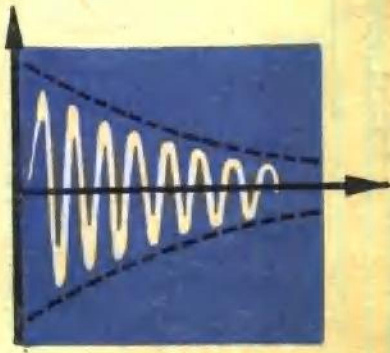


中学物理例题与习题

41

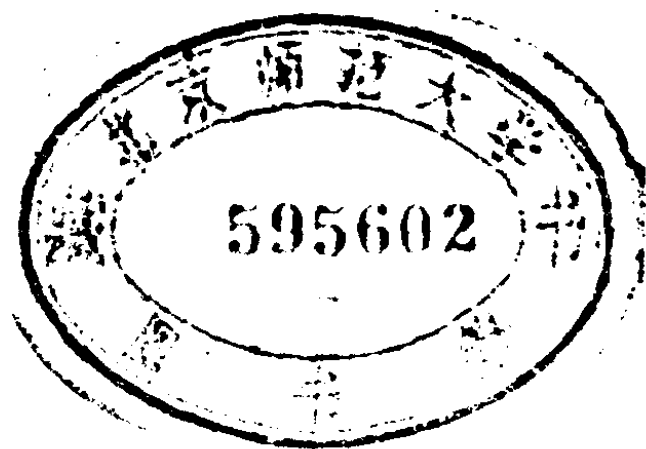


辛培之 李景春
上海教育出版社

ZHONGXUE WULI LITI YUXITI

中学物理例题与习题

辛培之 李景春



上海教育出版社

封面设计 钱震之

中学物理例题与习题

辛培之 李景春

上海教育出版社出版

(上海永福路123号)

新华书店上海发行所发行 上海群众印刷厂印刷

开本 787×1092 1/32 印张 12 字数 267,000

1979年1月第1版 1979年1月第1次印刷

印数 1—505,000本

统一书号: 7150·1960 定价: 0.87元

前 言

当前，广大师生都在为贯彻落实新时期的总任务而勤奋地工作和学习，为了提高中学物理教学质量，大家迫切希望有符合新大纲要求的物理习题集。为了满足这种需要，我们在《初中物理学问题和习题》与《高中物理学问题和习题》两本书的基础上，修改、编写了这本习题集。

修改、编写本书时，我们仍注重通过问题和习题帮助学生搞清概念，培养他们分析问题和解决问题的能力。综合题在本书中占有相当的比重，但计算过于烦琐及难度过大的题目则仍未编入。本书每题都有答案。由于篇幅限制，问答题的答案一般只列举要点，而未予详述。

对于本书的编写工作，院党委和系领导多方给以鼓励与支持，所以在较短时间内顺利完成了任务。

上海市闸北区物理中心组的同志以及杨耀寰、岳云峰两同志复核了全部答案，还有一些同志也给予了不同程度的帮助，另外，在编写中我们参阅了一些书籍、报刊，选用了一些资料，在这里一并表示感谢。

这次修改、编写工作，时间比较匆促，加之水平有限，书中错误或不当之处在所难免，希读者不吝指正。

编 者

1978年6月于齐齐哈尔师范学院

目 录

I 说明	1
------------	---

II 例题与习题	7
----------------	---

力 学

一、静力学	7	五、功和能	65
二、运动学	25	六、机械振动和 机械波 声学	80
三、动力学	42	七、流体力学	86
四、圆周运动 转动 万有引力	57		

分子物理学 热学

一、温度 热量	96	三、物态变化	104
二、气态方程	98	四、热和功 热机	107

电 学

一、电场	111	五、交流电路	212
二、直流电路	140	六、电子技术基础 无线电基础知识	227
三、磁场	185		
四、电磁感应	195		

光 学

一、光的反射和折射	237	三、光的色散 光谱	254
二、光学仪器	251		

原子结构

原子结构.....257 |

III 答案与提示261

力 学

一、静力学.....261	五、功和能.....282
二、运动学.....266	六、机械振动和 机械波 声学.....286
三、动力学.....273	七、流体力学.....290
四、圆周运动 转动 万有引力.....279	

分子物理学 热学

一、温度 热量.....294	三、物态变化.....296
二、气态方程.....295	四、热和功 热机.....297

电 学

一、电场.....299	五、交流电路.....345
二、直流电路.....307	六、电子技术基础 无线电基础知识.....353
三、磁场.....330	
四、电磁感应.....335	

光 学

一、光的反射和折射.....359	三、光的色散 光谱.....370
二、光学仪器.....368	

原子结构

原子结构.....373 |

附录 国际制单位表和物理常数表376

I 说 明

一、有效数字和近似计算

《中学物理教学大纲》(试行草案)里已列入有效数字和近似计算内容,教材中据此相应地加以阐述,因此我们没有必要详细论述这方面的内容。但是,为了有些读者的方便,在此简要地作一介绍。

(一)有效数字

近似数。我们在生活、生产和科研活动中所遇到的数有些是准确的,例如,四年级三班有 45 名学生,1 米=100 厘米, $S = \frac{1}{2}at^2$,这里的 45、100 和 $\frac{1}{2}$ 都是准确数。我们还会遇到大量的近似数,例如,电台报道某次大会有 30000 人参加,这 30000 人是个近似数,实际出席人数可能比它多些,或者比它少些。通过测量和计算得到的数大都是近似数。这因为测量时,测量工具本身和测量人员的技术会造成误差;计算时常用到一些常数,如 π 、 $\sqrt{2}$ 等,我们通常取 $\pi=3.14$, $\sqrt{2}=1.41$,这也带来了误差。

近似数的准确度*。我们可以用近似数来近似地表示一个量的准确值,允许有一定的误差,但这个误差不能太大,应该保证近似数有必要的准确程度。准确度表示出近似数接近准确数(真值)的程度,通常用绝对误差或相对误差表示。

* 为了简便,这里把准确度和精确度两概念当作是同义的。

绝对误差等于近似数和真值的差。

相对误差是绝对误差与真值之比,通常用百分比表示。

例如,某单摆的周期的真值(公认值)是2秒,实验测得它的周期是2.02秒,那么,绝对误差为2.02秒-2秒=+0.02秒,相对误差为 $\frac{+0.02}{2}=+1\%$ 。

一般地讲,如果 A 的近似数 a 的绝对误差不超过 d ,则记做 $A=a\pm d$ 。例如氢原子质量 $= (1.67339\pm 0.00031)\times 10^{-27}$ 千克。

有效数字。数学里把近似数里的数字分为有效数字和可靠数字,在物理中可不加区分,统称为有效数字。引入有效数字概念,使表示近似数的准确度的形式变得简明,特别是便于近似计算。

当用数字表示一量的近似值时,如果这个数的最末一位数字跟真值相应的那位相比,相差不超过 ± 1 个单位,那么,在这个近似数里,从第一个不是零的数字起到这个数位止所有的数字都叫做有效数字。有效数字的个数,也叫做近似数的有效数位。例如,取 $\pi=3.14$,则这个近似数有三个有效数位,有三位有效数字,它的准确值在3.13和3.15之间。 1.2×10^3 有两位有效数字,它的准确值在1100和1300之间。

有效数字的位数虽然可以事先作某种规定,例如规定精确到个位、十分位或百分位,但是这种规定并不是任意的,要根据实际情况来确定。对于测量得到的数据,它的有效数位要根据所使用的测量器具的精密度来确定。例如,用普通米尺测量长度时,可精确到厘米的十分位;用一般的游标尺测量时,可精确到厘米的百分位。如果两次测得结果都是5厘米,则前者应记为5.0厘米,有两位有效数字;后者应记为5.00

厘米,它有三位有效数字。

对于过大或过小的数常用 $M \times 10^n$ 这种形式表示,其中 M 是在小数点左边只有一个非零数字的数,它的位数与有效数位相同, n 可为正整数或负整数。例如,0.00129 可写成 1.29×10^{-3} , 62000 这个数如果最后的两个零不是有效数字,则可写成 6.20×10^4 。电子的质量为 9.1091×10^{-31} 千克,地球的质量为 6×10^{24} 千克。从以上所举的例子中我们看到,有效数位跟小数点的位置没有关系,小数点后表示有效数位的零不能随意去掉。例如,5.0 厘米表示准确值在 4.9 厘米和 5.1 厘米之间,而 5 厘米表示准确值在 4 厘米和 6 厘米之间。 6.1×10^3 表示绝对误差不超过 100,而 6.10×10^3 表示绝对误差不超过 10。

(二) 近似计算

当近似数参与加、减、乘、除等计算时,所得的值的有效数位的选取应遵循一定的规则。这里简要介绍某些结论。

加或减。前面已经说过,有效数字的最末一位是不完全可靠的(误差不超过 ± 1 个单位),不可靠数字间相加减,或者不可靠数字与可靠的数字相加减,结果仍是不完全可靠的。在所得的值里只能保留一位不完全可靠数字,其余的舍去(四舍五入)或以零补足位数。例如

$$\begin{array}{r} 2.25 \\ 13.4 \\ + 0.236 \\ \hline 15.886 \end{array} \qquad \begin{array}{r} 24 \\ - 2.67 \\ \hline 21.33 \end{array}$$

在加法里和应取三位有效数字,因为小数点后第一个数字 8 已经是不完全可靠了,再多取没有意义,所以和应为 15.9。在减法里应取两位有效数字,结果为 21,这是因为 24 中的个位数字 4 是不完全可靠的,差中的个位数字 1 也是不完全可靠

的,应取到个位为止。

由此我们可推得如下规则:有效数字相加减时,和或差的有效数字的最末一位(最右边一位)的位置应该是待加或待减的各有效数字中最左边的不可靠数字的位置。一般地说,三位有效数字互相加减,其和或差的有效数位不超过三位。

乘或除。跟加或减一样,当一个不可靠数字跟另一个数字相乘或相除时,它们的积或商也是不完全可靠的。所以,几个有效数字相乘或相除时,它们的积或商的有效数位最多和相乘或除的诸数中有效数位最少的位数相同,有时比诸数中有效数位最少的位数还要少一位。例如 $32.6 \times 6.8 = 2.2 \times 10^2$ 。

在乘方或开方的计算中,计算结果的有效数位跟参与计算诸数中有效数位最少的位数相同。

(三)本书关于近似数的有效数位的选取

前已述及,近似数的有效数位的确定要根据实际情况来决定,不能随意乱来。作为习题集,题目中给出的数据,有些是假设的,有些是摘录其他资料,也有一些测量数据。如果用特殊写法标记出各数据的有效数字,遵循近似计算规则确定答案中相应的有效数位,就目前实际情况来看,对广大读者来说或许并不方便,所以我们没有这样做。但也不能认为题目给出的数据都是真值,按准确数计算保留计算结果里的所有数字,这样做没有意义,徒然浪费宝贵的时间和精力。

在一般情况下,人们常注意到两位或三位有效数字。本书按照这种习惯,笼统地取用三位有效数字。当然,有些特殊情况也可以取四位或五位有效数字。对题目正文中给出的数据,一般都可看作是三位有效数字,例如,5米应看作是5.00米,60千克应看作是60.0千克,20000焦耳应看作是 $2.00 \times$

10^4 焦耳。

解题时,中间计算过程按三位有效数字处理,最后结果一般只保留三位有效数字,或者保留两位有效数字。有了这个规定,为了简化,答案中小数点后表示有效数位的零也可以不写出。由于计算步骤不同,近似计算所得的结果可能有所差异,这并不意味着计算有误,读者在解题后对照答案时请注意这一点。

二、国际单位制(SI)

国务院于一九七七年五月二十七日颁发的《中华人民共和国计量管理条例(试行)》第三条规定:“我国的基本计量制度是米制(即公制),逐步采用国际单位制”。

国际单位制是一九六〇年第十一届国际计量大会通过的,其国际代号为SI,我国简称为国际制。

国际制中有许多单位跟米制中相应的物理量的单位是相同的,例如米、秒、千克、米/秒²等,所以,学习和掌握国际制单位并不困难。

米制实际上是多制并用,单位较为庞杂,这给学习物理造成一定的困难,采用国际单位制后就方便多了。

本书主要采用国际单位制。国际制在我国尚未全面推行,一些旧的单位制还未明令废除,有一个过渡阶段。有些单位,例如卡、千克力等属于“建议一般不用的其他单位”;比重的单位克/厘米³、千克力/分米³、吨/米³在米制中就属于制外单位,跟国际制单位牛顿/米³相差很悬殊,电阻率的单位也是这样;还有些单位如千伏安、千乏等是一些特殊的名称。这些单位在生活和生产技术中应用较为广泛。目前量度力和重量的器具

(如弹簧秤等)一般都是以千克力和克来读数的。因此,本书如完全摒弃这些目前在实际上还广泛使用的单位,势必给读者带来许多不便。所以,我们也适当留用其他单位制的单位和某些制外单位。

在题目正文中,单位一律用中文全称。在题解和答案中,单位尽量用国际代号;遇有混杂情形则用中文全称。为了方便读者,书后附表中列举了中学物理涉及到的各物理量的国际制单位、名称和国际代号。在各单元的解题分析概述中,还将介绍国际制单位跟其他单位制相应的单位间的换算关系,便于读者解题。

II 例题与习题

力学

一、静力学

解题分析概述

解决力的合成和分解的问题,首先,一定要弄清合力、分力的概念。在具体问题中,把某一个力是作为“合力”还是作为“分力”来对待,不是问题的本质,而是研究问题的方法,这要根据需要来决定。其次,在力的分解中,确定分力的方向是个关键,对此,一定要从这个力产生的实际效果来考虑。深刻理解牛顿运动定律是处理这类问题的基础。

用平行力的力矩原理:“诸平行力绕任何一个转轴的力矩之和,等于它们的合力绕同一转轴的力矩”来求物体的重心或者解决平行力的合成等问题,可以简化思考过程和减少运算中的错误。根据这个原理解题的方法,概要的说来就是:(1)全面理解题意,选定转轴;(2)具体分析物体所受的各力(方向、作用点),确定各力的力臂;(3)确定各力的力矩的大小和正负;(4)依据力矩原理列出方程求解。

处理力的合成和分解的某些问题,有时要用到“正交分解法”,这里我们对它做一简介。

设有两个以上的力(图中仅为两个力 F_1 和 F_2),作用于物体上的一点 O ,则以 O 为原点,水平方向为 X 轴作一直角

坐标 OXY (图 1)。然后将各力分别分解成沿 X 轴和 Y 轴

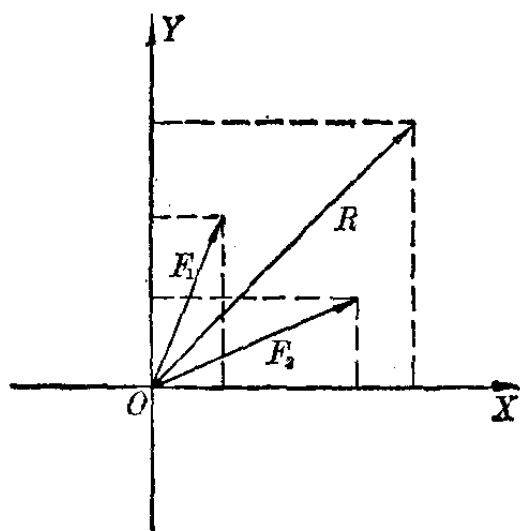


图 1

的两个正交分力。这样所有的力沿 X 轴的正交分力的代数和 $\sum F_{xi}$, 就等于其合力 R 沿 X 轴的正交分力 R_x ; 所有的力沿 Y 轴的正交分力的代数和 $\sum F_{yi}$, 就等于其合力 R 沿 Y 轴的正交分力 R_y 。即

$$R_x = \sum F_{xi}$$

$$R_y = \sum F_{yi}$$

而合力 R 的大小则为 $R = \sqrt{(\sum F_x)^2 + (\sum F_y)^2}$; 合力 R 的方向(可由其与 X 轴正向的夹角 φ 来表示)则为:

$$\varphi = \text{tg}^{-1} \frac{\sum F_y}{\sum F_x}。$$

如果物体处于平衡状态, 则作用在物体上的所有外力的合力为零, 因而各外力在 X 轴和 Y 轴方向的正交分力的代数和也必然都等于零, 即 $\sum F_x = 0$, $\sum F_y = 0$ 。这时用上述方法处理问题将显得更为简捷。

按题意, 在解题中绘出草图, 对解答静力学题目格外重要, 这里只提请读者注意, 不拟赘述。

对于静力学中能用两种以上方法来解的题目(如既可用同向平行力的合成的方法来解, 也可根据力矩原理来解), 读者不妨兼用多种方法去做, 因为解决实际问题时, 往往都用得上。

例 题

[例 1] 有轨电车的送电线, 拴在位于轨道两侧相距 24 米的两根电杆间所连接的钢绳的中点。在未拴送电线时, 电

杆间的钢绳是水平的。拴了后,绳的中点比原来低下 30 厘米 (图 2)。如果送电线作用在中点的竖直向下的力是 196 牛顿。试求钢绳所负担的拉力。

〔解〕 设送电线作用在绳的中点 O 的竖直向下的力是 P , 将 P 按平行四边形法则分解为在 BO 和 AO 方向的分力 F_1 与 F_2 。这里 $F_1 = F_2$ 是我们所要求的拉力。

从图中可以看出:

$$\frac{F_2}{\frac{P}{2}} = \frac{AO}{CO} \quad \text{即} \quad F_2 = \frac{AO}{CO} \times \frac{P}{2}$$

按题意 $CO = 30 \text{ cm} = 0.3 \text{ m}$,

$$AO = \sqrt{AC^2 + CO^2} = \sqrt{12^2 + 0.3^2} \approx 12 \text{ (m)},$$

$$\therefore F_2 = \frac{12}{0.3} \times \frac{196}{2} = 3.9 \times 10^3 \text{ (N)}.$$

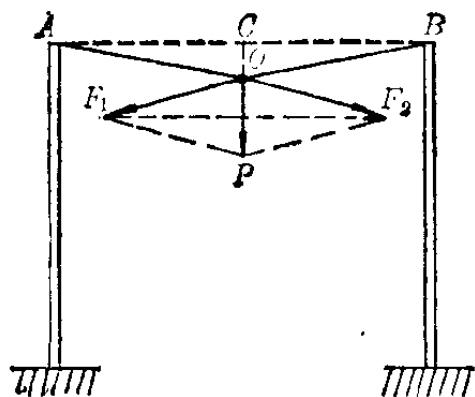


图 2

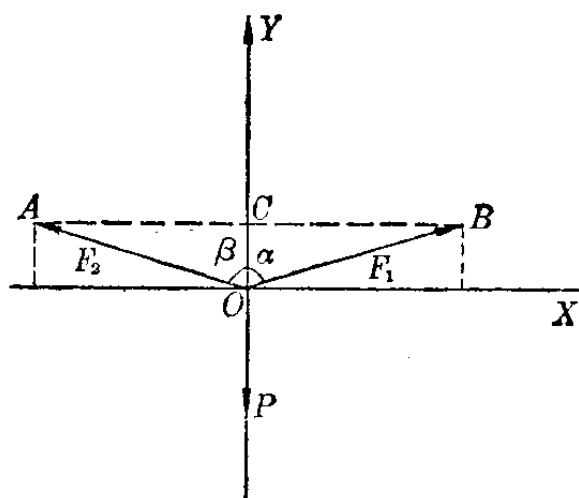


图 3

本例也可用“正交分解法”来解,解题方法如下:

如图 3 所示,过 O 点以水平方向为 X 轴作直角坐标系 OXY 。设 O 点拴送电线时,钢绳 BO 、 AO 两段负担的力分别为 F_1 和 F_2 。

将 F_1 、 F_2 和 P 分别分解在 X 、 Y 轴上,并注意 X 轴和 Y 轴各分力的合力 $\Sigma F_x = 0$, $\Sigma F_y = 0$ (因为送电线处于平衡状态),因而有:

$$\Sigma F_x = F_1 \cdot \sin \alpha - F_2 \cdot \sin \beta = 0 \quad (1)$$

$$\sum F_y = F_1 \cdot \cos \alpha + F_2 \cdot \cos \beta - P = 0 \quad (2)$$

由(1)式可得 $F_1 = F_2$, (力 P 作用在 AB 的中点, $\angle \alpha = \angle \beta$)

将 $F_1 = F_2$ 代入(2)式可得 $2F_1 \cdot \cos \alpha = P$,

$$\begin{aligned} \text{即} \quad F_1 &= \frac{P}{2 \cos \alpha} \\ &= \frac{P}{2 \cdot \frac{CO}{BO}} \\ &= \frac{P \cdot \sqrt{BC^2 + CO^2}}{2 \cdot CO}, \end{aligned}$$

代入数据则得

$$F_1 = \frac{196 \times \sqrt{12^2 + 0.3^2}}{2 \times 0.3} = 3.9 \times 10^3 (\text{N}),$$

即此时钢绳负担的力为 $3.9 \times 10^3 \text{N}$ 。

[例 2] 有一长 20 米水平的单孔公路桥, 一辆质量是 7 吨的载重汽车与一辆质量是 0.8 吨的越野车, 从两端相向驶往桥上。($g = 10$ 米/秒²)

(1) 当载重汽车驶至距其上桥的始端 10 米, 越野车驶至距另一端 5 米时, 两端桥墩各增加多少负重?

(2) 如果载重汽车驶至距其上桥的始端 12 米处与越野车相遇, 这时两端桥墩各增加多少负重?

[解] (1) 按题意只求因两车在桥上而使桥墩增加的负重, 故无须考虑桥本身的重量。这样则可将桥视为受到四个力的作用: 即载重汽车的重量 $P_1 = m_1 \cdot g$; 越野车的重量 $P_2 = m_2 \cdot g$; 桥墩 A 、 B 因两车在桥上而增加的对桥体两端的支持力 F_A 和 F_B (图 4)。这四个力是平衡的, 所以, 分别以 B 和 A 为转轴, 根据力矩原理则有:

$$F_A \cdot AB = m_1 g \cdot O_1 B + m_2 g \cdot O_2 B,$$

即

$$F_A = \frac{m_1 g \cdot O_1 B + m_2 g \cdot O_2 B}{AB},$$

代入数据得

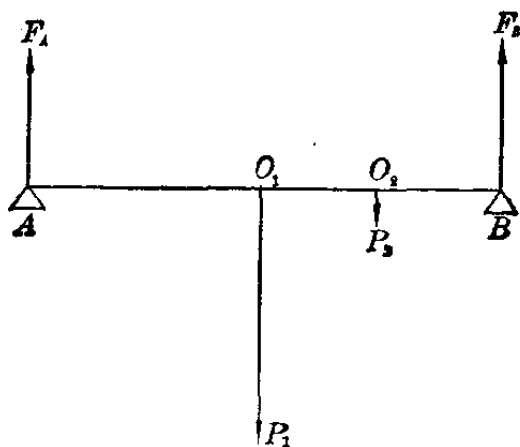


图 4

$$F_A = \frac{7 \times 10^3 \times 10 \times (20 - 10) + 0.8 \times 10^3 \times 10 \times 5}{20},$$

$$= 3.7 \times 10^4 (\text{N}).$$

同理可有
即

$$F_B \cdot AB = m_1 g \cdot O_1 A + m_2 g \cdot O_2 A,$$

$$F_B = \frac{m_1 g \cdot O_1 A + m_2 g \cdot O_2 A}{AB},$$

$$\therefore F_B = \frac{7 \times 10^3 \times 10 \times 10 + 0.8 \times 10^3 \times 10 \times (20 - 5)}{20}$$

$$= 4.1 \times 10^4 (\text{N}).$$

这时两桥墩增加的负重设为 f_A 和 f_B , 则 F_A 、 F_B 分别是 f_A 、 f_B 的反作用力, 所以

$$f_A = F_A = 3.7 \times 10^4 \text{ N};$$

$$f_B = F_B = 4.1 \times 10^4 \text{ N}.$$

(2) 两车相遇时(图5), 则有

$$F'_A = \frac{(m_1 g + m_2 g) \cdot OB}{AB},$$

$$\therefore F'_A = \frac{(7 \times 10^3 \times 10 + 0.8 \times 10^3 \times 10) \times (20 - 12)}{20}$$

$$= 3.1 \times 10^4 (\text{N}).$$

又同理可有

$$F'_B = \frac{(m_1 g + m_2 g) \cdot OA}{AB},$$