

力學

漆安慎 · 杜嫻英 ◆ 著



力學

漆安慎 著
杜嬋英

五南圖書出版公司 印行

出版聲明

本書業經作者暨北京高等教育出版社同意，授權本公司在臺合法印行。若有侵害本書權益者，本公司當依法追究之。特此聲明。

5F04
力 學

作 者／漆安慎・杜嫻英
責任編輯／曾莉雯・鐘秀雲
封面設計／黃聖文

出 版 者／五南圖書出版有限公司
登 記 號：局版台業字第 0598 號
地 址：台北市大安區 106
和平東路二段 339 號 4 樓
電 話：(02)27055066 (代表號)
傳 真：(02)27066100
劃 撥：0106895-3
網 址：<http://www.wunan.com.tw>
電子郵件：wunan@wunan.com.tw

發 行 人／楊 榮 川
中部門市／五南文化廣場
地 址：台中市區 400 中山路 2 號
電 話：(04)2260330
沙 鹿 店：台中縣沙鹿鎮 433 中正街 77 號
電 話：(04)6631635

原出版者／北京高等教育出版社

排 版／五南電腦排版有限公司
製 版／欣緯彩色製版有限公司
印 刷／容大印刷事業有限公司
裝 訂／乙順裝訂行

中華民國 88 年 11 月初版一刷

ISBN 957-11-1983-0

基本定價 16 元

(如有缺頁或倒裝，本公司負責換新)

應當多對新的、活的、與現象有直接關係的東西發生興趣。

我所認識的一些著名物理學家，都很重視實際的物理現象。

中國傳統的學習方法是一種「透徹法」。懂得透徹很重要，但若對不能透徹瞭解的東西，就抗拒，這不好。「滲透法」學習的好處，一是可以吸收更多知識；二是對整個的動態，有所掌握。不是在小縫裡，一點一點地學習。

我曾對中國科技大學的同學們提出過「三 P」：Perception、Persistence、Power，意思是：直覺、堅持、力量。要有科學的直覺意識去創造，用堅持不懈的努力去奮鬥，以紮實的知識力量去克服困難。

進了一個好的研究院，學生都不壞，都得了博士學位。過了15年，他們的成就可以很懸殊。所以懸殊絕不是他們的天分差得那麼遠，也絕對不是他們的技術差得那麼多。最主要的是有的人走到一個正確的方向。這個方向在以後5年、10年或15年有了大發展，他和這個方向與之俱長，就可以有大成就。



目錄

第一章 物理學和力學 $\Rightarrow$ 1

- 1.1 發展中的物理學 2
 - ✧ 古典物理學與近代物理學 3
 - ✧ 微觀世界 4
 - ✧ 宇宙的早期演化 5
 - ✧ 非線性系統的複雜行為 7
- 1.2 物理學科的特點 9
 - ✧ 物理學以實驗為基礎 9
 - ✧ 理想模型 10
 - ✧ 物理學的思考 11
 - ✧ 物理學理論 12
 - ✧ 物理・技術和經濟 13
- 1.3 時間和長度的計量 14
 - ✧ 時間的計量 14
 - ✧ 長度的計量 16
- 1.4 單位制和因次 17
 - ✧ 基本單位和導出單位 18
 - ✧ 國際單位制 19
 - ✧ 因次式 21
- 1.5 數量級估計 22
- 1.6 參考系・座標系與時間座標軸 24

✧ 參考系和座標系	24
✧ 時間座標軸	25
1.7 力學——學習物理學的開始	26
學習第一章的建議	28
思考題和習題	28
 第二章 質點運動學 ⇨	29
 2.1 質點的運動學方程	30
✧ 質點的位置向量與運動學方程	30
✧ 位移——位置向量的增量	34
2.2 瞬時速度向量與瞬時加速度向量	35
✧ 平均速度與瞬時速度	35
✧ 平均加速度與瞬時加速度	39
2.3 質點直線運動——從座標到速度和加速度	42
✧ 運動學方程	42
✧ 速度和加速度	43
✧ 等速與等加速直線運動	45
✧ 宇宙年齡和大小的估計·測量重力加速度	46
2.4 質點直線運動——從加速度到速度和座標	51
✧ 從速度到運動學方程和位移	51
✧ 已知加速度求速度和運動學方程	54
2.5 平面直角座標系·拋體運動	58
✧ 平面直角座標系	58
✧ 拋體運動	61
✧ 用向量討論拋體運動	63
2.6 自然座標·切線和法線加速度	65
✧ 自然座標	65

✧ 速度·法線和切線加速度	66
2.7 極座標系·徑向速度與橫向速度	75
✧ 極座標系	75
✧ 徑向速度與橫向速度	76
2.8 伽利略變換	78
✧ 伽利略變換	78
✧ 伽利略變換蘊含的時空觀	79
✧ 伽利略速度變換關係	82
✧ 加速度對伽利略變換為不變量	84
思考題	84
習題	86
選讀材料：伽利略小傳；伽利略與等加速直線運動	93

第三章 動量定理及其守恆定律 ⇨ 97

3.1 牛頓第一定律和慣性參考系	98
3.2 慣性質量·動量和動量守恆定律	99
✧ 慣性質量	99
✧ 動量·動量守恆定律	102
3.3 牛頓運動定律·伽利略相對性原理	104
✧ 力·力的獨立作用原理	104
✧ 牛頓運動定律	106
✧ 伽利略的相對性原理	108
3.4 主動力和被動力	110
✧ 主動力	111
✧ 被動力或約束反作用力	114
3.5 牛頓運動定律的應用	118
✧ 質點的直線運動	118

✧ 變力作用下的直線運動	124
✧ 質點的曲線運動	126
✧ 質點的平衡	131
3.6 非慣性系中的力學	134
✧ 直線加速參考系中的慣性力	134
✧ 離心慣性力	138
✧ 科氏力	140
3.7 用衡量表述的動量定理	144
✧ 力的衡量	144
✧ 用衡量表述的動量定理	146
3.8 質點系動量定理和質心運動定理	149
✧ 質點系動量定理	149
✧ 質心運動定理	153
✧ 質點系相對於質心系的動量	160
3.9 古典力學中動量守恆定律的常見形式	161
✧ 質點系動量守恆定律	161
✧ 動量沿某一座標軸的投影守恆	164
3.10 火箭的運動	166
思考題	169
習題	173
選讀材料：關於牛頓和他的運動定律；(3.2.2)式的進一步論證	184

第四章 動能和位能 ⇨ 189

4.1 能量——另一個守恆量	190
4.2 力的元功·用線積分表示功	193
✧ 力的元功和功率	193
✧ 利用不同座標系表示元功	195

✧ 力在有限路徑上的功	197
4.3 質點和質點系動能定理	200
✧ 質點的動能定理	200
✧ 質點系內力的功	203
✧ 質點系的動能定理	204
4.4 保守力與非保守力·位能	207
✧ 力場	207
✧ 保守力與非保守力	209
✧ 位能	211
✧ 位能是物體相對位置的函數	215
4.5 功能原理和機械能守恆定律	215
✧ 質點系的功能原理	215
✧ 質點系的機械能守恆定律	217
4.6 對心碰撞	222
✧ 關於對心碰撞的基本公式	223
✧ 完全彈性碰撞·查德威克發現中子	225
✧ 完全非彈性碰撞	230
✧ 非完全彈性碰撞	233
4.7 非對心碰撞	234
4.8 質心參考系的運用·粒子的對撞	238
思考題	241
習題	242
選讀材料：質點平衡的穩定性	251

第五章 角動量·關於對稱性 ⇨ 257

5.1 質點的角動量	258
✧ 質點的角動量	258

✧ 力對一參考點的力矩	261
✧ 質點對參考點的角動量定理和守恆定律	262
✧ 質點對軸的角動量定理和守恆定律	264
5.2 質點系的角動量定理及角動量守恆定律	269
✧ 質點系對參考點的角動量定理及守恆律	269
✧ 質點系對軸的角動量定理及守恆律	271
5.3 質點系對質心的角動量定理和守恆定律	275
5.4 對稱性・對稱性與守恆律	277
✧ 關於對稱性	277
✧ 守恆律與對稱性	279
5.5 古典動力學的適用範圍	284
思考題	286
習題	287
選讀材料：在直角座標系中討論角動量定理；	
角動量守恆定律在運動生物力學中的應用	289

第六章 萬有引力定律 ⇨ 293

6.1 刻卜勒定律	294
6.2 萬有引力定律・引力質量與慣性質量	296
✧ 萬有引力定律	296
✧ 引力質量與慣性質量	301
✧ 引力常數的測量	303
✧ 地球自轉對重量的影響	305
✧ 牛頓萬有引力定律的適用範圍	308
6.3 引力位能	309
6.4 潮汐	314
思考題	320

習題 320

選讀材料：一個「三體問題」研究的啓迪 322

第七章 剛體力學 ⇨ 327

7.1 剛體運動的描述 328

- ✧ 剛體的平動 328
- ✧ 剛體繞固定軸的轉動 329
- ✧ 角速度向量 334
- ✧ 剛體的平面運動 336

7.2 剛體的動量和質心運動定理 342

- ✧ 剛體的質心 343
- ✧ 剛體的動量與質心運動定理 346

7.3 剛體定軸轉動的角動量·轉動慣量 348

- ✧ 剛體定軸轉動對軸上一點的角動量 348
- ✧ 剛體對一定轉軸的轉動慣量 350
- ✧ 剛體定軸轉動的角動量定理和轉動定理 357
- ✧ 剛體的重心 359
- ✧ 典型的例子 360

7.4 剛體定軸轉動的動能定理 365

- ✧ 力矩的功 365
- ✧ 剛體定軸轉動的動能定理 367
- ✧ 剛體的重力位能 370

7.5 剛體平面運動的動力學 373

- ✧ 剛體平面運動的基本動力學方程 374
- ✧ 作用於剛體上的力 375
- ✧ 剛體平面運動的動能 381
- ✧ 滾動摩擦力偶矩 382

✧ 汽車輪的受力・汽車的極限速度	385
7.6 剛體的平衡	388
✧ 剛體的平衡方程	388
✧ 桿的受力特點	390
7.7 自轉與旋進	393
✧ 常平架回轉儀	393
✧ 回轉儀的旋進	395
✧ 地球的旋進與章動	397
習題	400
選讀材料：角速度合成符合平行四邊形法則；滑輪受力分析	411

第八章 彈性體的應力和應變 ⇨ 415

8.1 彈性體的拉伸和壓縮	416
✧ 外力・內力與應力	416
✧ 直桿的線應變	419
✧ 虎克定律	421
✧ 拉伸和壓縮的形變位能	423
8.2 彈性體的剪切形變	425
✧ 剪切形變・剪切應力與應變	425
✧ 剪切形變的虎克定律	427
8.3 彎曲和扭轉	429
✧ 樑的彎曲	429
✧ 桿的扭轉	432
思考題	435
習題	436

選讀材料：關於樑純彎曲的曲率與力偶矩關係式（8.3.1）的推導；
關於圓柱體扭轉角與力偶矩關係式（8.3.3）的推導；

彈簧的形變 438

第九章 振動 ⇨ 445

- 9.1 簡諧運動的動力學特徵 446
- 9.2 簡諧運動的運動學 452
 - ✧ 簡諧運動的運動學方程 453
 - ✧ 簡諧運動的 $x-t$ 圖線和相軌跡 461
 - ✧ 簡諧運動的向量表示法 462
- 9.3 簡諧運動的能量轉換 465
- 9.4 簡諧運動的合成 469
 - ✧ 同方向同頻率簡諧運動的合成 469
 - ✧ 同方向不同頻率簡諧運動的合成 472
 - ✧ 互相垂直相同頻率簡諧運動的合成 476
 - ✧ 互相垂直不同頻率簡諧運動的合成·利薩如圖形 481
- 9.5 振動的分解 483
- 9.6 阻尼振動 486
- 9.7 受迫振動 491
 - ✧ 受迫振動的動力學方程 491
 - ✧ 受迫振動的運動特徵 493
 - ✧ 位移共振 496
 - ✧ 受迫振動的能量轉換 498
 - ✧ 速度共振 499
- 9.8 「不守規矩」的擺·混沌行爲 500
 - ✧ 「不守規矩」的擺 500
 - ✧ 依賴初值的兩種情況 505
- 9.9 參數振動·自激振動 507
 - ✧ 參數振動 507

✧ 自激振動 510

思考題 511

習題 511

選讀材料：晶體中原子的振動（熱振動）；品質因數 515

第十章 波動和聲 ⇨ 519

10.1 波的基本概念 521

✧ 波是振動狀態的傳播 521

✧ 多種多樣的波 522

✧ 平面波與球面波 524

10.2 平面簡諧波方程 524

✧ 平面簡諧波方程 525

✧ 平面簡諧波方程的多種形式 529

10.3 波動方程與波速 531

✧ 波動方程 531

✧ 波速·色散現象 534

10.4 平均能通量密度·聲強與聲壓 537

✧ 介質中波的能量分佈 537

✧ 平均能通量密度 540

✧ 聲強與聲強級 542

✧ 聲壓·聲強和聲壓的關係 543

✧ 聲波的衰減·超音波的優勢 546

✧ 波的反射和透射·半波損失 547

10.5 波的疊加和干涉·駐波 551

✧ 波的疊加·羣速 551

✧ 波的干涉 554

✧ 駐波 555

✧ 弦與空氣柱的特徵振動	559
10.6 都卜勒效應	563
✧ 波源靜止而觀察者運動	563
✧ 觀察者靜止而波源運動	566
✧ 觀察者和波源在同一條直線上運動	567
✧ 震波	570
思考題	571
習題	572
選讀材料：孤子；關於聲壓波方程的推導；	
關於聲強級與聲壓級；反射係數、透射係數和半波損失；	
馬赫錐；震波的進一步討論	577

第十一章 流體力學 ⇨ 591

11.1 理想流體	593
11.2 靜止流體內的壓力	594
✧ 靜止流體內一點的壓力	594
✧ 靜止流體內不同空間點壓力的分佈	596
✧ 相對於非慣性系靜止的流體	605
11.3 流體運動學的基本概念	607
✧ 跡線、流線和流管	607
✧ 穩態流動	609
✧ 不可壓縮流體的連續性方程	609
11.4 柏努利方程	611
11.5 流體的動量和角動量	622
✧ 流體的動量	622
✧ 流體和角動量	625
11.6 黏性流體的運動	626

✧ 黏性定律	626
✧ 雷諾數	628
✧ 層流和紊流	629
✧ 普瓦塞尹公式	630
✧ 不可壓縮黏性流體穩態流動的功能關係	632
11.7 固體在流體中受到的阻力	633
✧ 黏性阻力・密立根油滴實驗	634
✧ 渦漩的產生・壓差阻力	636
✧ 興波阻力	638
11.8 機翼的升力	638
思考題	643
習題	647
選讀材料：推導普瓦塞尹公式	652

第十二章 相對論簡介 ⇨ 657

12.1 狹義相對論的歷史背景	659
✧ 馬克士威爾方程建立引起的問題	659
✧ 菲索與邁克耳孫－莫雷實驗	660
✧ 關於相對性原理的思考	663
12.2 勞倫茲變換	664
✧ 狹義相對論的基本假設	664
✧ 勞倫茲變換	664
✧ 勞倫茲變換蘊含的時空觀	666
✧ 尺縮鐘慢的實驗檢驗	670
12.3 相對論的速度變換	674
12.4 相對論的動量和能量	678
✧ 相對論的動量	678

✧ 相對論的質能公式	681
✧ 動量—能量公式	684
✧ 碰撞問題	685
12.5 廣義相對性原理	687
✧ 關於慣性系和引力的思考	687
✧ 等效原理和廣義相對性原理	688
12.6 引力場與彎曲時空	690
12.7 廣義相對論的實驗驗證	693
思考題	696
習題	697
選讀材料：愛因斯坦簡介；閔可夫斯基空間	698

第十三章 數學知識 ⇨ 703

第一部分 微積分初步	704
13.1 函數、導數與微分	704
✧ 變數、常數和函數	704
✧ 導數	705
✧ 函數的極值點和極值	707
✧ 微分	708
13.2 不定積分	708
✧ 原函數	708
✧ 不定積分	709
✧ 不定積分的運算法則	712
13.3 定積分	714
✧ 定積分的概念	714
✧ 定積分的主要性質	718
✧ 牛頓—萊布尼茲公式	718