{1}{3}$  返回, 小球 B 沿光滑水平轨道运动(轨道有足够长), 问水平轨道的长度 X 应满足什么条件, 才能使小球 B 从斜面上返回后正好与小球 A 在平衡位置处相碰。已知  $L=1$  米,  $g=10$  米/秒<sup>2</sup>。

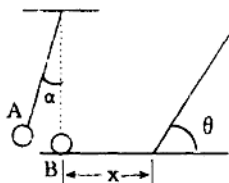


图 1-12

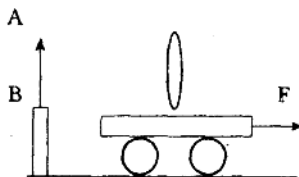


图 1-13

11. 在一个可以密封的绝热容器中, 盛有 1.1 克  $14^{\circ}\text{C}$  的水, 将质量为 1 千克, 温度为  $25^{\circ}\text{C}$  的铁块放在该容器中, 忽略铁块的体积变化和容器吸收的热量, 铁块和水达到热平衡后, 铁块的内能增量  $\Delta E =$  \_\_\_\_\_。

12. 图 1-13, 一焦距为 20 厘米的凸透镜直立在小车上, 两者的总质量为 0.5 千克, 在透镜的正前方 30 厘米处, 直立着物体 AB, 若用水平力  $F=0.125$  牛顿作用于小车上, 试求:

- (1) 加上 F 后的 2 秒钟内, AB 所成象移动的平均速度。
- (2) 若力 F 始终作用着, AB 所成象最终加速度。

13. 图 1-14, 静止在匀磁场中的一个锂核 ( ${}^6_3\text{Li}$ ) 俘获一个速度为  $7.7 \times 10^4$  米/秒的中子而发生核反应, 产生一个氦核和一个新核, 若测得  ${}^4_2\text{He}$  核的速度为  $2 \times 10^4$  米/秒, 方向与反应前中子运动方向相同。

- (1) 写出核反应方程。