

中学物理  
教师手册

ZHONGXUE WULI JIAOSHI SHOUCHE

# 中学物理教师手册

《中学物理教师手册》编写组编

中学物理教师手册

《中学物理教师手册》编写组编

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 上海商务印刷厂印刷

开本 850×1156 1/32 印张 30.25 插页 4 字数 1,062,000

1984年3月第1版 1984年2月第1次印刷

印数 1—57,000 本

统一书号: 7150·2747 定价: (精) 3.90 元

## 编者的话

本书是为中学物理教学而编写的。书中汇集了教师在教学过程中所需要的有关资料。编者希望通过这样一本手册,以减少教师寻找资料的麻烦。

根据中学物理教学大纲的基本要求,结合当前中学物理教学的实际,本书着重于介绍史料、阐述物理概念和规律、提供有关数据和实验资料等,并注意到学生能力的培养。

本手册共有四编:

第一编论述经典物理学发展简史,同时介绍和中学物理有关的物理学家以及其他科学家的生平、轶事、科学思想、治学经验、成才道路。希望能对读者有所启示。

第二编叙述单位制、量纲等问题。本编还汇编了中学物理教学中用到的数据。为了扩大知识面,帮助读者建立正确的数量级概念,使课堂教学更好地切合实际,这部分不但有物理学科的数据,也有涉及其他有关学科的数据。

第三编中,编者从加强基本概念教学着手,引进中学物理基本概念的各种常见说法,加以分析比较。对中学物理教学里的一些重点、难点和容易混淆的问题,作了论述,并提出教学建议。本编系统地归纳、总结了中学物理中的原理、定理、定律、公式等内容,希望教师帮助学生提高运用这些知识的能力。图线教学是中学物理的薄弱环节,为此讨论了图线所反映的各种物理规律。

第四编介绍了物理实验技术、技巧以及演示实验所用的各种设备,指出实验成败的关键所在,推荐一些简易可行的实验,以便教师根据实际情况,因地制宜地应用这些资料。

这四编的内容是按门类编排的。因此,同一教学主题涉及的有关材料,可能分别插在各编中,教师在使用本手册时,希望能注意各编的内在联系,综合运用有关知识。

由于编者水平所限,加之编写时间短促,缺点错误在所难免,敬希广大

## 2 编者的话

读者不吝指正。编者特别希望使用本书的中学物理教师，能随时将你们的体会、意见、批评和建议写信告诉我们，使这本手册在教学实践的过程中，得到不断的改进和完善。

参加本书各编的编写人员有：第一编应兴国、吴伯玫；第二编陆钟美、杨宗书、朱宏义；第三编张公澍、张明森、王森、朱宏义、吴伯玫；第四编冯容士、王为骥、杨介信。

本书最后经许国保、雷树人、贾起民、郑广垣、陆全康、张瑞琨、宣桂鑫、张梦心、周祖方、袁哲诚、邱百存、茅惠民等同志审定。

《中学物理教师手册》编写组

1982年3月

# 目 录

## 第 一 编 物理学简史和科学家

- 1. 物理学简史 .....3
  - (一) 力学.....3
    - 1. 我国古代在力学方面的成就.....3
    - 2. 古希腊的力学.....4
    - 3. 文艺复兴推动力学发展.....4
    - 4. 经典力学的建立.....5
    - 5. 新的突破.....7
  - (二) 热学.....7
    - 1. 火和温度.....7
    - 2. 热质说.....8
    - 3. 热机的发展.....9
    - 4. 热力学定律的建立..... 10
  - (三) 电磁学 .....10
    - 1. “顿牟掇芥”和“慈石召铁”.....10
    - 2. 静电研究工作的进展..... 11
    - 3. 电流的获得..... 12
    - 4. 电和磁的联系..... 12
    - 5. 建立电磁场理论 ...13
    - 6. 电子的发现..... 14
  - (四) 光学 .....15
    - 1. 几何光学的建立和完善..... 15
    - 2. 对光的本性的探讨 .....16
    - 3. 物理光学的发展 ...18
    - 4. 光的电磁波理论 ...19
    - 5. 量子光学时期..... 20
    - 6. 现代光学的兴起 ...22
  - (五) 原子物理学和原子核物理学 .....22
    - 1. 原子论的发展 .....22
    - 2. 原子结构理论的发展..... 23
    - 3. 原子核物理学的创立和发展 .....24
    - 4. 原子核能的开发利用..... 26
- 2. 科学家小传 .....28
  - 墨翟.....28
  - 张衡.....29
  - 沈括.....31
  - 宋应星.....34
  - 托勒玫.....38
  - 阿基米德.....40
  - 哥白尼.....42
  - 伽利略.....45

## 2 目 录

第谷	50
开普勒	52
胡克	54
牛顿	55
赫歇耳	61
亚当斯	63
勒威耶	64
帕斯卡	65
伯努利	67
马赫	68
卡文迪许	69
奥托·格里克	71
托里拆利	72
玻意耳	73
马略特	74
查理	74
盖·吕萨克	75
布朗	76
瓦特	77
卡诺	78
奥托	79
狄塞耳	79
迈尔	80
焦耳	81
亥姆霍兹	82
开尔文	83
吉尔伯特	84
富兰克林	85
库仑	88
伏打	91
安培	93
欧姆	94
基尔霍夫	97

奥斯特	98
法拉第	99
高斯	101
亨利	102
楞次	103
韦伯	103
西门子	104
麦克斯韦	105
贝尔	106
爱迪生	107
特斯拉	109
赫兹	110
惠更斯	111
杨氏	113
菲涅耳	114
罗默	115
斐索	115
伦琴	116
贝克勒尔	117
汤姆孙	118
普朗克	120
皮埃尔·居里和玛 丽·居里	121
卢瑟福	123
威尔逊	125
爱因斯坦	126
玻尔	128
费米	130
泡利	132

## 3. 诺贝尔物理学奖金获得者 .....133

## 第 2 编 单位制 数据

- 1. 物理量** .....143
- (一) 基本物理量.....143
- (二) 导出物理量.....143
- (三) 物理量符号.....143
1. 物理量符号的形式.....143
2. 识别标志.....144
3. 物理量符号的通使用.....145
4. 常用物理量符号  
            (见“物理学常用单位”部分所列各表) .....145
- (四) 物理量的乘除规则.....145
- (五) 物理量的量纲式及其应用.....145
1. 量纲式和量纲.....145
2. 量纲式的应用.....146
- 2. 单位制** .....148
- (一) 基本物理单位及其沿革.....148
1. 长度的单位.....148
2. 质量的单位.....149
3. 时间的单位.....150
4. 电流的单位.....151
5. 热力学温标的单位.....151
6. 物质的量的单位.....152
7. 发光强度的单位.....153
- (二) 我国计量单位名称和符号.....154
1. SI 基本单位 .....154
2. SI 辅助单位 .....155
3. 具有专门名称的 SI 导出单位 .....155
4. SI 词头 .....156
5. 与国际单位制并用的单位.....157
6. 暂时与国际单位制并用的单位.....158
7. 市制单位.....162
8. 国际单位制的使用方法.....162
- (三) 常用计量单位及其换算.....166
1. 米制常用计量单位的进率和换算.....166
2. 我国市制常用计量单位的进率和换算.....168
3. 英美制常用计量单位的进率和换算.....169
4. 苏联旧制常用计量单位的进率和换算.....171
5. 日本制常用计量单位的进率和换算.....171
- (四) 物理学常用单位.....172
1. 力学常用的国际



## 4 目 录

- 制单位.....172
  - 2. 热学和分子物理学常用的国际制单位.....174
  - 3. 电磁学常用的国际制单位.....175
  - 4. 其他物理量的国际常用单位.....176
  - 5. 力学其他单位制...178
  - 6. 电磁学的其他单位制.....180
  - 7. 英美制常用物理单位和国际制的换算.....183
- 8. 力学 .....185**
- (一) 气体的密度.....185
  - (二) 液体的密度.....186
    - 1. 一般液体的密度...186
    - 2. 水的密度和温度的关系.....186
    - 3. 水银的密度和温度的关系.....187
  - (三) 固体的密度.....187
    - 1. 单质的密度.....187
    - 2. 一般固态物质的密度.....188
    - 3. 塑料的密度和塑料薄膜的面密度...189
  - (四) 某些物体的长度和高度.....190
  - (五) 某些物体的运动速率.....191
  - (六) 某些物体的转速.....193
  - (七) 不同纬度海平面的重力加速度.....193
  - (八) 不同高度、不同纬度的重力加速度.....194
  - (九) 某些城市的重力加速度.....194
  - (十) 滑动摩擦的摩擦系数.....195
  - (十一) 物体之间或车辆在道路上的滚动摩擦系数.....196
  - (十二) 某些事物的功率...196
  - (十三) 某些事物的压强...198
  - (十四) 某些物体的真空度.....199
  - (十五) 液态物质的表面张力.....200
  - (十六) 常用材料的弹性模量和泊松比.....201
  - (十七) 常用材料的极限强度.....203
  - (十八) 某些材料的许用应力.....204
  - (十九) 某些金属的弹性限度和最大弹性伸长.....205
  - (二十) 物质的硬度.....205
    - 1. 莫氏硬度表.....205
    - 2. 某些物质的莫氏硬度.....206
    - 3. 某些物质的布氏硬度.....207
  - (二十一) 纤维复合材料的力学性质.....207
- 4. 声学 .....209**

- (一) 声音的传播速度……209
- (二) 空气中声速和温度的关系……210
- (三) 某些声音(或波)的频率……210
- (四) 音阶的相对频率……211
- (五) 声音的声强级及其响度……211
- (六) 某些材料的吸声系数……212
- (七) 某些材料的隔声量……213
- 5. 分子物理学和热学 ……214**
- (一) 气体和蒸气分子的基本常数……214
- (二) 在 $0^{\circ}\text{C}$ 时氧气分子的速率分布(根据麦克斯韦速率分布律)……215
- (三) 水对气体的吸收……215
- (四) 碳对气体的吸附……215
- (五) 某些物体的温度……216
- (六) 固体的膨胀系数……217
- (七) 液体的体胀系数……217
- (八) 水和冰的体胀系数和温度的关系……218
- (九) 气体的体胀系数和压强系数……218
- (十) 气体压强跟体积的关系……218
- (十一) 液体的压缩率(压缩系数)……219
- (十二) 固体的比热……219
- (十三) 液体的比热……220
- (十四) 水、冰和水银在不同温度下的比热……220
- (十五) 气体的定压比热和定容比热……221
- (十六) 在不同温度下气体的定压比热……221
- (十七) 物质的熔点……222  
[附]某些聚合物的玻璃化转变温度和熔点……222
- (十八) 物质的溶解热……223
- (十九) 物质的沸点……224
- (二十) 水的沸点和压强的关系……225
1.  $0\sim 100\text{ atm}$  ……225
2.  $690\sim 800\text{ mmHg}$  225
- (二十一) 物质的汽化热……226
- (二十二) 水的汽化热和温度的关系……226
- (二十三) 在不同温度下饱和水蒸气的压强和密度……227
- (二十四) 在不同温度下常见液体的饱和蒸汽压……228
- (二十五) 物质的临界温度和临界压强……229
- (二十六) 空气的相对湿度……230
- (二十七) 常用燃料的燃烧值……231
- (二十八) 物质的导热系数(热传导系数)……232
- (二十九) 物质的粘滞系

## 6 目 录

- 数(内摩擦系数) .....233
- (三十) 某些物质的粘滞系数和温度的关系 .....234
1. 空气的粘滞系数和温度的关系 .....234
  2. 水的粘滞系数和温度的关系 .....234
  3. 蔗糖溶液的粘滞系数和温度的关系 .....234
- 6. 电磁学** .....235
- (一) 静电的摩擦次序 .....235
  - (二) 有关雷电的一些参考数据 .....236
  - (三) 电介质的相对介电常数 .....236
  - (四) 电介质的绝缘强度 .....237
  - (五) 导体的电阻率 .....238
  - (六) 绝缘体的电阻率 .....239
  - (七) 某些金属的电阻温度系数 .....239
  - (八) 超导体的临界温度 .....240
  - (九) 电解液的电导率 .....240
  - (十) 温差电动势 .....241
    1. 常用温差电偶主要特性表 .....241
    2. 温度差和电动势简明对照表 .....242
  - (十一) 电化当量和有关数据 .....243
  - (十二) 物质的相对磁导率 .....244
  - (十三) 某些物体的磁感应强度 .....245
  - (十四) 国产干电池特性表 .....246

[附]国产钮扣电池的常见规格 .....247
  - (十五) 各种线规的导线截面直径 .....248
  - (十六) 电阻丝表 .....249
  - (十七) 电热丝表 .....250
    1. 镍(80%)铬(20%)丝的电阻和长度 .....250
    2. 镍铬丝的最高熔断电流 .....250
  - (十八) 常用圆形保险铅丝的特性 .....251
  - (十九) 常用漆包圆铜线的特性 .....252
  - (二十) 白炽灯泡的电、光常数 .....254
  - (二十一) 常用日光灯管的基本数据 .....255
  - (二十二) 霓虹灯(氛灯)的参考资料 .....255
  - (二十三) 电路图的常用符号 .....256
- 7. 无线电和电子技术** ...258
- (一) 常用电阻器的型号规格 .....258
    1. 电阻型号表 .....258
    2. 电阻额定功率(瓦)系列表 .....259

3. 电阻的标称阻值  
系列表.....259
4. 电阻阻值允许误差和等级表.....259
- (二) 表示电阻功率的常用符号.....260
- (三) 电阻阻值的色圈表示法.....260
- (四) 常用电容器型号.....261
1. 电容器型号表.....261
2. 云母电容温度系数和容量温度稳定度的分组.....262
- (五) 云母电容器电容量的色点表示法.....263
- (六) 常用控制继电器型号命名方法.....264
- (七) 半导体器件型号命名方法.....264
1. 半导体器件的型号由五个部分组成.....265
2. 型号组成部分的符号及其意义.....266
- (八) 半导体器件的参数符号及其意义.....267
- (九) 常用检波和整流晶体二极管的主要特性表.....269
- (十) 常用晶体三极管的主要特性表.....270
- (十一) 常用电子管型号命名方法.....272
1. 型号组成部分表.....272
2. 结构形式表.....273
- (十二) 常用电子管符号说明.....274
- (十三) 常用收信放大电子管的电参数.....275
- (十四) 常用整流电子管的电参数.....279
- (十五) 常用电子管的管座图.....280
- (十六) 电表表盘常用符号的意义.....282
- (十七) 示波器波形的相位比较图.....284
- (十八) 示波器常用频率比的图形(利萨如图形).....285
- (十九) 部分国产示波管主要技术参数.....286
- (二十) 国产黑白电视显像管的主要技术参数.....287
- (二十一) 无线电波的频率和波长.....289
- (二十二) 我国电视频道的划分.....290
- 8. 光学** .....292
- (一) 关于照度的一些数据.....292
- (二) 某些物质的反射、透射和吸收系数.....293
- (三) 某些物质的绝对折射率和临界角.....294
- (四) 物质的折射率和光波波长的关系.....295
- (五) 可见光波的频率和

## 8 目 录

- 波长.....295
- (六) 电磁波的频率和波  
长.....295
- (七) 最强的一些夫琅和  
费谱线.....296
- (八) 某些元素的标识谱  
线.....297
- (九) 几种金属材料的红  
限.....298
- 9. 原子结构和原子核 ...299**
- (一) 某些原子的半径和  
质量.....299
- (二) 原子内电子的分  
布.....301
- (三) 常用的放射性同位  
素.....304
- (四) 某些核转变的反应  
能量.....305
- (五) 某些基本粒子.....306
- 10. 天文、气象及宇宙飞行  
等方面的有关资料 ...307**
- (一) 地球、太阳和月球的  
有关资料.....307
- (二) 太阳系大行星的轨  
道和物理要素.....308
- (三) 二十四节气日期  
表.....309
- (四) 风力等级表.....310
- (五) 大气压强和高度的  
关系.....311
- (六) 地震的震级和烈  
度.....312
1. 震级和震源发出  
总能量的关系.....312
2. 震中烈度跟震  
级、震源深度的  
关系.....313
3. 地震烈度的主要  
标志.....313
- (七) 我国发射的人造地  
球卫星.....314
- (八) 宇宙航行二十五年  
大事记(1957—  
1981) .....315
- (九) 各国发射成功的人  
造天体(1957—1980  
年底) .....319
- 11. 化学方面的有关资  
料..... 320**
- (一) 某些化学药品、高分  
子聚合物的俗名、  
学名对照表.....320
- (二) 化学元素表.....321
- (三) 波美氏度数和比重  
简明对照表.....326
- (四) 某些溶剂的沸点上  
升常数.....327
- (五) 某些溶剂的凝固点  
下降常数.....327
- (六) 某些物质的闪点.....328
- (七) 某些物质的着火点  
(自然点).....329
- (八) 常用的致冷剂.....330
1. 水加某些物质可  
达低温.....330
2. 雪或碎冰加某些  
物质可达低温.....330

3. 用多量的固态二氧化碳(干冰)加某些物质可达低温……………330
4. 氯化钠水溶液的冰点……………331
- (九) 常用的加热浴……………331
- (十) 常用的干燥剂……………332
- (十一) 常用合金的成分、性质和用途……………333

## 12. 基本物理常数及其

- 他……………334
- (一) 中学物理基本常数……………334
- (二) 中学物理的常用数据……………335
- (三) 希腊字母表……………337
- (四) 简明平方根、立方根表……………338
- (五) 简明三角函数表……………339

## 第 3 编 概念 规律

### 1. 物理量 概念 定律

#### 定理 原理……………343

#### (一) 力学……………343

1. 长度……………343
2. 质量……………343
3. 时间……………344
4. 矢量和标量……………345
5. 力……………345
6. 重力和重量……………347
7. 弹力……………348
8. 胡克定律……………349
9. 摩擦力……………351
10. 滚动摩擦……………352
11. 力矩……………354
12. 力偶……………354
13. 力的合成和力的分解……………355
14. 密度……………356
15. 压强……………356
16. 帕斯卡定律……………357
17. 阿基米德定律……………358
18. 质点……………359

#### 19. 刚体……………359

#### 20. 参照系……………360

#### 21. 平衡……………361

#### 22. 机械运动……………362

#### 23. 位置矢量……………363

#### 24. 路程和位移……………363

#### 25. 速度……………364

#### 26. 加速度……………365

#### 27. 牛顿第一运动定律……………366

#### 28. 牛顿第二运动定律……………367

#### 29. 牛顿第三运动定律……………368

#### 30. 独立性原理……………369

#### 31. 力学相对性原理……………370

#### 32. 角位移……………372

#### 33. 角速度……………373

#### 34. 角加速度……………374

#### 35. 转动惯量……………374

#### 36. 切向加速度和法向加速度……………374

37. 圆周运动中的向心加速度	375	69. 波长	411
38. 向心力	378	70. 波速	411
39. 开普勒三定律	378	71. 声波	412
40. 万有引力定律	380	72. 音调	412
41. 功	381	73. 音品	413
42. 功率	383	74. 声强和响度	413
43. 机械效率	384	75. 共鸣	414
44. 功的原理	385	(二) 热学	414
45. 能量	385	1. 热力学系统	414
46. 动能	386	2. 平衡状态	414
47. 势能(位能)	387	3. 状态参量	415
48. 保守力和耗散力	389	4. 理想气体	416
49. 动能定理	389	5. 气体实验定律	416
50. 转动的动能定理	391	6. 理想气体状态方程	418
51. 功能原理	391	7. 统计规律	420
52. 机械能守恒定律	393	8. 麦克斯韦气体分子速率分布律	422
53. 冲量	394	9. 气体分子三种速率	424
54. 动量	395	10. 温度	425
55. 动量定理	396	11. 绝对零度	427
56. 角动量定理(动量矩定理)	398	12. 三相点	428
57. 动量守恒定律	398	13. 热量	429
58. 角动量守恒定律(动量矩守恒定律)	400	14. 热功当量	430
59. 碰撞	401	15. 比热容(比热)	431
60. 简谐振动	403	16. 气体的定容摩尔比热容(定容摩尔热容)	433
61. 阻尼振动	404	17. 气体的定压摩尔比热容(定压摩尔热容)	433
62. 受迫振动	404	18. 内能	434
63. 共振	405	19. 分子力	435
64. 周期	406	20. 布朗运动	436
65. 频率和角频率	407		
66. 振幅	407		
67. 相位	408		
68. 波动	409		

- |                              |                           |
|------------------------------|---------------------------|
| 21. 热膨胀.....437              | 6. 电场强度.....464           |
| 22. 热传递.....438              | 7. 场的迭加原理.....465         |
| 23. 晶体和非晶体.....439           | 8. 电力线.....466            |
| 24. 溶解和凝固.....440            | 9. 电通量.....466            |
| 25. 溶解热.....442              | 10. 电介质极化.....467         |
| 26. 汽化和液化.....442            | 11. 电极化强度.....468         |
| 27. 汽化热.....444              | 12. 压电效应.....468          |
| 28. 热平衡方程(热交<br>换定律).....444 | 13. 电致伸缩效应.....469        |
| 29. 过饱和蒸汽.....445            | 14. 电势能.....469           |
| 30. 饱和汽.....445              | 15. 电势.....470            |
| 31. 未饱和汽.....446             | 16. 静电感应和静电<br>平衡.....472 |
| 32. 临界状态.....447             | 17. 静电屏蔽.....472          |
| 33. 临界温度.....447             | 18. 电容.....473            |
| 34. 升华和凝华.....448            | 19. 电流强度.....474          |
| 35. 燃料燃烧值.....448            | 20. 电阻.....475            |
| 36. 表面张力.....448             | 21. 电阻定律.....476          |
| 37. 浸润现象.....449             | 22. 电阻率.....476           |
| 38. 毛细现象.....451             | 23. 电导率.....477           |
| 39. 绝对湿度.....451             | 24. 欧姆定律.....477          |
| 40. 相对湿度.....452             | 25. 基尔霍夫定理.....479        |
| 41. 露点.....452               | 26. 电动势.....479           |
| 42. 卡诺循环.....453             | 27. 电功和电功率.....480        |
| 43. 热机的效率.....455            | 28. 焦耳-楞次定律.....481       |
| 44. 热力学第零定律.....456          | 29. 法拉第电解定律.....482       |
| 45. 热力学第一定律.....457          | 30. 磁场.....483            |
| 46. 热力学第二定律.....460          | 31. 磁性.....484            |
| 47. 热力学第三定律.....462          | 32. 磁极.....484            |
| (三) 电磁学.....462              | 33. 磁化.....484            |
| 1. 电荷.....462                | 34. 磁化强度.....484          |
| 2. 电荷守恒定律.....462            | 35. 磁矩(磁偶极矩).....484      |
| 3. 库仑定律.....463              | 36. 磁通量.....485           |
| 4. 导体、绝缘体和半<br>导体.....464    | 37. 磁感应强度.....485         |
| 5. 电场.....464                | 38. 电磁感应.....486          |
|                              | 39. 感生电动势.....486         |



## 12 目 录

40. 楞次定律·····487
41. 法拉第电磁感应定律·····488
42. 洛仑兹力·····488
43. 安培力·····491
44. 正弦交流电·····493
45. 位移电流·····493
46. 交流电路中的欧姆定律·····494
47. 交流电功率·····495
48. 涡流·····497
49. 自感·····497
50. 互感·····498
51. 感抗·····499
52. 容抗·····500
53. 阻抗·····501
54. 电磁振荡·····502
55. 电磁波·····503
56. 调谐·····504
57. 调制·····504
58. 检波·····505
59. 电磁波谱·····506
60. 电磁波的传播·····506
- (四) 光学·····507
  1. 光源·····507
  2. 光速·····507
  3. 光的媒质·····508
  4. 光的反射和反射定律·····508
  5. 光的折射和折射定律·····509
  6. 光路可逆原理·····509
  7. 棱镜·····510
  8. 折射率·····512
  9. 全反射·····512
  10. 光学纤维·····513
  11. 透镜·····514
  12. 物和像·····515
  13. 物像公式·····517
  14. 透镜成像作图法和成像规律·····519
  15. 眼睛·····522
  16. 像差·····523
  17. 光度学·····526
  18. 光的干涉·····528
  19. 相干条件·····530
  20. 杨氏双缝干涉·····531
  21. 半波损失·····535
  22. 薄膜干涉·····536
  23. 迈克耳孙干涉仪·····539
  24. 光的衍射·····540
  25. 夫琅和费单缝衍射·····541
  26. 夫琅和费双缝衍射·····544
  27. 衍射光栅·····547
  28. 光学仪器的分辨本领·····550
  29. 光的偏振·····552
  30. 光的散射·····555
  31. 光的色散·····556
  32. 物体的颜色·····557
  33. X射线(伦琴射线)·····558
  34. 光的波粒二象性·····559
- (五) 原子物理·····561
  1. 光子说·····561
  2. 黑体辐射·····561
  3. 光电效应·····563
  4. 康普顿效应·····564