

内 容 简 介

本书是为具有高中文化程度和有志于自学大学物理学课程的广大读者而编写的一本数学和自学参考书。由于本书内容丰富、概念清晰、通俗易懂、图文并茂而深受读者欢迎，共修订再版四次，重印 17 次，本书译自 1978 年第五版。

书中分力学与物质的性质两大部分，共七章。它简明扼要地论述了动力学、静力学、流体、表面张力、弹性、固体摩擦及粘性等课题。为便于自学，书中列举了许多实例，每章附有习题（收录了英国牛津、剑桥、伦敦等大学的高考试题），书末有答案。

本书可供具有高中文化水平的知识青年、中学师生及大专院校低年级学生、在职干部及工人自学，亦可供师范院校的有关教师参考。

M. Nelkon

MECHANICS AND PROPERTIES OF MATTER

Heinemann Educational Books Ltd, 1978

力学与物质的性质

〔英〕M. 内尔康 著

倪锄非 译

责任编辑 徐一帆

科学出版社出版

北京朝阳门内大街 137 号

石家庄地区印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1933 年 5 月第一版

开本：787×1092 1/32

1933 年 5 月第一次印刷

印张：9

印数：0001—13,500

字数：201,000

统一书号：13031·2257

本社书号：3087·13—2

定价：1.15 元

译者前言

本书是为具有高中文化程度和有志于自学大学物理学课程的广大读者而编写的一本教学和自学参考书。由于本书内容丰富、概念清晰、通俗易懂、图文并茂、编排合理而受到读者欢迎。本书在英国 1952 年初版以来，截止 1978 年，共修订再版四次，重印 17 次之多。这本中译本是根据 1978 年第五版新版翻译的。

全书分力学及物质的性质两大部分，共七章。书中简明扼要地论述了动力学、静力学、流体、表面张力、弹性、固体摩擦及粘性等课题。

原作者是从动力学、圆运动、简谐运动和刚体运动开始讲述力学的，因为这些课题比之静力学在物理学中有更多的应用，在数学较难的地方则采用了量纲分析法，在论述表面张力时，则广泛地运用了“过压”公式。在新版中，对原来的编排顺序作了新的调整使之更科学。此外，还补充了一些新的内容，如万有引力部分收入了关于卫星的动能和势能的讨论；在分子理论中，根据势能随原子（或分子）之间间距的变化导出了固体的某些共同性质；弹性部分则补充了对位错和滑移的介绍。

为便于读者自学和理解所介绍的内容，书中列举了许多具有详解的实例。每章后面都附有经过精选的习题（书末附有答案），习题中还收录和补充了英国牛津大学、剑桥大学、伦敦大学等著名大学的许多高考入学试题。

本书可供具有高中文化水平的知识青年、中学师生及大专院校低年级学生、在职干部、工人等阅读，亦可供师范院校的有关教师参考。

由于译者水平有限，不妥之处在所难免，欢迎读者批评指正。

译 者

目 录

第一章 动力学	1
§ 1.1. 直线运动。速度	1
§ 1.2. 矢量	2
§ 1.3. 速率和速度	3
§ 1.4. 距离-时间图	4
§ 1.5. 速度-时间图	5
§ 1.6. 速度-时间图与时间轴之间的面积	6
§ 1.7. 加速度	7
§ 1.8. 匀加速运动的物体所走过的距离。运动方程	8
§ 1.9. 在重力作用下的运动	10
§ 1.10. 合量。分量	11
§ 1.11. 自由落体加速度的分量	12
§ 1.12. 矢量的加法和减法	14
§ 1.13. 相对速度和相对加速度	15
运动定律。力和动量	17
§ 1.14. 牛顿运动定律	17
§ 1.15. 惯性。质量	18
§ 1.16. 力。牛顿	19
§ 1.17. 重量和质量	20
§ 1.18. 对 $F = ma$ 的实验研究	21
§ 1.19. $F = ma$ 的应用	22
§ 1.20. 线动量	23
§ 1.21. 力和动量变化	24
§ 1.22. 牛顿第三定律	27
§ 1.23. 线动量的守恒	28
§ 1.24. 线动量守恒原理	29

§ 1.25. 非弹性碰撞和弹性碰撞	32
§ 1.26. 恢复系数	33
§ 1.27. 动量和爆炸力	34
§ 1.28. 火箭	35
§ 1.29. 质心的运动	37
§ 1.30. 功	38
§ 1.31. 功率	39
§ 1.32. 动能	39
§ 1.33. 爆炸力产生的动能	40
§ 1.34. 势能	41
§ 1.35. 保守力	43
§ 1.36. 非保守力. 能量守恒原理	44
§ 1.37. 质量和能量	46
§ 1.38. 量纲	47
§ 1.39. 量纲的应用. 单摆	49
§ 1.40. 弦中横波的速度	50
习题 1	51

第二章 圆运动. 引力. 简谐运动 57

§ 2.1. 角速度	57
§ 2.2. 圆运动的加速度	58
§ 2.3. 向心力	60
§ 2.4. 离心机	61
§ 2.5. 骑自行车的人绕圆形路径的运动	61
§ 2.6. 汽车(或列车) 绕圆形路径的运动	62
§ 2.7. 汽车(或列车) 绕圆形倾斜路径的运动	63
§ 2.8. 重力加速度 g 随纬度的变化	64

引力 67

§ 2.9. 开普勒定律	67
§ 2.10. 牛顿万有引力定律	68
§ 2.11. 万有引力常数 G 及其测定	70

§ 2.12. G 的计算	71
§ 2.13. 地球的质量和密度	72
§ 2.14. 引力质量与惯性质量	73
§ 2.15. 太阳的质量	74
§ 2.16. 环绕地球的轨道	74
§ 2.17. 驻留轨道	75
§ 2.18. 失重	77
§ 2.19. 重力加速度的大小	79
§ 2.20. 势能	81
§ 2.21. 卫星的势能和动能	83
简谐运动	85
§ 2.22. 简谐运动中的公式	85
§ 2.23. 周期、振幅。正弦曲线	87
§ 2.24. 简谐运动过程中的速度	88
§ 2.25. 简谐运动方程——另一种推导	88
§ 2.26. 简谐运动结果的小结	89
§ 2.27. 简谐运动和 g	90
§ 2.28. 简谐运动的阻尼	91
§ 2.29. 单摆	93
§ 2.30. 用单摆测定 g	94
§ 2.31. 螺旋弹簧或弹性线	96
§ 2.32. 由螺旋弹簧确定 g	98
§ 2.33. 液体在 U 形管中的振动	99
§ 2.34. 振动系统中势能与动能的相互转换	100
习题 2	104

第三章 刚体的转动 112

§ 3.1. 转动惯量 I	112
§ 3.2. 均匀杆的转动惯量	113
§ 3.3. 环的转动惯量	114
§ 3.4. 圆盘的转动惯量	115

§ 3.5. 圆柱的转动惯量	116
§ 3.6. 球的转动惯量	116
§ 3.7. 回转半径	117
§ 3.8. 绕通过重心的轴与平行轴的转动惯量 之间的关系	118
§ 3.9. 绕垂直轴的转动惯量之间的关系	119
§ 3.10. 作用在刚体上的转矩	120
§ 3.11. 角动量及其守恒	124
§ 3.12. 角动量守恒的实验	126
§ 3.13. 开普勒定律和角动量	128
§ 3.14. 滚动物体的动能	129
§ 3.15. 滚动物体的加速度	131
§ 3.16. 飞轮转动惯量的测量	132
§ 3.17. 刚体的振动周期	134
§ 3.18. 板的转动惯量的测量	135
§ 3.19. 小结	136
习题 3	137

第四章 静力学。流体静力学 141

§ 4.1. 静力学	141
§ 4.2. 力的平行四边形	141
§ 4.3. 处于平衡的力。力的三角形	142
§ 4.4. 力矩	144
§ 4.5. 平行力	145
§ 4.6. 平行力的平衡	146
§ 4.7. 三个共面力的平衡	146
§ 4.8. 力偶形成的转矩	148
§ 4.9. 力偶所做的功	149
§ 4.10. 重心	150
§ 4.11. 质心	151

§ 4.12. 平衡的类型	154
§ 4.13. 梁式天平和灵敏度	156
流体	158
§ 4.14. 压强	158
§ 4.15. 压强公式	159
§ 4.16. 大气压。福丁气压计	160
§ 4.17. 对气压高度的“修正”	162
§ 4.18. 大气压随高度的变化	162
§ 4.19. 密度、相对密度	163
§ 4.20. 阿基米德原理	164
§ 4.21. 用阿基米德原理测量密度或相对密度	165
§ 4.22. 漂浮。比重计	166
§ 4.23. 运动中的流体。流线和速度	168
§ 4.24. 压力和速度。伯努利原理	169
§ 4.25. 伯努利原理的应用	171
§ 4.26. 流体速度的测量。皮托-静压管	173
习题 4	174

第五章 分子和物质。弹性178

分子和物质	178
§ 5.1. 物质的粒子性质	178
§ 5.2. 分子的尺寸和间距	178
§ 5.3. 分子间力	180
§ 5.4. 势能和力	180
§ 5.5. 由分子理论推出的固体的性质	182
§ 5.6. 汽化潜热	183
§ 5.7. 原子之间与分子之间的键	184
弹性	186
§ 5.8. 金属的弹性	186
§ 5.9. 比例极限和弹性极限	187
§ 5.10. 胡克定律	188

§ 5.11. 屈服点。延性物质和脆性物质。断裂应力	189
§ 5.12. 拉应力和拉应变。弹性模量	189
§ 5.13. 弹性模量的量纲	191
§ 5.14. 弹性模量的测定	191
§ 5.15. 弹性模量的大小	192
§ 5.16. 杆中由于收缩或膨胀引起的力	193
§ 5.17. 储存在金属丝中的能量	194
§ 5.18. F 对 e 的关系曲线和能量	195
§ 5.19. 体积模量	198
§ 5.20. 气体的体积模量	199
§ 5.21. 声速	200
§ 5.22. 刚性模量或剪切模量	201
§ 5.23. 扭转金属丝	203
§ 5.24. 泊松比	205
§ 5.25. 小结	206
§ 5.26. 塑性变形理论	207
§ 5.27. 位错和滑移	208
§ 5.28. 加工硬化	210
§ 5.29. 非金属。橡胶和玻璃	210
习题 5	212

第六章 固体摩擦。粘性固体摩擦217

§ 6.1. 静摩擦.....	217
§ 6.2. 静摩擦系数.....	217
§ 6.3. 动摩擦。动摩擦系数.....	218
§ 6.4. 固体摩擦定律.....	219
§ 6.5. 固体摩擦理论.....	220
粘性	220
§ 6.6. 牛顿公式。粘性系数.....	221
§ 6.7. 粘性系数的定义、单位和量纲.....	222

§ 6.8. 液体在管道中的定常流动。泊肃叶公式	222
§ 6.9. 湍流运动	225
§ 6.10. 与欧姆定律的比拟	226
§ 6.11. 用泊肃叶公式确定粘性	228
§ 6.12. 粘性的比较。奥斯特瓦德粘度计	229
§ 6.13. 斯托克斯定律。极限速度	230
§ 6.14. 粘性液体的粘性的比较	232
§ 6.15. 粘性的分子理论	233
习题 6	234

第七章 表面张力 239

§ 7.1. 表面张力现象	239
§ 7.2. 液体表面的能量。分子理论	239
§ 7.3. 表面面积。液滴的形状	240
§ 7.4. 表面张力的定义、单位、量纲	242
§ 7.5. 几个表面张力现象	243
§ 7.6. 毛细作用	244
§ 7.7. 接触角	245
§ 7.8. 接触角的测量	246
§ 7.9. 用毛细管法测量表面张力	247
§ 7.10. 利用显微镜载玻片测量表面张力	249
§ 7.11. 肥皂溶液的表面张力	250
§ 7.12. 气泡中或弯曲液面的压力差	251
§ 7.13. 肥皂泡中的过压	253
§ 7.14. 肥皂泡的表面张力	254
§ 7.15. 液体在毛细管中的上升或下降	255
§ 7.16. 用压力法确定毛细上升和下降	256
§ 7.17. 水银在玻璃管中的情形	257
§ 7.18. 表面张力随温度的变化。耶格方法	261

§ 7.19. 表面张力和表面能	263
§ 7.20. 分子键和表面张力	264
§ 7.21. 表面能和潜热	265
§ 7.22. 总表面能	265
习题 7	268
习题答案	272

第一章 动力学

§ 1.1. 直线运动. 速度

如果一辆汽车在固定不变的方向行驶并且在时间 t 中走过距离 s ，那么它在该方向的平均速度就定义为 s/t 。由此可见：

$$\text{距离 } s = \text{平均速度} \times t.$$

这里我们论述的是在一固定不变方向的运动。我们用“位移”这一术语来表示在固定不变的方向所移动过的距离，例如在图1.1(i)中从 L 到 C 。因此，可以把速度定义为位移的变化率。

速度可以用米/秒(ms^{-1})或公里/小时(kmh^{-1})来表示。通过计算，36公里/小时 = 10米/秒。我们立刻可以看出：如果要完全确定一个速度，除了要说明它的大小之外，还必须说明它的方向。

如果一物体在一直线上运动，它在相等的时间里走过相等的距离，不论此距离有多小，就说此物体作的是匀速运动。石块下落时其速度不断增大，所以不是匀速运动。

如果在路途的任一点，在微小的时间 Δt 内位移的微小变化为 Δs ，则速度 v 由 $v = \Delta s / \Delta t$ 给出。在极限情况下，运用微积分记号，有

$$v = \frac{ds}{dt}$$

我们把 ds/dt 叫做在该时刻的或该地点的瞬时速度，“平均速度”这一术语是同有限时间和有限距离相关联的（见上面）。

§ 1.2. 矢 量

既有大小又有方向的一类量称为矢量（也称向量）。位移和速度就是矢量的例子。因此，它们可以用在特定方向按比例画出一线段来表示。这样，剑桥的位置就可以表示为伦敦之北偏东 20° 方向相距 80 公里处。因此，我们可以用图 1.1(i) 中的北偏东 20° 方向 4 厘米长（图中 1 厘米代表 20

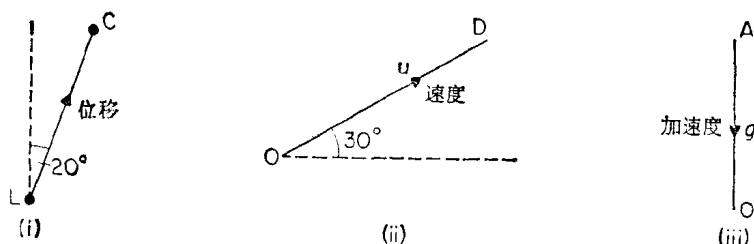


图 1.1. 矢 量

公里)的直线段 LC 来表示这两个城市之间的位移大小和方向。同样，我们可以用图 1.1(ii) 中的直线段 OD 来表示沿与水平线成 30° 角的方向抛出的球的初速度 u ；在速度 u 的方向按比例画出 OD ，线上的箭头指示方向。重力加速度 g 总是用铅直向下按比例画出的直线段 AO 来表示的，箭头表示重力加速度的方向，见图 1.1(iii)。以后我们会看到，“力”和“动量”等是矢量的另外一些例子。

§ 1.3. 速率和速度

一汽车若以 80 公里/小时 的速度沿弯曲的道路或圆形路径行驶，就说它具有 80 公里/小时 的速率。“速率”是一个没有方向而只有大小的量，就像“质量”、“密度”或“温度”那样，这些量叫做标量。

参考图 1.2 上以 80 公里/小时 围绕圆形路径行驶的汽车，

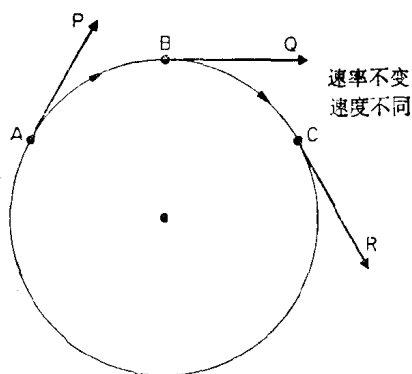


图1.2. 速度和速率

就可以搞清楚速率与速度的区别。在路径上的每一点处，它的速率都相同——都是80公里/小时。然而，在每一点处，其速度却是不同的。例如，在A，B或C处，速度是在各自的切线AP，BQ或CR方向，因而，尽管大小相同，这三个速度各不相同，因为它们的指向不同。一般地说，矢量可以用在该矢量方向画出一线段来表示，此线段的长度代表矢量的大小。

§ 1.4. 距离-时间图

以时间 t 为横坐标，以沿固定不变的方向行驶的汽车离某一固定点的位移（或距离） s 为纵坐标作图，便得到此运动的距离-时间（ $s-t$ ）图。汽车在任一时刻的速度由该时刻每秒钟距离的变化给出。例如，在图 1.3 中的 E 处，如果距离 s 的变化为 Δs ，并且这个变化是在时间 Δt 内完成的，则

$$E \text{ 处的速度} = \frac{\Delta s}{\Delta t}.$$

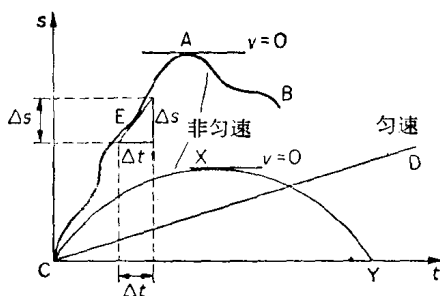


图 1.3. 距离-时间（ $s-t$ ）图（运动方向不变）

于是，在 Δt 趋近于零的极限情况下， E 处的速度便等于此曲线在 E 处的切线的斜率。运用微积分记号，则 $\Delta s/\Delta t$ 可写成 ds/dt （见 § 1.1）。所以 E 处切线的斜率就是 E 处的瞬时速度（见 § 1.1）。

如果距离-时间图为一直线 CD ，则在所有的点处斜率为常数；由此可见，汽车在以匀速行驶，见图 1.3。如果距离-时间图为曲线 CAB ，则在不同点处斜率不同。于是汽车以非匀速行驶。我们可以推断：在对应于 A 的时刻速度为零，因

为曲线 CAB 在 A 处的斜率为零。

当将一球向上抛出时，在任何时刻 t 所达到的高度 s 由 $s = ut - \frac{1}{2}gt^2$ 给出，其中 u 为初速度，而 g 为常数，等于自由落体加速度（见 § 1.9）。 s 随 t 变化的图线由图 1.3 中的抛物线 CXY 表示；在 X 处斜率为零，这表明球在达到最大高度处的速度为零。

§ 1.5. 速度-时间图

以时间为横坐标，以运动列车的速度为纵坐标作图，便得到“速度-时间（ $v-t$ ）图”。我们马上就会看到，从这个图可以得出有用的资料。如果速度是匀速的，速度-时间图就是一根平行于时间轴的直线，如图 1.4 中的直线（1）所

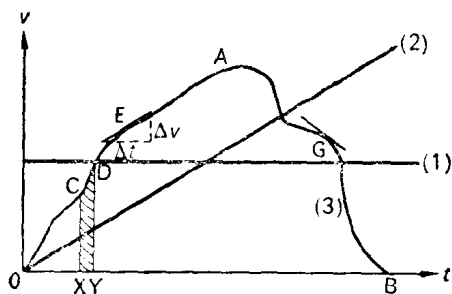


图 1.4. 速度-时间（ $v-t$ ）曲线

示。如果列车从静止开始均匀加速，速度-时间图就是一根对时间轴倾斜的直线，即直线（2）。如果加速度不是均匀的，速度-时间图就是曲线。在图 1.4 中，速度-时间图 OAB 表