

现代物理学

学习指南

【美】J·B·马伦 著

陈俊衡 译



Study Guide for
PHYSICS IN THE MODERN WORLD

科学普及出版社广州分社

JY1179/16

现代物理学

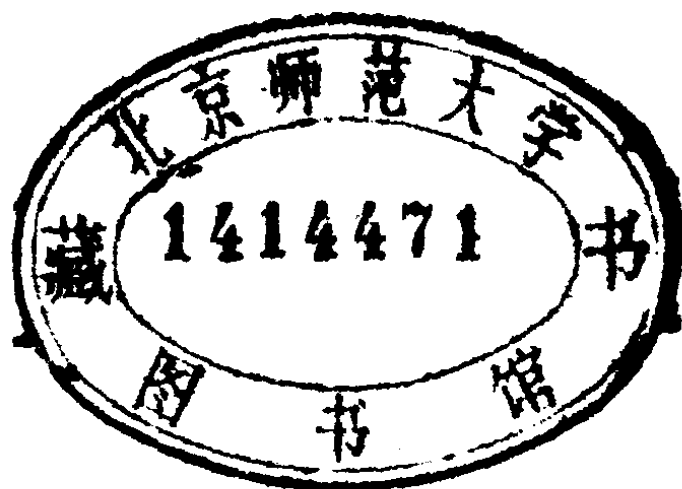
学习指南

(第二版)

[美]J·B·马伦著

陈俊衡 译

冯志通 校



科学普及出版社广州分社

内容简介

你想选择一本简明扼要、质量较高的普通物理学辅导读物吗？我们向你推荐《现代物理学学习指南》，这是美国同名书中的译本。

本书内容包括力学、热学、电磁学、光学、原子物理学及量子物理学等共21章。每章都简明扼要列出有关概念、定义和重要公式。为了帮助读者更好地掌握基本概念，各章都配有补充问题和练习，还附有较详细的答案，以供参考。

本书所引材料比较新，反映近几十年来，整个世界在物理学方面的巨大进展。

本书读者对象：大专院校、电大、业大、函大物理科学员，中学、中专物理科教师及有志自学成才者。

现代物理学学习指南

陈俊衡 译

冯志通 校

*

科学普及出版社广州分社出版发行

(广州市应元路大华西街兴平里三号)

广东省新华书店经销

广东第二新华印刷厂印刷

*

开本：787×1092毫米 1/32，印张：5，字数：100千字

1986年12月第一版，1987年 第一次印刷

印数：5,000册 统一书号：13051·60576

定价：0.95元

中译本前言

本书是为了帮助学习《现代物理学》一书而编写的自学指导书。虽然《现代物理学》在国内还未见到有中译本，但本书对于自学任何一本普通物理学的读者都将起辅导作用。本书共二十一章，内容包括力学、热学、电磁学、光学、原子物理学及量子物理学等方面，引入材料比较新颖，反映了近几十年来物理学方面的巨大进展。书中每章都列出了有关的概念、定义和重要公式，简明扼要，并举出适当的例题，加以分析说明。为了帮助读者更好地理解 and 掌握基本概念，书中各章都配有大量补充问题和练习，并附有较详细的答案，可供自学者参考。

在中译本中，除对原书中个别错漏的地方加以改正和补充外，基本上全部按照原著译出。但考虑到书中各章列出的参考读物，都是国外出版的书籍和论文，在国内难以找到，故删去。

本书可供具有高中以上文化水平的读者作自学普通物理学的辅助读物，也可供大专院校理工科函授学员、中学物理教师作为教学参考书。

本书由华南师范大学物理系陈俊衡副教授翻译，冯志通副教授校订。由于我们水平所限，译文不当之处，欢迎批评指正。

译者

1986年1月

注：《现代物理学》和《现代物理学学习指南》均为美国马里兰大学J·B马伦所著。

目 录

第一章	物理概念介绍	(1)
第二章	运动	(8)
第三章	力	(16)
第四章	动量	(24)
第五章	圆周运动、力矩和角动量	(30)
第六章	万有引力和宇宙航行	(37)
第七章	能量	(44)
第八章	在现代世界里的能量	(52)
第九章	热	(57)
第十章	液体和气体	(64)
第十一章	电学	(73)
第十二章	电磁学	(85)
第十三章	波	(95)
第十四章	电磁辐射	(103)
第十五章	光	(108)
第十六章	相对论	(116)
第十七章	电子和光子	(123)
第十八章	现代的原子论	(129)
第十九章	物质结构	(139)
第二十章	原子核和核能	(142)
第二十一章	辐射效应和应用	(152)

第一章 物理概念介绍

概念、定义和公式

1. 物理学的任务是在宏观（日常的东西、行星等）和微观（原子和分子）两方面去研究和理解我们的世界。

2. 一切力学量（密度，能量，力等）量度的单位，可以用三个基本量度单位来表示：**长度、时间和质量**。

3. 公制的标准单位是**米、千克和秒**（MKS制）。

4. 最常用的公制的倍数有：

$$1 \text{ 米} = 100 \text{ 厘米}$$

$$1 \text{ 厘米} = 10 \text{ 毫米}$$

$$1 \text{ 千米} = 1000 \text{ 米}$$

$$1 \text{ 千克} = 1000 \text{ 克}$$

5. 可以由任何英制的长度和质量单位变换成等量的公制单位，反过来也一样。

例如，用 $1 \text{ 哩} = 5280 \text{ 呎}$ ， $1 \text{ 呎} = 12 \text{ 吋}$ ， $1 \text{ 吋} = 2.54 \text{ 厘米}$ 和 $100 \text{ 厘米} = 1 \text{ 米}$ ，可把哩换成米。

6. 可以用10的幂乘或除的标记法去表示任何数。

$$\text{例如， } 140000 = 1.4 \times 10^5; \quad 0.00013 = 1.3 \times 10^{-4};$$

$$(2 \times 10^3) \times (3 \times 10^4) = 6 \times 10^7; \quad (6 \times 10^{-5}) \div (3 \times 10^{-8}) = 2 \times 10^3.$$

7. 可以用10的幂及公制单位来计算和表示一些日常事物的大小。

例如，手指的宽度约 $1 \text{ 厘米} = 10^{-2} \text{ 米}$ ；普通的卧室的体

积约 $4 \text{ 米} \times 4 \text{ 米} \times 3 \text{ 米} = 48 \text{ 米}^3$ 。

8. 理解时间和长度测量采用原子标准，而质量的测量却不能采用原子标准的理由。

9. 记住密度的定义：密度是每单位体积的质量， $\rho = M/V$ ，在这个表示式中，如果给定任意两个量，就能算出第三个量。

10. 对日常物品的密度应该有粗略的概念。（用克/厘米³作为密度单位或许是容易理解的，因为水的密度是1克/厘米³，要记住这个值）

重要公式和数值

换算因数：1 吋 = 2.54 厘米

1 磅 = 0.454 千克

1 千克 = 2.2 磅

密度： $\rho = \frac{M}{V}$

例题：

1. 在第六章里，我们将发现质量为 M_2 的物体作用在质量为 M_1 的物体上的万有引力是

$$F = G \frac{M_1 M_2}{r^2}$$

这里 r 是 M_1 和 M_2 间的距离，力的单位是 千克·米/秒²， G 的单位是什么？

解：

为了求 G ，有

$$G = \frac{F \times r^2}{M_1 M_2}$$

因此G的单位是

$$\frac{(\text{千克} \cdot \text{米}/\text{秒}^2) \times \text{米}^2}{\text{千克} \cdot \text{千克}} = \text{米}^3/\text{千克} \cdot \text{秒}^2$$

2. 把1厘米/秒表示为哩每年(哩/年)

$$\begin{aligned} \text{解: } 1 \text{ 厘米/秒} &= \left[1 \text{ 厘米/秒} \right] \times \left[\frac{1}{2.54} \text{ 吋/厘米} \right] \\ &\times \left[\frac{1}{12} \text{ 呎/吋} \right] \times \left[\frac{1}{5280} \text{ 哩/呎} \right] \\ &\times \left[\frac{3600 \text{ 秒}}{1 \text{ 小时}} \right] \times \left[\frac{24}{1} \text{ 小时/天} \right] \\ &\times \left[\frac{365 \text{ 天}}{1 \text{ 年}} \right] = 197 \text{ 哩/年} \end{aligned}$$

3. 地球和太阳的距离是150,000,000公里,把这个距离表示为:(a)厘米,(b)呎。

解:

$$\begin{aligned} \text{(a) } 150 \times 10^6 \text{ 千米} &= \left[150 \times 10^6 \text{ 千米} \right] \times \left[\frac{10^3 \text{ 米}}{1 \text{ 千米}} \right] \\ &\times \left[\frac{10^2 \text{ 厘米}}{1 \text{ 米}} \right] \\ &= 1.50 \times 10^{13} \text{ 厘米} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{(b) } 150 \times 10^6 \text{ 千米} &= \left[150 \times 10^{11} \text{ 厘米} \right] \\ &\times \left[\frac{1 \text{ 吋}}{2.54 \text{ 厘米}} \right] \end{aligned}$$

$$\times \left[\frac{1 \text{ 呎}}{12 \text{ 吋}} \right]$$

$$= 4.92 \times 10^{11} \text{ 呎}$$

4. 在公式 $T = 2\pi\sqrt{l/g}$ 中, T 的单位是什么? (g 是重力加速度用米/秒²表示, l 是长度用米表示)

解:

$$T = 2\pi\sqrt{l/g} = 2\pi\sqrt{\frac{\text{米}}{\text{米/秒}^2}} = \text{秒}$$

5. 500克钉子的质量用磅表示是多少?

解:

$$500 \text{ 克} = (500 \text{ 克}) \times \left[\frac{1 \text{ 千克}}{10^3 \text{ 克}} \right] \times \left[\frac{2.2 \text{ 磅}}{1 \text{ 千克}} \right]$$

$$= 1.1 \text{ 磅}$$

6. 半径为3.0厘米的圆柱体, 质量为500克, 密度为4.0克/厘米³, 计算它的高度。

解:

$$\rho = \frac{M}{V} \text{ 和 } V = \pi r^2 h, \text{ 故}$$

$$\pi r^2 h = \frac{M}{\rho}$$

所以

$$h = \frac{M}{\pi r^2 \rho} = \frac{5.0 \times 10^2 \text{ 克}}{(3.14)(3.0 \text{ 厘米})^2 (4.0 \text{ 克/厘米}^3)}$$

$$= 4.42 \text{ 厘米。}$$

补充问题和练习

1. 在公制中，长度、时间和质量的量度是用
 - (a) 呎、秒和磅
 - (b) 呎、秒和千克
 - (c) 米、分和千克
 - (d) 米、秒和千克
2. 下面式子哪个是不正确的？
 - (a) $0.014 = 1.4 \times 10^2$
 - (b) $13760 = 1.3760 \times 10^4$
 - (c) $127 \times 10^4 = 1.27 \times 10^6$
 - (d) $0.000078 = 0.78 \times 10^{-4}$
3. 用10的幂的记数法写出下列的数
 - (a) 137650
 - (b) 162.78
 - (c) 0.00037
 - (d) 100,000,000,000
4. 从1967年开始，国际的时间标准是依据于：
 - (a) 石英晶体的迅速振动
 - (b) 氦原子所发的光
 - (c) 铯原子的振动
 - (d) 音叉的振动
5. 用秒表示你的岁数？（不要忽略闰年）
6. 若速率单位是浪/两星期，用哩/小时和厘米/秒表示。
（1浪是220码）
7. 比较时间和长度的原子标准与任意定义的标准有什么有利条件？
8. 1短吨等于多少克？（1短吨 = 2000磅）
9. 下面的式子哪个是近似正确的？

(a) 1 日 $\approx 10^4$ 秒

(b) 5 千克 ≈ 11 磅

(c) 3 哩 ≈ 2 千米

(d) 1 呎 ≈ 15 厘米

10. 100 厘米³ 的水银质量是多少? ($\rho = 1.36 \times 10^4$ 千克/米³)

11. 用比率定义密度

(a) $\frac{\text{质量}}{\text{体积}}$

(b) $\frac{\text{体积}}{\text{质量}}$

(c) $\frac{\text{质量}}{\text{长度}}$

(d) $\frac{\text{体积}}{\text{长度}}$

12. 按照密度增加的顺序把下面的物质排列出来:

钢, 油, 软木, 铅, 石头。

13. 有两个密度相同的物体, 下面哪一种陈述是正确的?

(a) 两个物体的体积相同

(b) 两个物体质量相同

(c) 如果是圆柱体, 则它们有相同的直径

(d) 如果一个物体的体积是另一个物体体积的两倍,

则它也有两倍的质量

14. 立方晶体的边长是 11.5 毫米, 若质量是 3.5 克, 它的密度用克/厘米³ 表示该是多少?

15. 设有两块黄金, 一块质量是 2.0 千克, 另一块质量是 5 千克, 每块的密度是多少?

补充问题和练习的答案

1. (d)

2. (a)

3. (a) 1.3765×10^5 , (b) 1.6278×10^2 , (c) 3.7×10^{-4} ,

(d) 10^{11}

4. (c)

5. —

6. 3.72×10^{-4} 哩/小时; 1.66×10^{-2} 厘米/秒

7. 在任何实验室里需要建立一个保证绝对相同的标准, 因为所有原子是完全相同的, 所以原子标准是非常正确的。

8. 9.07×10^5 克

9. (b)

10. 1.36千克

11. (a)

12. 软木, 油, 石头, 钢, 铅

13. (d)

14. 2.30 克/厘米³

15. 1.93×10^4 千克/米³; 两块都具有同样的密度

第二章 运动

概念、定义和公式

1. **平均速率**的定义是 $\bar{v} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$; 熟悉这表示式中每项的意义。

2. **速率**的概念不涉及运动方向。

3. 会作出和解释**距离—时间图**, 记住在这图中, 直线是表示**速率不变**的运动。

4. 必须知道**瞬时速率**的意义和它与**平均速率**有什么不同。

5. 可以从**距离—时间图**的曲线上, 得出任何特定瞬间的**瞬时速率**。

6. **加速度**的定义是 $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ 。另一个常用公式是

$v = v_0 + at$ 。记住一个物体从静止 ($v_0 = 0$) 以不变加速度开

始运动, 经过时间 t 后, 距离 $x = \frac{1}{2}at^2$ 。

7. 了解 x 和 v 的方程的几何解释。也就是能够借助于图形去描述运动。

8. 必须记住, 由于**重力**作用, 靠近地面物体自由下落的加速度是 $g = 9.8 \text{米/秒}^2 = 32 \text{呎/秒}^2$ 。必须知道, 对于落体的特

殊情况，怎样去运用基本方程 $x = \frac{1}{2} at^2$ 。

9. 熟悉物体下落运动时的空气阻力效应。

10. 了解为什么**速度是矢量**，而**速率**却不是。

11. 记住矢量的简单处理规则。应该会作两个矢量和（或差）的图，并且把一个矢量分解成相互垂直的两个**分量**，懂得怎样运用**勾股定理**和初等三角学去求矢量和矢量的分量。

12. 应该理解为什么靠近地球表面自由运动的物体只有它的垂直部分运动是加速的，应该记住这样运动的物体（如果运动存在不为零的水平分量），它的轨道是**抛物线**。

13. 记住速度矢量的**任何变化**（在数值或方向上）都构成**加速度**。

重要公式和数值

$$\text{平均速率: } \bar{v} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

$$\text{平均加速度: } a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

$$\text{加速运动移动的距离: } x = v_0 t + \frac{1}{2} at^2 \quad (a = \text{恒量})$$

$$\text{瞬时速率: } v = v_0 + at \quad (a = \text{恒量})$$

$$\text{重力加速度: } g = 9.8 \text{米/秒}^2 = 32 \text{呎/秒}^2$$

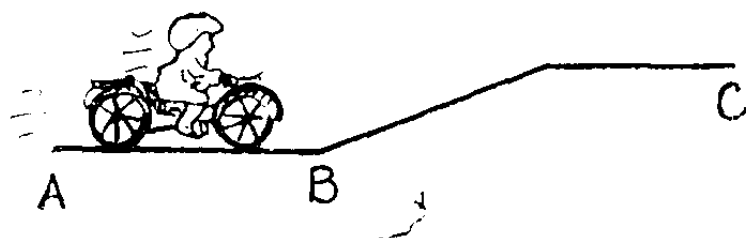
例题:

1. 汽车在8.0秒内速率从60米/秒减慢至20米/秒，它的平均加速度是多少？

解:

$$\begin{aligned}\bar{a} &= \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{20 \text{米/秒} - 60 \text{米/秒}}{8.0 \text{秒}} \\ &= -5.0 \text{米/秒}^2 \text{〔负号是意味着汽车是减速的。〕}\end{aligned}$$

2. 摩托车沿着如下所示的路上从A到B需用10秒钟, 从B到C需用30秒钟, 给出A和B之间的速率是80千米/小时, AC的距离是1.0千米, 求(a)对全程的平均速率(用千米/小时), (b)AB的距离(用米)。



解:

(a) 全程从A到C, 有

$$\begin{aligned}\bar{v}_{AC} &= \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{1.0 \text{千米}}{10 \text{秒} + 30 \text{秒}} \\ &= \left[0.025 \text{千米/秒} \right] \times \left[\frac{3600 \text{秒}}{1.0 \text{小时}} \right] \\ &= 90 \text{千米/小时}\end{aligned}$$

(b) AB间的平均速率是

$$\begin{aligned}\bar{v}_{AB} &= 80 \text{千米/小时} \\ &= \left[80 \text{千米/小时} \right] \times \left[\frac{1 \text{小时}}{3600 \text{秒}} \right] \\ &= 0.022 \text{千米/秒}\end{aligned}$$

$$\text{而 } \overline{AB} = \bar{v}_{AB} \times t_{AB}$$

$$\begin{aligned}&= \left[0.022 \text{千米/秒} \right] \times (10 \text{秒}) \\ &= 0.22 \text{千米} = 220.0 \text{米}\end{aligned}$$

3. 在另一星球上, g 值是 40 米/秒², 如果一个物体从这个星球表面上 80 米高处落下, 问物体从开始下落到抵达表面, 需多长时间?

解:

根据公式

$$x = x_0 + \frac{1}{2}gt^2$$

最初高度是 $x_0 = 80$ 米, 最后的高度是 $x = 0$;
所以

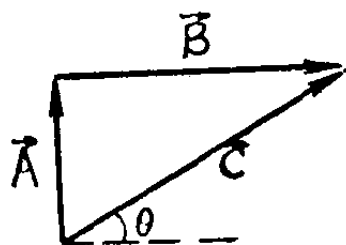
$$0 = (80 \text{ 米}) - \frac{1}{2}(40 \text{ 米/秒}^2)t^2$$

故 $(20 \text{ 米/秒}^2)t^2 = 80 \text{ 米}$

$$\text{即 } t = \sqrt{80 \text{ 米} / (20 \text{ 米/秒}^2)} = 2 \text{ 秒}$$

4. 设矢量 $\vec{A} = 5$ 米, 向北, $\vec{B} = 12$ 米, 向东。画图表示 $\vec{C} = \vec{A} + \vec{B}$; 求 \vec{C} 的大小和方向。

解:



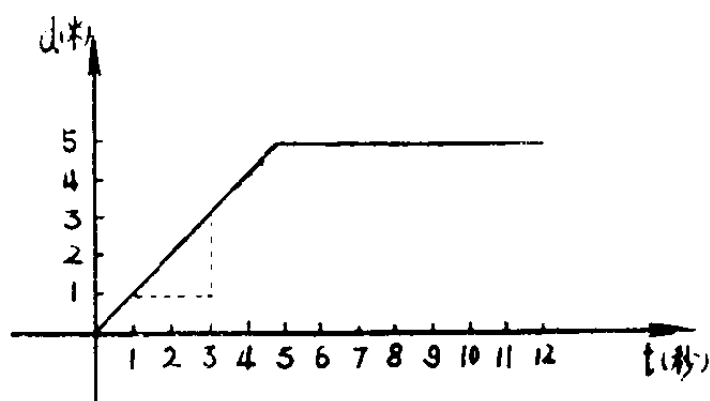
$$C = \sqrt{A^2 + B^2} = \sqrt{(5 \text{ 米})^2 + (12 \text{ 米})^2}$$

$$= \sqrt{25 + 144} \text{ 米} = \sqrt{169} \text{ 米}$$

$$= 13 \text{ 米}$$

$$\theta = \tan^{-1} \frac{A}{B} = \tan^{-1} \left[\frac{5 \text{ 米}}{12 \text{ 米}} \right] = 22.6^\circ$$

5. 下图表示车辆的运动，在下面两时刻间它的平均速度是多少？(a) $t = 1$ 秒和 $t = 3$ 秒，(b) $t = 8$ 秒和 $t = 10$ 秒？



解：

(a) 在 $t = 1$ 秒和 $t = 3$ 秒之间，有

$$\begin{aligned} v &= \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{3 \text{ 米} - 1 \text{ 米}}{3 \text{ 秒} - 1 \text{ 秒}} \\ &= \frac{2 \text{ 米}}{2 \text{ 秒}} = 1 \text{ 米/秒} \end{aligned}$$

(b) 在 $t = 8$ 秒和 $t = 10$ 秒之间，有

$$v = 0, \text{ 因 } \Delta x = 0$$

6. 下图表示车辆运动速率的变化，问车辆通过的距离是多少？

解：

回顾一下在速率—时间图中，曲线下面的面积表示通过的距离，

