

Interpretation of Quantum Theory (Routledge, London, 1993).

第 23 页: 期望“放大仪器的统计力学”在脱散(decoherence)的名义下完成. 这方面的大量技术文献可通过如下获得:

W. H. Zurek, “Decoherence, einselection, and the quantum origins of the classical,” *Reviews of Modern Physics* **75** (2003) 715–775.

[363] 第 26 页: 这里叫做“核”的通常叫做“传播函数”或者“格林函数”. 例如, 参看

L. S. Schulman, *Techniques and Applications of Path Integration* (Wiley, New York, 1981).

Hagen Kleinert, *Path Integrals in Quantum Mechanics, Statistics, Polymer Physics, and Financial Markets*, third edition (World Scientific, River Edge, New Jersey, 2004).

第 28 页, 问题 2–2 提示: 这个问题可以直接求解, 且容易, 只要先分部积分来证明谐振子的定理:

$$S_{cl} = \frac{m}{2} [x(t)\dot{x}(t)]_{t_a}^{t_b}.$$

第 28 页, 问题 2–3 答案: 如果 $T = t_b - t_a$, 则

$$S_{cl} = \frac{m(x_b - x_a)^2}{2T} + \frac{fT(x_b + x_a)}{2} - \frac{f^2T^3}{24m}.$$

第 33 页, 式 (2–22): (1) 这个传播子有量纲 $1/[\text{长度}]$. 更一般的, 在 s 维位形空间, 这个传播子有量纲 $1/[\text{长度}]^s$. (2) 因子 A 是有相位 $\pi/4$ 的复量, 有长度量纲. (3) 对比黎曼和的情况, (在路径积分中) 当 ϵ 趋向于 0 时, 路径积分的归一化因子 A^{-N} 趋向无限大, 以及起到主要贡献的只是路径的某个子集(经典路径附近的路径). (4) 我们并没有真的逐条路径地求和, 而是沿着时间轴逐步向前地通过所有路径.

第 47 页: 第一次阅读时, 可以跳过 3–2 节和 3–3 节.

第 56 页, 式 (3–40): 这个概率密度未归一化. (表现为如下事实: 其量纲错!) 用图 3–6 的方法归一化, 它是

$$P(x') = \frac{1}{4b_1} ([C(u_+) - C(u_-)]^2 + [S(u_+) - S(u_-)]^2).$$

第 63 页, 式 (3–60): 这个表达式大小是对的, 但是, 其相位是分岔(即 $i^{1/2}$ 分支)

[364] 的. 正确的表达式是(例如, 见 N. S. Thorber and E. F. Taylor, “Propagator for

the simple harmonic oscillator,” *American Journal of Physics* **66** (1998) 1022–1024)

$$e^{-i\theta} \left(\frac{m\omega}{2\pi\hbar|\sin\omega T|} \right)^{1/2} \quad \text{其中 } \theta = \frac{\pi}{4}[1 + 2\text{trunc}(\omega T/\pi)].$$

这里 “trunc” 标记 “截短” 函数: $\text{trunc}(x)$ 是小于或等于 x 的最大整数.

第 64 页, 问题 3–10 提示: 对于这个系统, 先证明:

$$S_{cl} = \frac{m}{2} [x\dot{x} + y\dot{y} + z^2 t]_{t_a}^{t_b}.$$

第 98 页: 由概率密度 (5–4) 到波函数 (5–5) 的论述仅仅是启示性的, 而不是确定性的. 任何如此短的论述都不可能揭示波函数的相位. 这个相位可能是物理上无足轻重的常数 $e^{i\theta}$, 在这种情况下, 忽略它, 完全容许. 但是, 相因子可能是动量的函数 $e^{i\theta(p)}$, 它不会改变动量的概率密度 $P(p)$, 但是, 它可能明显地改变位置的概率密度 $P(x)$.

第 107 页: 由概率 (5–23) 到幅 (5–25) 的论述也具有上面所叙述的那样的毛病.

第 130 页: 我们用 r 标记任意场点, 用 x 标记此场中粒子的位置, 以便区别. 在第六章这种区别大都是形式上的, 而在第九章 (量子电动力学) 它是至关重要的.

第 142 页, 式 (6–62): 这个结果在长时间极限成立 $\frac{mn_b^2}{2\hbar t_b} \rightarrow 0$. 提示: 使用代换

$$x^2 = \frac{mR_{bc}^2}{2\hbar(t_b - t_c)}, \text{ 再用公式 (A.3).}$$

第 204 页: 这个传播子有量纲 $1/[\sqrt{\text{质量}} \times \text{长度}]^n$.

第 217 页, 问题 8–4 提示: 先证明 (对奇 N)

[365]

$$L = \frac{1}{4} (\dot{Q}_0^c)^2 + \frac{1}{2} \sum_{\alpha=1}^{(N-1)/2} [(\dot{Q}_\alpha^c)^2 - \omega_\alpha^2 (Q_\alpha^c)^2 + (\dot{Q}_\alpha^s)^2 - \omega_\alpha^2 (Q_\alpha^s)^2]$$

第 217 页, 问题 8–5: 值得证明

$$\begin{aligned} \frac{\langle \Phi_0 | (Q_\alpha^c)^n | \Phi_0 \rangle}{\langle \Phi_0 | 1 | \Phi_0 \rangle} &= \frac{\langle \Phi_0 | (Q_\alpha^s)^n | \Phi_0 \rangle}{\langle \Phi_0 | 1 | \Phi_0 \rangle} \\ &= \begin{cases} 0 & n \text{ 奇} \\ (n-1)!! (\hbar/2\omega_\alpha)^{n/2} & n \text{ 偶} \end{cases} \end{aligned}$$

第 218 页: 显然, 对 k 求和 (比如式 (8–89) 和式 (8–93))

$$\sum_{k=1}^N f(k) \quad \text{意味着} \quad \sum_{\alpha=0}^{N-1} f\left(\frac{2\pi}{L}\alpha\right).$$

第 233 页, 式 (8-138): 这个式子常常写成 (用公式 (A-12) 得到)

$$G_{00} = \exp \left\{ -\frac{1}{4\hbar M\omega} \int_0^T \int_0^T f(t)f(s)e^{-i\omega|t-s|} ds dt \right\}$$

第 236 页: 小心! 在没有先读第 8 章 (谐振子) 并做完问题 8-3、8-4 和 8-5 之前, 不要读这一章. 即使你想你对谐振子没有兴趣, 即使你认为你已经知道其全部, 也是这样.

第 247 页: 更细致地做好归一化, 是

$$\iint \Phi_0^*(\bar{a}_{1,\mathbf{k}'}, \bar{a}_{2,\mathbf{k}'}) \bar{a}_{1,\mathbf{k}} \bar{a}_{1,\mathbf{k}}^* \Phi_0(\bar{a}_{1,\mathbf{k}'}, \bar{a}_{2,\mathbf{k}'}) \prod_{\mathbf{k}'} d\bar{a}_{1,\mathbf{k}'} d\bar{a}_{2,\mathbf{k}'}.$$

第 252 页: 对于极化 1, 使用我们约定的次序 a 到 d 到 c 到 b , 以及 $t = t_c, s = t_d$, 这个结果是

$$\begin{aligned} \lambda_{ML}{}^1 = & \frac{i}{\hbar} \sum_{\mathbf{k}} 2i \frac{\pi}{kc} \int_{t_a}^{t_b} dt_c \int_{t_a}^{t_c} dt_d e^{-ikc(t_c-t_d)} \sum_N \int_{-\infty}^{\infty} dx_c \int_{-\infty}^{\infty} dx_d \\ & \times e^{-(i/\hbar)E_M(t_b-t_c)} \psi_M^*(\mathbf{x}_c) \bar{j}_{1,\mathbf{k}}(\mathbf{x}_c, t_c) \psi_N(\mathbf{x}_c) \\ & \times e^{-(i/\hbar)E_N(t_c-t_d)} \psi_N^*(\mathbf{x}_d) \bar{j}_{1,\mathbf{k}}^*(\mathbf{x}_d, t_d) \psi_L(\mathbf{x}_d) e^{-(i/\hbar)E_L(t_d-t_a)} \end{aligned}$$

第 309 页, 式 (11-41): 分子是从 x_a 到 x_c 在时刻 \check{u} 的传播子乘以 $f(x_c)$, 再乘以从 x_c 到 x_b 在“时刻” β 的传播子, 遍及 x_c 的所有可能的值积分:

$$\int_{-\infty}^{\infty} k(x_b, \beta; x_c, \check{u}) f(x_c) k(x_c, \check{u}; x_a, 0) dx_c.$$

再对此传播子用表达式 (10-32).

中英对照主题索引

索引页码为本书页边方括号中的页码, 对应英文原版书的页码

Fröhlich, H., 310, 317
Haga, E., 318
Plessset, M. S., 230
Rutherford, R. C., 253, 256
 V , Vol, 89
WKB 近似 WKB approximation, 63
X 射线, 散射 X-rays, scattering of, 138
 δ_+ 函数 delta + function, 260, 263, 264, 360
 π 介子 pion, 231, 254, 260

A

埃伦费斯特定理 Ehrenfest theorem, 175
爱因斯坦, A. Einstein, A., 295, 355

B

白噪声 white noise, 153, 332
贝特 Bethe, H., 256, 257
本征函数 eigenfunction, 115, 146
本征值 eigenvalue, 115
边界条件, 周期 boundary conditions, periodic, 92-93, 213
变分法 calculus of variations, 26-28
变分原理 variational principle, 296, 303-310
变换 transformation
能量 - 时间 energy-time, 102-105
坐标 of coordinates, 68
变换函数 transformation function, 96, 111-112

- 变换行列式 jacobian, 72-73, 209, 337
 标势 scalar potential, 79, 189, 237
 标准偏差 standard deviation, 50
 波 wave, 2
 波函数 wave function, 57-58
 不可确定 not definable, 71
 复共轭 complex conjugate of, 109
 纠缠 entangled, 67-68
 波函数的复共轭 complex conjugate of wave function, 109
 波长和动量 wavelength and momentum, 44-45, 47, 54, 99
 玻恩近似 Born approximation, 128-131, 147, 169, 170
 玻恩展开 Born expansion, 128
 玻尔兹曼常量 Boltzmann's constant, 268
 玻尔兹曼, L. Boltzmann, L., 277
 玻色, S. N. Bose, Satyendra Nath, 16
 玻色场 Bose field, 231
 玻色子 boson, 16, 231, 244, 288-293
 泊松分布 Poisson distribution, 323
 不相容原理 exclusion principle, 16, 231
 布朗运动 Brownian motion, 165-166, 337-341

C

- 测不准原理 uncertainty principle, 9-13, 52, 54, 176
 时间 – 能量 time-energy, 85, 148, 161
 测量 measurement, 96-113
 和概率 and probability, 106-112
 测量期望值 expected value for measurement, 112, 217
 测量装置 measuring equipment
 动量 for momentum, 45, 96-100
 一般 in general, 106-109
 产生 creation, 232
 超导 superconductivity, 294
 超复量 hypercomplex number, 6, 23
 乘积 product
 动量 of momenta, 179, 195
 幅 of amplitudes, 38
 位置的乘积 of positions, 181
 位置和动量 of position and momentum, 176

- 传播函数(传播子) propagator, 363
动量表象 momentum representation, 101-102
能量表象 energy representation, 102-105
能态项中 in terms of energy states, 88
自由粒子 free particle, 42
传播子 kernel, 26, 28-29, 109, 363
磁场 magnetic field, 64, 79, 300, 308
磁分析仪 magnetic analyzer, 45, 100

D

- 单胞 unit cell, 224
德拜, P. Debye, P., 295
狄拉克, P. A. M. Dirac, Paul A.M., viii, 113
狄拉克 δ 函数 Dirac delta function, 53, 87, 102-105, 114, 281
狄拉克方程 Dirac equation, 23, 36, 237, 255, 256, 258, 264
电磁 electromagnetic, 240-242
电磁场 electromagnetic field, 39, 64, 79, 189-192, 236-265
电磁质量修正 electromagnetic mass correction, 254
电荷密度 charge density, 237
电流密度 current density, 237
电偶极 electric dipole, 250
定态 steady state, 84-89, 116
动量 momentum, 28, 44-45, 47, 53
表象 representation, 96-102, 185
测量 measurement of, 96-100
泛函 functional, 187
幅 amplitude, 96-102
光子 of photon, 242
和波长 and wavelength, 44-45
空间 space, 98
算符 operator, 116, 185-187
跃迁元 transition element for, 184-189
动量产生函数 moment-generating function, 325
动能 kinetic energy
跃迁元 transition element of, 178-179
独立系统 independent systems, 66-68
对称性, 晶体 symmetry, of crystal, 224
对易规律 commutation laws, 115-116, 176

E

- 厄米多项式 Hermite polynomials, 199-200, 203
 厄米算符 hermitian operator, 82, 86, 114, 188
 二次型泛函 quadratic functional, 184
 二次型作用量 quadratic actions, 182-184

F

- 发射 emission, 153, 248-250, 260-262, 355
 泛函 functional, 35, 68
 泛函导数 functional derivative, 170-173
 方均根偏差 root-mean-square (rms) deviation, 52
 飞行时间 time-of-flight, 96
 测量动量 to measure momentum, 96, 100, 141
 测量动能 to measure energy, 130
 迹 trace, 273
 非相对论近似 nonrelativistic approximation, 237
 菲涅耳积分 Fresnel integrals, 49, 55-57
 费米, E. Fermi, Enrico, 16
 费米场 Fermi field, 231
 费米子 fermion, 16, 231, 244, 288-294
 分子 molecule
 多原子 polyatomic, 140, 198, 203-208
 双原子 diatomic, 139, 140, 198
 幅 amplitude, 6, 19-22, 24, 29, 86, 361
 动量概率幅 momentum amplitude, 96-101
 散射 scattering, 140, 142
 推广测量 general measurements, 106-109
 有某性质 to have a property, 107
 在一个态中 to be in a state, 108
 辐射场 radiation field, 242
 傅里叶变换 Fourier transform, 101, 153, 219, 226, 314, 325, 334-336, 351
 如同能量 – 时间变换 as energy-time transformation, 105
 傅里叶级数 Fourier series, 71-73, 337

G

- 盖革计数器 Geiger counter, 3
 概率 probability, 2, 19, 361
 分布 distribution, 323

- 函数 of a function, 323
相对 relative, 43, 51
跃迁 of transition, 148-152, 248-250
概率幅 probability amplitude, 6
概率守恒 conservation of probability, 82-84
干涉 interference, 2-6, 14, 56
干涉选择 interfering alternatives, 14
高斯分布 gaussian distribution, 52
高斯函数 gaussian function, 49, 52
高斯积分 gaussian integral, 42, 58-62
高斯噪声 gaussian noise, 329, 332-334
高兴 amusement, 276
格林函数 Green's function, 82, 274, 363
功, 热力学 work, thermodynamic, 269-270
功率 power
平均 mean, 335
谱 spectrum, 334
噪声 noise, 153
共振 resonance, 161
固定相位, 方法 stationary phase, method of, 132
固体物理 solid state physics, 279, 293, 295
关联函数 correlation function, 333-335
观察 observation, 7-13
光电效应 photoelectric effect, 153
光子 photon, 231, 243
归一化 normalization
波函数 of wave function, 82, 86, 89-94, 244
回避 avoiding, 60, 62, 72, 134, 247, 281, 284, 315, 316, 325, 337
统计力学 statistical mechanics, 268
归一化因子, 路径积分 normalizing factor, for path integral, 29, 32-33, 61, 78, 178, 193-195, 209, 215, 275

H

- 哈密顿量 hamiltonian, 79
常哈密顿量 constant, 147, 308
含有势 with vector potential, 192
与时间无关 time-independent, 84
海森伯, W. Heisenberg, W., 9, 161

- 亥姆霍兹, H. von Helmholtz, Hermann von, 268
 亥姆霍兹自由能 Helmholtz free energy, 268
 耗散涨落理论 dissipation-fluctuation theorem, 356
 黑体辐射 blackbody radiation, 295, 355
 恒定场 constant field, 64
 化学常数 chemical constant, 279, 291
 环境 environment, 344

J

- 积分的主要部分 principal part of integral, 103-105, 156-157, 253, 360
 积分方程 integral equation, 126, 129, 146
 基态 ground state
 电动力学 electrodynamics, 244-247
 原子线 line of atoms, 222-223
 极化 polarization
 光波 of light waves, 243
 振动波 of vibration waves, 224
 极化, 介电 polarization, of dielectric, 311
 极化子 polaron, 310-320, 356
 极小值原理 minimum principle, 300-303
 极性晶体, 慢电子 polar crystal, slow electrons in, 310-320
 极值 extremum, 26-28, 59
 加权平均 weighted average, 166
 加速度 acceleration, 166, 174, 175
 简并费米气体 degenerate Fermi gas, 293-294
 简并微扰论 degenerate perturbation theory, 159, 160
 简正模 normal mode, 205-208, 295
 简正坐标 normal coordinates, 208-211, 216-217
 渐近级数 asymptotic series, 141
 交换 exchange, 293
 截断规则 cutoff rule, 245, 255, 258-260
 截面 cross section, 135-143, 152
 解释 interpretation, 22
 介子 meson, 23, 24, 231, 254-256, 260
 金属中的电子 electrons in metal, 293
 经典极限 classical limit, 29-31
 经典路径 classical path, 26, 29-31, 59
 晶格振动见“声子” lattice vibration, *see phonon*

- 晶体 crystal, 198, 212-217, 224-229
极性, 慢电子 polar, slow electrons in, 310-320
精细结构常数 fine-structure constant, 252
纠缠 entanglement, 67-68
矩阵元 matrix element, 145
跃迁 for transition, 151, 154, 157

K

- 康普顿波长 Compton wavelength, 245
可分离系统 separable systems, 66-68
克罗内克 δ 符号 Kronecker delta, 86, 208
库仑势 Coulomb potential, 137, 239
宽松的语言 loose language, 108, 136-137, 147, 157, 166

L

- 拉格朗日量 lagrangian, 26
电磁 electromagnetic, 64, 79
普遍二次 general quadratic, 58
拉普拉斯, P. -S. Laplace, P. -S., 2
兰姆, W. Lamb, W., 253, 256
兰姆位移 Lamb shift, ix, 253, 256-260
冷 cold, 351
冷环境 cold environment, 352
李政道 Lee, T.-D., 318, 319
力 force, 175, 270
外 external, 345
粒子 particle, 2, 3
连续 continuum, 150-151
连续近似 approximation of continuity, 218-222
量子场论 quantum field theory, 69, 229-232
量子电动力学 quantum electrodynamics, viii, 65, 69, 236-265
基本假设 fundamental assumption, 230, 240, 243
临界温度 critical temperature, 292, 293
卢瑟福截面 Rutherford cross section, 137
路径 path, 20-22
无规 irregular, 176-177
路径和 sum over paths, 29, 31-35
路径积分 path integral, 35

- 不利 disadvantages of, viii, 39, 83, 294, 337, 356
 场变量简正坐标 field variable vs. normal coordinate, 228, 236
 双重 double, 342-345
 益处 benefits of, ix, 357

M

- 麦克斯韦, J. C. Maxwell, J. C., 23
 麦克斯韦方程 Maxwell's equations, 23, 230, 237-240
 最小作用量原理 least-action principle for, 240-242
 脉冲, 随机 pulses, random, 322-324
 密度矩阵 density matrix, 273
 模 mode, 205

N

- 能级密度 density of levels, 151
 能量 energy, 28, 45-47, 53
 传播子展开 expansion of kernel, 116-117
 和频率 and frequency, 45-47
 静 rest, 256
 热力学 thermodynamic, 269
 修正 correction, 253-256
 移位, 微扰 shift, perturbation, 159-161
 能量 - 时间变换 energy-time transformation, 102-105
 能态 energy state, 84-89, 116
 逆变换 inverse transformation, 111
 牛顿定律 Newton's law, 175, 251

O

- 偶极近似 dipole approximation, 250
 耦合系数 coupling coefficient, 70

P

- 排斥选择 exclusive alternatives, 14
 泡利, W. Pauli, W., 16
 佩卡, S. I. Pekar, S. I., 319
 配分函数 partition function, 268-273
 玻色子 for bosons, 289, 291
 路径积分 path integral for, 276, 280, 287

皮尼斯, D. Pines, D., 318, 319
频率 frequency
波函数的 of wave function, 84-86
和能量 and energy, 45-47, 53
平均 average
测量量 of measured quantity, 112
加权, 势 weighted, of potential, 305
指数 of exponential, 283, 301
平均寿命 mean lifetime, 161
普朗克, M. Planck, M., 243, 295
普朗克常量 Planck's constant, 10

Q

期望值 expectation value, 217
球坐标 spherical coordinates, 173
全同粒子 identical particles, 14-18, 231, 243-244, 287-295

R

热 heat, 270-272
热平衡 thermal equilibrium, 269
瑞利 – 里茨方法 Rayleigh-Ritz method, 307-310

S

散射 scattering, 14-18, 121-153
色散 dispersion, 222, 225
商品的价格 commodity pricing, 323
熵 entropy, 272
混合 of mixing, 291
声 sound, 225
速 speed of, 222
声子 phonon, 222, 231, 294, 295, 313
施温格, J. Schwinger, J., 173, 258
时间均匀 time-steady, 351
矢势 vector potential, 79, 189-192, 237
势能 potential energy, 26
动量表象 in momentum representation, 102
有效 effective, 286
展开 expansion for, 62

- 试探作用量 trial action, 308
 寿命 lifetime, 161
 受迫谐振子 forced harmonic oscillator, 64, 70-71, 181, 232-234
 舒尔茨, T. D. Schultz, T.D., 319
 数学严格性 mathematical rigor, 93-94, 170
 四维对称性 four-dimensional symmetry, 237, 258
 四元量 quaternion, 356
 速度, 平均平方 velocity, mean-square, 176-179
 算符 operator, ix, 79-82, 112-117, 170, 184-189

T

- 弹性 elasticity, 220, 224
 弹性碰撞 elastic collision, 131
 特征泛函 characteristic functional, 326
 特征函数 characteristic function, 325
 测量的 of measurement, 106-112
 体积, 归一化因子 volume, as normalizing factor, 93-94
 通讯, 理论 communications, theory of, 330
 统计力学 statistical mechanics, 150, 268-298, 341-356
 推迟波 retarded waves, 251

W

- 完全 completeness, 83, 85, 87, 116
 微劣势 perturbed potential, 125
 微扰展开 perturbation expansion, 120-129
 简并 degenerate, 159, 160
 与时间无关 time-independent, 159-161
 与时间有关 time-dependent, 144-161
 韦斯科普夫, V. F. Weisskopf, V. F., 256
 位形积分 configuration integral, 278
 位置测量 position measurements, 96
 温度 temperature, 268, 348, 353
 临界 critical, 292, 293
 无规路径 irregular path, 176-177

X

- 行波 traveling wave, 222
 吸收 absorption, 153, 355

- 线性算符 linear operator, 114, 116
相变 phase transition, 278-279
相对论 relativity, 35-36, 39, 102, 139, 229-232, 236-265
相对论对称 relativistic symmetry, 237, 258
相互作用 interaction, 125, 130
 粒子与谐振子 of particle with oscillator, 169
 物质与场 of matter with field, 247-253
 系统 of systems, 66
相继 succession
 发生的事件 events occurring in, 36-39
速度 of velocities, 189
相位 phase
 改变 change of, 45
 路径 of path, 29
箱, 归一化 box, for normalization, 89-92
谐振子 harmonic oscillator, 28, 63, 65, 71-73, 183, 198-234, 276, 286, 313
 场 field as, 65, 69, 198, 221, 229, 232, 238, 243
 独立 independent, 209-211
受迫 forced, 64, 70-71, 181, 232-234
相互作用 interacting, 205
影响泛函 influence functional, 352-356
与粒子相互作用 interacting with particle, 69-71
阻尼 damped, 337
形状因子 form factor, 138
虚态 virtual state, 157-158
选择 alternatives, 14
薛定谔, E. Schrödinger, E., 79
薛定谔方程 Schrödinger equation, 22-24, 58, 76-82, 129, 195

Y

- 压强 pressure, 270
湮没 annihilation, 232
严格, 逻辑 tightrope, logical, 13
严格性, 评注 rigor, remarks on, 93-94, 170
衍射 diffraction, 133
 电子 electron, 140
 粒子 of particles, 47-57
衍射高斯狭缝 Gaussian slit for diffraction, 49-54

- 液氦 liquid helium, 16, 287-294
 引力效应 gravitational effects, 245
 影响泛函 influence functional, 344-356
 游泳 swimming, 296
 有效宽度, 衍射缝 effective width of diffracting slit, 49-52
 原子势 atomic potential, 130-141
 跃迁概率 transition probability, 248-250
 跃迁概率幅 transition amplitude, 109, 144, 165, 168, 202
 哈密顿量 for Hamiltonian, 192-195
 跃迁元 transition element, 165, 217, 350
 速度幂 powers of velocity, 179
 位置的乘积 product of positions, 181
 跃迁元到算符规则 transition element to operator rule, 188

Z

- 噪声 noise, 153, 327-336
 高斯 gaussian, 329, 332-334
 关联函数 correlation function of, 333
 经典 classical, 351
 真空能量 vacuum energy, 244-246
 正电子 positron, 39, 240
 正交归一函数 orthonormal functions, 86
 正交函数 orthogonal functions, 86
 正态分布 = 高斯分布 normal distribution, 50, 52, 331, 332
 直流电压 DC voltage, 329, 332
 质量, 实验 mass, experimental, 256, 257
 置换 permutation, 288-293
 中心极限定理 central-limit theorem, 332
 周期边界条件 periodic boundary conditions, 92-93, 213
 周期路径 periodic paths, 284-285
 状态 state, 57-58
 不可确定 not definable, 71
 纠缠 entangled, 67-68
 能量 energy, 84-89, 116
 自旋 spin, 6, 15, 23, 39, 231, 255, 264, 289, 300, 356
 自由粒子 free particle, 42-47, 102, 120
 相对论性 relativistic, 35-36
 自由能, 亥姆霍兹 free energy, Helmholtz, 268

自由能, 近似 free energy, approximate, 284, 302

最小作用量原理 least action, principle of, 26

最小作用量原理 principle of least action, 26

电磁 electromagnetic, 240-242

作用量 action, viii, 26-28

电磁 electromagnetic, 240-242

坐标空间与动量空间相比 coordinate space compared to momentum space, 101

英中对照主题索引

索引页码为本书页边方括号中的页码, 对应英文原版书的页码

- absorption, 153, 355 吸收
- acceleration, 166, 174, 175 加速度
- action, viii, 26-28 作用量
 - electromagnetic, 240-242 电磁
- alternatives, 14 选择
- amplitude, 6, 19-22, 24, 29, 86, 361 幅
 - general measurements, 106-109 推广测量
 - momentum amplitude, 96-101 动量概率幅
 - scattering, 140, 142 散射
 - to be in a state, 108 在一个态中
 - to have a property, 107 有某性质
- amusement, 276 高兴
- annihilation, 232 湮没
- approximation of continuity, 218-222 连续近似
- asymptotic series, 141 渐近级数
- atomic potential, 130-141 原子势
- average, 平均
 - of exponential, 283, 301 指数
 - of measured quantity, 112 测量量
 - weighted, of potential, 305 加权, 势
- Bethe, H., 256, 257 贝特
- blackbody radiation, 295, 355 黑体辐射
- Boltzmann's constant, 268 玻尔兹曼常量
- Boltzmann, L., 277 玻尔兹曼, L.
- Born approximation, 128-131, 147, 169, 170 玻恩近似

- Born expansion, 128 玻恩展开
Bose field, 231 玻色场
Bose, Satyendra Nath, 16 玻色, S. N.
boson, 16, 231, 244, 288-293 玻色子
boundary conditions, periodic, 92-93, 213 边界条件, 周期
box, for normalization, 89-92 箱, 归一化
brownian motion, 165-166, 337-341 布朗运动
- calculus of variations, 26-28 变分法
central-limit theorem, 332 中心极限定理
characteristic function, 325 特征函数
 of measurement, 106-112 测量的
characteristic functional, 326 特征泛函
charge density, 237 电荷密度
chemical constant, 279, 291 化学常数
classical limit, 29-31 经典极限
classical path, 26, 29-31, 59 经典路径
cold environment, 352 冷环境
commodity pricing, 323 商品的价格
communications, theory of, 330 通讯, 理论
commutation laws, 115-116, 176 对易规律
completeness, 83, 85, 87, 116 完全
complex conjugate of wave function, 109 波函数的复共轭
Compton wavelength, 245 康普顿波长
configuration integral, 278 位形积分
conservation of probability, 82-84 概率守恒
constant field, 64 恒定场
continuum, 150-151 连续
coordinate space compared to momentum space, 101 坐标空间与动量空间相比
correlation function, 333-335 关联函数
Coulomb potential, 137, 239 库仑势
coupling coefficient, 70 耦合系数
creation, 232 产生
critical temperature, 292, 293 临界温度
cross section, 135-143, 152 截面
crystal, 198, 212-217, 224-229 晶体
 polar, slow electrons in, 310-320 极性, 慢电子
current density, 237 电流密度

- cutoff rule, 245, 255, 258-260 截断规则
- DC voltage, 329, 332 直流电压
- Debye, P., 295 德拜, P.
- degenerate Fermi gas, 293-294 简并费米气体
- degenerate perturbation theory, 159, 160 简并微扰论
- delta + function, 260, 263, 264, 360 δ_+ 函数
- density matrix, 273 密度矩阵
- density of levels, 151 能级密度
- diffraction, 133 衍射
- electron, 140 电子
 - of particles, 47-57 粒子
- dipole approximation, 250 偶极近似
- Dirac delta function, 53, 87, 102-105, 114, 281 狄拉克 δ 函数
- Dirac equation, 23, 36, 237, 255, 256, 258, 264 狄拉克方程
- Dirac, Paul A. M., viii, 113 狄拉克, P. A. M.
- dispersion, 222, 225 色散
- dissipation-fluctuation theorem, 356 耗散涨落理论
- effective width of diffracting slit, 49-52 有效宽度, 衍射缝
- Ehrenfest theorem, 175 埃伦费斯特定理
- eigenfunction, 115, 146 本征函数
- eigenvalue, 115 本征值
- Einstein, A., 295, 355 爱因斯坦, A.
- elastic collision, 131 弹性碰撞
- elasticity, 220, 224 弹性
- electric dipole, 250 电偶极
- electromagnetic field, 39, 64, 79, 189-192, 236-265 电磁场
- electromagnetic mass correction, 254 电磁质量修正
- electrons in metal, 293 金属中的电子
- emission, 153, 248-250, 260-262, 355 发射
- energy, 28, 45-47, 53 能量
- and frequency, 45-47 和频率
 - correction, 253-256 修正
 - expansion of kernel, 116-117 传播子展开
 - rest, 256 静
 - shift, perturbation, 159-161 移位, 微扰
 - thermodynamic, 269 热力学
- energy state, 84-89, 116 能态

- energy-time transformation, 102-105 能量 – 时间变换
entanglement, 67-68 纠缠
entropy, 272 熵
 of mixing, 291 混合
environment, 344 环境
cold, 351 冷
time-steady, 351 时间均匀
exchange, 293 交换
exclusion principle, 16, 231 不相容原理
exclusive alternatives, 14 排斥选择
expectation value, 217 期望值
expected value for measurement, 112, 217 测量期望值
extremum, 26-28, 59 极值
- Fermi field, 231 费米场
Fermi, Enrico, 16 费米, E.
fermion, 16, 231, 244, 288-294 费米子
fine-structure constant, 252 精细结构常数
force, 175, 270 力
 external, 345 外
forced harmonic oscillator, 64, 70-71, 181, 232-234 受迫谐振子
form factor, 138 形状因子
four-dimensional symmetry, 237, 258 四维对称性
Fourier series, 71-73, 337 傅里叶级数
Fourier transform, 101, 153, 219, 226, 314, 325, 334-336, 351 傅里叶变换
 as energy-time transformation, 105 如同能量 – 时间变换
free energy, approximate, 284, 302 自由能, 近似
free energy, Helmholtz, 268 自由能, 亥姆霍兹
free particle, 42-47, 102, 120 自由粒子
 relativistic, 35-36 相对论性
frequency 频率
 and energy, 45-47, 53 和能量
 of wave function, 84-86 波函数的
Fresnel integrals, 49, 55-57 菲涅耳积分
Fröhlich, H., 310, 317
functional, 35, 68 泛函
functional derivative, 170-173 泛函导数
gaussian distribution, 52 高斯分布

- gaussian function, 49, 52 高斯函数
 gaussian integral, 42, 58-62 高斯积分
 gaussian noise, 329, 332-334 高斯噪声
 gaussian slit for diffraction, 49-54 衍射高斯狭缝
 Geiger counter, 3 盖革计数器
 gravitational effects, 245 引力效应
 Green's function, 82, 274, 363 格林函数
 ground state 基态
 electrodynamics, 244-247 电动力学
 line of atoms, 222-223 原子线
- Haga, E., 318
- hamiltonian, 79 哈密顿量
 constant, 147, 308 常哈密顿量
 time-independent, 84 与时间无关
 with vector potential, 192 含有势
- harmonic oscillator, 28, 63, 65, 71-73, 183, 198-234, 276, 286, 313 谐振子
 damped, 337 阻尼
 field as, 65, 69, 198, 221, 229, 232, 238, 243 场
 forced, 64, 70-71, 181, 232-234 受迫
 independent, 209-211 独立
 influence functional, 352-356 影响泛函
 interacting, 205 相互作用
 interacting with particle, 69-71 与粒子相互作用
- heat, 270-272 热
- Heisenberg, W., 9, 161 海森伯, W.
- Helmholtz free energy, 268 亥姆霍兹自由能
- Helmholtz, Hermann von, 268 亥姆霍兹, H. von
- Hermite polynomials, 199-200, 203 厄米多项式
- hermitian operator, 82, 86, 114, 188 厄米算符
- hypercomplex number, 6, 23 超复量
- identical particles, 14-18, 231, 243-244, 287-295 全同粒子
- independent systems, 66-68 独立系统
- influence functional, 344-356 影响泛函
- integral equation, 126, 129, 146 积分方程
- interaction, 125, 130 相互作用
 of matter with field, 247-253 物质与场
 of particle with oscillator, 169 粒子与谐振子

- of systems, 66 系统
interference, 2-6, 14, 56 干涉
interfering alternatives, 14 干涉选择
interpretation, 22 解释
inverse transformation, 111 逆变换
irregular path, 176-177 无规路径

jacobian, 72-73, 209, 337 变换行列式

kernel, 26, 28-29, 109, 363 传播子
 energy representation, 102-105 能量表象
 free particle, 42 自由粒子
 in terms of energy states, 88 能态项中
 momentum representation, 101-102 动量表象
kinetic energy 动能
 transition element of, 178-179 跃迁元
Kronecker delta, 86, 208 克罗内克 δ 符号

lagrangian, 26 拉格朗日量
 electromagnetic, 64, 79 电磁
 general quadratic, 58 普遍二次
Lamb shift, ix, 253, 256-260 兰姆位移
Lamb, W., 253, 256 兰姆, W.
Laplace, P. -S., 2 拉普拉斯, P. -S.
lattice vibration, see phonon, 晶格振动见“声子”
least action, principle of, 26 最小作用量原理
 electromagnetic, 240-242 电磁
Lee, T. -D., 318, 319 李政道
lifetime, 161 寿命
linear operator, 114, 116 线性算符
liquid helium, 16, 287-294 液氦
loose language, 108, 136-137, 147, 157, 166 宽松的语言

magnetic analyzer, 45, 100 磁分析仪
magnetic field, 64, 79, 300, 308 磁场
mass, experimental, 256, 257 质量, 实验
mathematical rigor, 93-94, 170 数学严格性
matrix element, 145 矩阵元
 for transition, 151, 154, 157 跃迁
Maxwell's equations, 23, 230, 237-240 麦克斯韦方程

- least-action principle for, 240-242 最小作用量原理
Maxwell, J. C., 23 麦克斯韦, J. C.
mean lifetime, 161 平均寿命
measurement, 96-113 测量
 and probability, 106-112 和概率
measuring equipment, 测量装置
 for momentum, 45, 96-100 动量
 in general, 106-109 一般
meson, 23, 24, 231, 254-256, 260 介子
minimum principle, 300-303 极小值原理
mode, 205 模
molecule, 分子
 diatomic, 139, 140, 198 双原子
 polyatomic, 140, 198, 203-208 多原子
moment-generating function, 325 动量产生函数
momentum, 28, 44-45, 47, 53 动量
 amplitude, 96-102 幅
 and wavelength, 44-45 和波长
 functional, 187 泛函
 measurement of, 96-100 测量
 of photon, 242 光子
 operator, 116, 185-187 算符
 representation, 96-102, 185 表象
 space, 98 空间
 transition element for, 184-189 跃迁元
Newton's law, 175, 251 牛顿定律
noise, 153, 327-336 噪声
 classical, 351 经典
 correlation function of, 333 关联函数
 gaussian, 329, 332-334 高斯
nonrelativistic approximation, 237 非相对论近似
normal coordinates, 208-211, 216-217 简正坐标
normal distribution, 50, 52, 331, 332 正态分布 = 高斯分布
normal mode, 205-208, 295 简正模
normalization, 归一化
 avoiding, 60, 62, 72, 134, 247, 281, 284, 315, 316, 325, 337 回避
 of wave function, 82, 86, 89-94, 244 波函数
statistical mechanics, 268 统计力学

- normalizing factor, for path integral, 29, 32-33, 61, 78, 178, 193-195, 209, 215, 275 归一化因子, 路径积分
- observation, 7-13 观察
- operator, ix, 79-82, 112-117, 170, 184-189 算符
- orthogonal functions, 86 正交函数
- orthonormal functions, 86 正交归一函数
- particle, 2, 3 粒子
- partition function, 268-273 配分函数
- for bosons, 289, 291 玻色子
- path integral for, 276, 280, 287 路径积分
- path, 20-22 路径
- irregular, 176-177 无规
- path integral, 35 路径积分
- benefits of, ix, 357 益处
- disadvantages of, viii, 39, 83, 294, 337, 356 不利
- double, 342-345 双重
- field variable vs. normal coordinate, 228, 236 场变量简正坐标
- Pauli, W., 16 泡利, W.
- Pekar, S.I., 319 佩卡, S. I.
- periodic boundary conditions, 92-93, 213 周期边界条件
- periodic paths, 284-285 周期路径
- permutation, 288-293 置换
- perturbation expansion, 120-129 微扰展开
- degenerate, 159, 160 简并
- time-dependent, 144-161 与时间有关
- time-independent, 159-161 与时间无关
- perturbed potential, 125 微扰势
- phase 相位
- change of, 45 改变
- of path, 29 路径
- phase transition, 278-279 相变
- phonon, 222, 231, 294, 295, 313 声子
- photoelectric effect, 153 光电效应
- photon, 231, 243 光子
- Pines, D., 318, 319 皮尼斯, D.
- pion, 231, 254, 260 π 介子
- Planck's constant, 10 普朗克常量

- Planck, M., 243, 295 普朗克, M.
- Plesset, M.S., 230
- Poisson distribution, 323 泊松分布
- polar crystal, slow electrons in, 310-320 极性晶体, 慢电子
- polarization, 极化
- of light waves, 243 光波
 - of vibration waves, 224 振动波
- polarization, of dielectric, 311 极化, 介电
- polaron, 310-320, 356 极化子
- position measurements, 96 位置测量
- positron, 39, 240 正电子
- potential energy, 26 势能
- effective, 286 有效
 - expansion for, 62 展开
 - in momentum representation, 102 动量表象
- power, 功率
- mean, 335 平均
 - noise, 153 噪声
 - spectrum, 334 谱
- pressure, 270 压强
- principal part of integral, 103-105, 156-157, 253, 360 积分的主要部分
- principle of least action, 26 最小作用量原理
- electromagnetic, 240-242 电磁
- probability, 2, 19, 361 概率
- distribution, 323 分布
 - of a function, 323 函数
 - of transition, 148-152, 248-250 跃迁
 - relative, 43, 51 相对
- probability amplitude, 6 概率幅
- product, 乘积
- of amplitudes, 38 幅
 - of momenta, 179, 195 动量
 - of position and momentum, 176 位置和动量
 - of positions, 181 位置的乘积
- propagator, 363 传播函数(传播子)
- pulses, random, 322-324 脉冲, 随机
- quadratic actions, 182-184 二次型作用量

- quadratic functional, 184 二次型泛函
quantum electrodynamics, viii, 65, 69, 236-265 量子电动力学
fundamental assumption, 230, 240, 243 基本假设
quantum field theory, 69, 229-232 量子场论
quaternion, 356 四元量
- radiation field, 242 辐射场
Rayleigh-Ritz method, 307-310 瑞利-里茨方法
relativistic symmetry, 237, 258 相对论对称
relativity, 35-36, 39, 102, 139, 229-232, 236-265 相对论
resonance, 161 共振
retarded waves, 251 推迟波
Rutherford, R.C., 253, 256
rigor, remarks on, 93-94, 170 严格性, 评注
root-mean-square (rms) deviation, 52 方均根偏差
Rutherford cross section, 137 卢瑟福截面
- scalar potential, 79, 189, 237 标势
scattering, 14-18, 121-153 散射
Schrödinger equation, 22-24, 58, 76-82, 129, 195 薛定谔方程
Schrödinger, E., 79 薛定谔, E.
Schultz, T. D., 319 舒尔茨, T. D.
Schwinger, J., 173, 258 施温格, J.
separable systems, 66-68 可分离系统
solid state physics, 279, 293, 295 固体物理
sound, 225 声
speed of, 222 速
spherical coordinates, 173 球坐标
spin, 6, 15, 23, 39, 231, 255, 264, 289, 300, 356 自旋
standard deviation, 50 标准偏差
state, 57-58 状态
energy, 84-89, 116 能量
entangled, 67-68 纠缠
not definable, 71 不可确定
stationary phase, method of, 132 固定相位, 方法
statistical mechanics, 150, 268-298, 341-356 统计力学
steady state, 84-89, 116 定态
succession, 相继
events occurring in, 36-39 发生的事件

- of velocities, 189 速度
sum over paths, 29, 31-35 路径和
superconductivity, 294 超导
swimming, 296 游泳
symmetry, of crystal, 224 对称性, 晶体
- temperature, 268, 348, 353 温度
critical, 292, 293 临界
thermal equilibrium, 269 热平衡
tightrope, logical, 13 严格, 逻辑
time-of-flight, 96 飞行时间
 to measure energy, 130 测量动能
 to measure momentum, 96, 100, 141 测量动量
- trace, 273 迹
transformation, 变换
 energy-time, 102-105 能量 – 时间
 of coordinates, 68 坐标
transformation function, 96, 111-112 变换函数
transition amplitude, 109, 144, 165, 168, 202 跃迁概率幅
 for hamiltonian, 192-195 哈密顿量
transition element, 165, 217, 350 跃迁元
 powers of velocity, 179 速度幕
 product of positions, 181 位置的乘积
transition element to operator rule, 188 跃迁元到算符规则
transition probability, 248-250 跃迁概率
traveling wave, 222 行波
trial action, 308 试探作用量
- uncertainty principle, 9-13, 52, 54, 176 测不准原理
time-energy, 85, 148, 161 时间 – 能量
unit cell, 224 单胞
- vacuum energy, 244-246 真空能量
variational principle, 296, 303-310 变分原理
vector potential, 79, 189-192, 237 矢势
velocity, mean-square, 176-179 速度, 平均平方
virtual state, 157-158 虚态
Vol, 89 V
volume, as normalizing factor, 93-94 体积, 归一化因子

- wave, 2 波
wave function, 57-58 波函数
 complex conjugate of, 109 复共轭
 entangled, 67-68 纠缠
 not definable, 71 不可确定
wavelength and momentum, 44-45, 47, 54, 99 波长和动量
weighted average, 166 加权平均
Weisskopf, V. F., 256 韦斯科普夫, V. F.
white noise, 153, 332 白噪声
WKB approximation, 63 WKB 近似
work, thermodynamic, 269-270 功, 热力学

X-rays, scattering of, 138 X 射线, 散射

译后记

正如著者所说, 本书不是学习量子力学的教科书. 要学习量子力学还是应采用传统的算符方式. 但是从学习路径积分来看, 它确是一本好教材. 虽然用路径积分方法处理一些简单问题不如传统方式简捷, 但是, 从本书(英文版)问世不久, t'Hooft 就用路径积分方法证明了规范场是可以重正化的, 从而显示了路径积分方法的巨大威力. 由此, 路径积分方法就逐渐成为物理学家必备的工具了.

原书中使用的 Kernel 一词, 经常代表粒子从某点运动到某点的概率幅, 而在现代许多其他著作(如 Bjorken 和 Drell 的书, 李政道的书以及有关文献)中都用 propagator 来表示. 因此, 在这种意义上, 或确切地说, 当其只代表费曼图上一根内线时, 中文版将 Kernel 译成传播子.

本书老版第一章和第二章由韦秀清翻译, 其余由张邦固翻译.

新译本的工作由张邦固完成. 工作中参考了老译本的内容, 对韦秀清表示感谢. 索引是校订者加的. 其中一些条目似乎是校订者在为所标明的原文做简短的评述. 对校订版的几点想法.

一、校订者做了许多工作.

二、校订版修改了原版的一些疏漏.

三、校订版未动原版的主流.

四、校订版改动处最多的——符号“统一”——有蛇足之嫌.

1. 大自然是千变万化的, 没有必要“统一”. 符号在这里只是辅助工具, 只要方便、没有歧义, 就好.

2. 一些局面是译者不太愿意看见的. 例如, 粒子的空间坐标, 原版用 $q(q_x, q_y, q_z)$ 表示; 校订版改用 $\mathbf{x}(x, y, z)$. 场坐标原版用 $\mathbf{r}(x, y, z)$; 校订版用 $\mathbf{r}(r_x, r_y, r_z)$. 是不是有点儿怪异?

3. “统一”并没有进行到底。例如，(1) 把 t “统一”为 u ; (2) 为每一个函数 (例如 f) 都补上自变量 (例如 t).

欢迎读者批评。

张邦固

2013 年 7 月 13 日

郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人将承担相应的民事责任和行政责任；构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人进行严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话 （010）58581897 58582371 58581879

反盗版举报传真 （010）82086060

反盗版举报邮箱 dd@ hep. com. cn

通信地址 北京市西城区德外大街4号 高等教育出版社法务部

邮政编码 100120