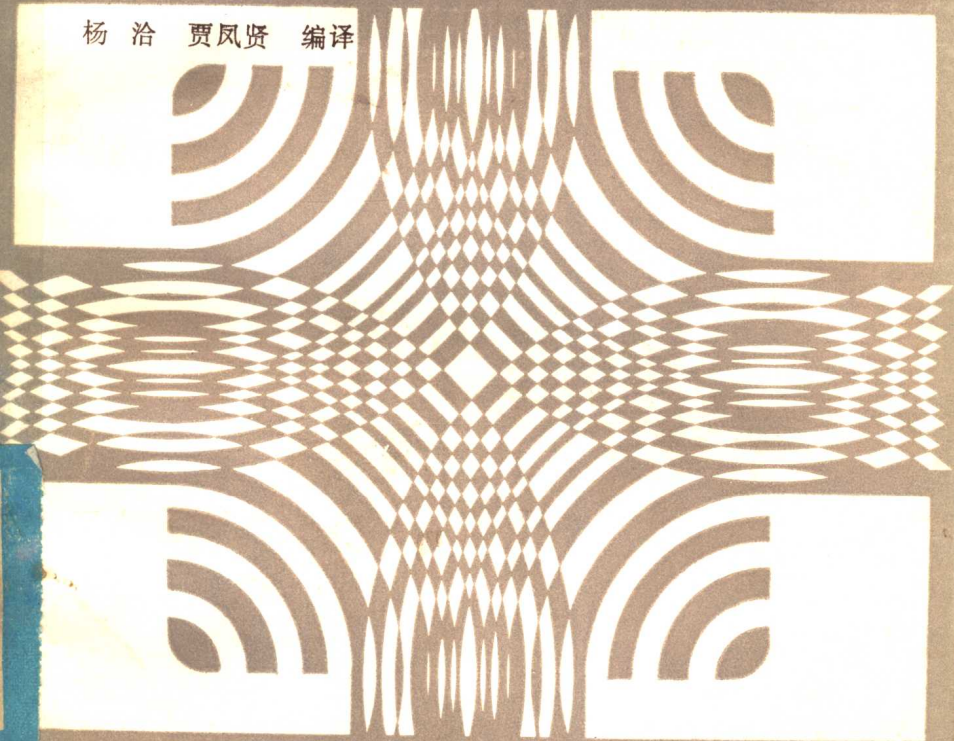


中学物理

难题解100选

杨 洽 贾凤贤 编译



陕西人民教育出版社

中学物理难题解100选

杨 洽 贾凤贤 编译

陕西人民教育出版社

中学物理难题解 100 选

杨 洽 贾风贤 编译

陕西人民教育出版社出版

(西安和平门外标新街 2 号)

陕西省新华书店发行 西北电讯工程学院印刷厂印刷

787×1092 毫米 32开本 印张10 字数218,000

1986年3月第1版 1986年3月第1次印刷

印数1—28,000

统一书号,7387·166 定价: 1.60 元

前 言

大家在学习物理时，一旦掌握了一般的物理知识，都想接触一些范围更广，难度更大的题目，以便深入基础知识，全面提高应用能力。为了使读者在有限的时间内，取得更好的学习效果，学会分析问题、解决问题的方法，我们编译了本书。

书中第一部分以东京大学等校入学试题为例，详细分析了解难题的步骤。第二部分从日本各名流大学试题及国内物理竞赛题中精选了100个难题。其中：力学40题，热学10题，波10题，电磁学35题，原子、原子核5题。第三部分给出了各题解答与关键思路。书中各题所注Ⅰ、Ⅱ是根据日本第一类型的教学计划和第二类型的教学计划拟定的。一般而言，Ⅰ偏重于基础知识，Ⅱ专业性强。*表示难度大的题目。为了便于读者了解国外物理学习情况，我们保留了学校名称及分数。

书中各题编者逐一作了演算和反复核对。图稿由崔秀茹等协助完成。由于编者水平有限，错误缺点在所难免，欢迎广大读者批评指正。

本书可供高中物理教师参考、也可供电大、夜大、职大、函大、刊大、高中学生及社会各界物理自学者参考。

目 录

难题的特点及其解法举例	1
§ 1 难题的特点	1
§ 2 难题的解题步骤和例题	2
I 力 学	28
§ 1 速度、加速度	28
§ 2 运动定律与质点运动	31
§ 3 圆运动	42
§ 4 功与能	48
§ 5 简谐振动	56
§ 6 动量与冲量	66
II 热	73
§ 1 温度与热	73
§ 2 气体的状态变化	76
III 波	87
§ 1 波动	87
§ 2 声波	93
§ 3 光波	95
IV 电磁学	97
§ 1 静电学	97
§ 2 电容器	104
§ 3 含有电容器的直流电路	113
§ 4 带电粒子的运动	117
§ 5 电流与磁场	132

V 原子、原子核	138
§ 1 光子与物质波.....	138
§ 2 原 子.....	141
§ 3 核反应.....	143
解说与答案	145

难题的特点及其解法举例

§ 1 难题的特点

所谓难题，就是需要相当深入思考的问题。这些问题光靠记住公式和定律很难解决，还要在深刻理解基本原理、定律的基础上有敏锐的洞察和分析问题的能力以及应用基本知识的能力。多数难题都或多或少地有共同性。其特点主要如下：

1. 问题的文字长。
2. 包括有若干个不同条件。条件大多用符号和数字给出，但有时也用简单的语言表达。
3. 要处理涉及范围很广的多种现象。有的问题跨越不同领域，同时包含几个基本原理与定律。
4. 有时不能直接运用公式。
5. 要求有几种不同的考虑方法。
6. 答案的文字大都很长。

下面讲讲物理学各部分，什么地方会出现难题。

〈力学〉 与碰撞有关的问题：在大多数场合中，这种题都以滑轮和弹簧为题材，但在相对运动、惯性和简谐振动方面也能碰到难题。其中，特别是在以弹簧为题材的问题中有相当多的难题。

〈热〉 与气体的状态变化、功及内能有关的问题。

特别是在求解气体状态变化的问题时，除推导过程复杂

外，有时还要求把考虑的多种条件绘制成图，于是使问题变得相当难。

在关于功与内能的问题中，要求用符号表示状态量和能量等物理量、并列出式子，或者在推导过程中采用近似式，这样一来就使问题变得难了。

对气体，从微观（分子运动）方面观察问题的现象，再与宏观现象作比较，并推导出结果，也构成难题。

〈波动、声波、光波〉运用波动方程解决问题也是高难度的问题。

〈光波〉以光干涉为中心的问题多，难题也不少。

〈电磁学〉与电容器有关的问题多，并且难题也多。例如：① 关于电容器和电介质，从静电角度问它们的特性与电现象的变化问题；② 对含有电容器的直流电路，需考虑电阻及电流等之间的关系问题；③ 在交流电路方面，问电容器给电路带来的电气现象的变化（如电流、电压的相位移动）等。

〈原子〉表示光的粒子性的光电效应问题很多。这些问题本身就是非常难的。

§ 2 难题的解题步骤和例题

① 把问题的内容用图描述出来。

用很短的时间把题目全文看一遍，抓住题目的大意，然后，把题目再细读一遍，一面将问题的内容用图描述出来，一面理解题意。此时把未知的物理量用符号表示出来，把已知的物理量也用符号表示出来，在最后结果中把数值代入就

可以了。这些物理量也要写到图上去，使图中的物理现象具体化。如果纠集在一个图中不易看懂的话，则可分为两个或两个以上的图。再者，如果能把图画得具体化且合乎逻辑，就容易抓住现象和推导数式。

② 弄清待求的物理量，并把它们用符号表示出来。

③ 对题意的现象进行分析。

要弄清基本原理与定律在物理变化过程中是以什么样的现象依次出现的。并要考虑这些基本原理与定律是怎样配合起来转变为所述现象的，还要考虑在问题中怎样恰当地运用这些基本原理和定律。

④ 对所给的条件再次深入地思考。

有时难题中所给定的条件高或者复杂，这时弄清条件使用场合是困难的。由于条件不同，最后结果也要发生变化，所以当分析完了时，对给定的条件还要再作深入的思考。

⑤ 整理内容，并适当地运用公式，检查数值及单位。

对分析过的内容进行必要的整理，然后恰当地运用定律和公式，把物理概念用数式表达出来。此时，要检查式子中所包含的未知数的数目和式子的数目是否相同。然后推导出结果，最后检查单位是否正确。

⑥ 有时使用近似式。

在第⑤步当中，由于物理式和计算式复杂，有时使用近似式，或者采用简便的方法。

〈关于近似式〉

① 在给出近似式的场合，最好考虑采用近似式解题。

② 在有些场合，把使用近似式包含在问题所给的条件

中。也有时把它用语言、符号或数值表示出来。

③ 还有些场合，即使问题中没有给出使用近似式的条件，使用近似式也能简便地得出问题的解。

下面举出若干例题，作为解题步骤示例。

〈例题 1 弹簧上的板与物体的碰撞〉

有一倔强系数为 k 的弹簧铅直竖立着。设弹簧的质量可忽略，重力加速度为 g 。试回答下列问题。

(1) 如图所示，把质量为 M 的板平稳地放在弹簧上，在某个位置静止下来。

(a) 试求此时弹簧的压缩量 x_0 。

(b) 再求弹簧所贮存的能量（弹性势能） W_0 。

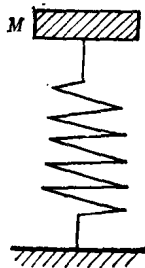
(2) 然后，使质量 m ($m < M$) 的物体以初速度 0 从板的上方 h_0 的高处落下。物体与板的碰撞为完全弹性碰撞（恢复系数 = 1）时，问：

(a) 第一次碰撞后，物体从碰撞前板的静止位置弹跳上升的高度为多少？

(b) 第一次碰撞后，板比碰撞前的位置下降了多少？试求出它的距离 x_1 。

(3) 在第 (2) 问中，若物体为粘土，考虑碰撞后与板一起运动的情况。

(c) 这时，板从碰撞前位置最大下降了多少？把这个距离 x_2 求出来。



(b) 另外, 在 $m = \frac{1}{2} M$ 时, 刚碰撞后板及物体所具

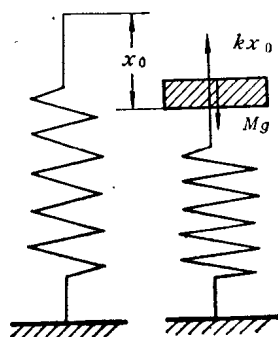
有的动能之和是物体临碰撞前的百分之几?

(东京工大)

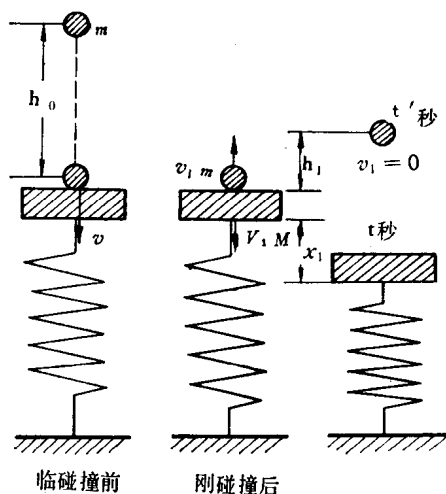
〈解题步骤〉

1. 把问题的内容用图表示出来 (必要的条件及物理量等用文字在图上)。

2. 弄清“求什么” (如有必要则用文字表示出来)。

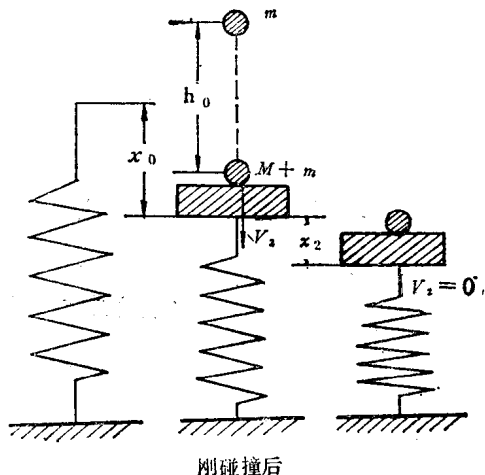


(1)



(2)

- (1) (a) 弹簧的压缩量…… x_0
 (b) 弹簧的弹性势能…… W_0



(3)

- (2) (a) 物体弹上去的最高高度…… h_1
 (b) 板下降的最大距离…… x_1
 (3) (a) 板下降的最大距离…… x_2
 (b) 碰撞前后板与物体所具有的动能之和的比

$$\dots\dots \frac{E_2}{E}$$

3. 分析题意的现象

- ① 照什么样的思考路线进行的
 ② 采用什么样的公式与定律

- (1) (a) 弹簧的压缩量 x_0

弹簧的压缩量 $\rightarrow$ 弹簧受到力 $\rightarrow$ 板受到的力

→ 板的平衡

→ 平衡方程式 $[Mg + (-kx_0) = 0]$

(b) 弹簧的弹性势能 W_0

弹簧受到力 → 弹簧的变形量 x_0

→ 弹簧的弹性势能

$$\rightarrow \left[W_0 = \frac{1}{2} k x_0^2 \right]$$

(2) (a) 物体上升的高度 h_1

物体自由下落 → 碰撞前的速度 $v \rightarrow$

→ 公式 $[v^2 - 0^2 = 2gh]$

→ 碰撞 → 物体的速度 v_1 → 高度 h_1

→ 板的速度 V_1

↓
公式 $[0^2 - v_1^2 = 2gh_1]$

→ 动量守恒定律 $[mv = -mv_1 + MV_1]$

→ 恢复系数 $\left[-\frac{-v_1 - V_1}{v - 0} = 1 \right]$

(b) 板下降的最大距离 x_1

碰撞 → 板的速度 V_1 → 板的动能 $\left[\frac{1}{2} M V_1^2 \right]$ }
弹簧的弹性势能 $[W_0]$ }

板下降 { 板的势能减少 $[-Mgx_1]$
弹簧的弹性势能 $\left[\frac{1}{2} k (x_0 + x_1)^2 \right]$

→ 机械能守恒定律

$$\left[\frac{1}{2} M V_1^2 + W_0 = -Mgx_1 + \frac{1}{2} k (x_0 + x_1)^2 \right]$$

(3) (a) 板下降的最大距离 x_2

临碰撞前粘土的速度 $v \rightarrow$ 碰撞 $\rightarrow$

$\rightarrow$ 刚碰撞后粘土和板的速度 V_2

$\rightarrow$ 动量守恒定律 $[mv = (M + m)V_2]$

$\rightarrow$ 粘土和板的动能 $\left[\frac{1}{2}(M + m)V_2^2 \right]$ $\left. \begin{array}{l} \text{弹簧的弹性势能} [W_0] \end{array} \right\} \rightarrow$

板的下降 $\left. \begin{array}{l} \text{粘土和板减少的势能} [-(M + m)gx_2] \\ \text{弹簧的弹性势能} \left[\frac{1}{2}k(x_0 + x_2)^2 \right] \end{array} \right\}$

$\rightarrow$ 机械能守恒定律

$$\left[\frac{1}{2}(M + m)V_2^2 + W_0 = -(M + m)gx_2 + \frac{1}{2}k(x_0 + x_2)^2 \right]$$

(b) 碰撞前后的动能比 $\frac{E_2}{E}$

粘土自由下落 $\rightarrow$ 临碰撞前的粘土速度 v

$\rightarrow \left\{ \begin{array}{l} \text{粘土的动能} \\ \text{板的动能 } 0 \end{array} \right\} \left[E = \frac{1}{2}mv^2 \right]$

$\rightarrow$ 碰撞 $\rightarrow$ 刚碰撞后粘土和板的速度 V_2

$\rightarrow$ 动量守恒定律 $[mv = (M + m)V_2]$

$\rightarrow$ 粘土和板的动能之和 $E_2 \left[E_2 = \frac{1}{2}(M + m)V_2^2 \right]$

$\rightarrow$ 碰撞前后的动能比 $\frac{E_2}{E}$

4. 对条件等再详细考虑

(1)、(2)、(3) 中弹簧的质量可忽略。

(2) $m < M$ 碰撞, 为完全弹性碰撞。

(3) $m = \frac{M}{2}$, 碰撞为完全非弹性碰撞。

5. 根据题意选用合适的定律和公式, 并推导出结果。
采用必要的公式。

(1) (a) 由作用于板上力的平衡得:

$$kx_0 = Mg \quad \therefore x_0 = \frac{Mg}{k}$$

$$(b) W_0 = \frac{1}{2} kx_0^2 = \frac{M^2 g^2}{2k}$$

(2) (a) 由于物体是自由下落, 所以

$$v^2 - 0^2 = 2vh_0 \quad \therefore v = \sqrt{2gh_0}$$

应用动量守恒定律及恢复系数的公式

$$mv = -mv_1 + MV_1, \quad -\frac{-v_1 - V_1}{v - 0} = 1$$

把 v 值代入这两式求解, 得:

$$V_1 = \frac{2m}{M+m} \sqrt{2gh_0}, \quad v_1 = \frac{M-m}{M+m} \sqrt{2gh_0}$$

并且,

$$0^2 - v_1^2 = -2gh_1 \quad \therefore h_1 = \frac{v_1^2}{2g} = \left(\frac{M-m}{M+m} \right)^2 h_0$$

(b) 应用机械能守恒定律

$$\frac{1}{2} MV_1^2 + W_0 = -Mgx_1 + \frac{1}{2} k(x_0 + x_1)^2$$

把前面要求得的 W_0 、 x_0 、 V_1 代入，求解得：

$$x_1 = \frac{2m}{M+m} \sqrt{\frac{2Mgh_0}{k}}$$

(3) (a) 应用动量守恒定律

$$mv = (M+m)V_2$$

$$\therefore V_2 = \frac{m}{M+m} v = \frac{m}{M+m} \sqrt{2gh_0}$$

应用机械能守恒定律

$$\frac{1}{2}(M+m)V_2^2 + \frac{1}{2}kx_0^2 = \frac{1}{2}k(x_0+x_2)^2 - (M+m)gx_2$$

把 x_0 、 V_2 的值代入求解，得：

$$x_2 = \frac{mg}{k} \left\{ 1 + \sqrt{1 + \frac{2kh_0}{(M+m)g}} \right\}$$

(b) 使用条件 $m = \frac{1}{2}M$ 和 (3) (a) 的 V_2 值，

$$\begin{aligned} \frac{E_2}{E} \times 100 &= \frac{\frac{1}{2}(M+m)V_2^2}{\frac{1}{2}mv^2} \times 100 \\ &= \frac{\frac{1}{2}(M+m) \left(\frac{m}{M+m} \right)^2}{\frac{1}{2}mv^2} \times 100 = 33\% \end{aligned}$$

〈例题 2 带有活塞的容器内的气体〉

把氦或氩单原子的理想气体 1 摩尔，放入与外部绝热的带有活塞的容器中，保持标准状态。稍微移动一下活塞，使

体积减少 1%。考虑此时的理想气体的状态,回答下列问题。

- (1) 如果压力的变化小到可以忽略不计,移动活塞要做多少功?
- (2) 气体的温度为多少度(有效位数求到 0.1°C)?
- (3) 试用考虑气体分子运动的方法,说明这个温度的变化。
- (4) 压力为多少大气压?(求到有效数字 3 位)

(物理常数值参照下表)

物理常数:

$$1 \text{ 大气压 } P_0 = 1.013 \times 10^5 \text{ 牛顿/米}^2$$

理想气体标准状态的体积

$$V_0 = 22.4 \times 10^{-3} \text{ 米}^3/\text{摩尔}$$

$$\text{气体常数 } R = 8.31 \text{ 焦耳/摩尔} \cdot \text{度}$$

(大阪市大)

〈解题步骤〉

1. 把问题的文字用图表示出来(必要的条件和物理量等。

