

Table of Contents

[内容简介](#)

[目 录](#)

[2014年沈阳师范大学624量子力学考研真题](#)

[2013年沈阳师范大学623量子力学考研真题](#)

[2012年沈阳师范大学623量子力学考研真题](#)

目 录

[2014年沈阳师范大学624量子力学考研真题](#)

[2013年沈阳师范大学623量子力学考研真题](#)

[2012年沈阳师范大学623量子力学考研真题](#)

2014年沈阳师范大学624量子力学考研真题

科目代码： 624

科目名称：量子力学

适用专业名称：理论物理/粒子物理与原子核物理/凝聚态物理/光学/无线电物理

一、填空题（共24分，每空2分）

1. 如果电子与质子具有相同的动能，那么___的德布罗意波长较短。
2. 氢原子4p态中的电子的角动量的平方为___。
3. 若定态波函数 $\psi = Ae^{\frac{i}{\hbar}\vec{p}\cdot\vec{r}}$ ，则概率流密度 $\vec{j} =$ ___。
4. 对氢原子，不考虑自旋，能级的简并度为___。
5. 动量 P_x 在坐标表象中的矩阵元为___。
6. 散射问题中，高能粒子散射适合采用___方法处理。
7. 三维自由粒子的一组力学量完全集可取为___。
8. 用球坐标表示，粒子波函数为 $\psi(r, \theta, \varphi)$ ，则粒子在立体角 $d\Omega$ 中被测到的概率为___。
9. 在一维不对称无限深势阱中运动的粒子，势阱的宽度为 a ，如果粒子的状态为 $\psi(x) = Ax(2a-x)$ ，则 $A =$ ___。
10. 若体系处于 \hat{L}_z 的本征态 Y_{lm} ，则 $\bar{L}_z =$ ___。
11. 质量为 m 的粒子处于能量为 E 的本征态，波函数为 $\psi(x) = Axe^{-\frac{1}{2}x^2}$ ，则粒子所处的势能为___。

12. 一维运动中，哈密顿量 $\hat{H} = \frac{\hat{p}^2}{2m} + \hat{U}(x)$ ，求 $[\hat{x}, \hat{H}] =$ ___。

二、简答题（共12分，每小题4分）

1. 说明什么是束缚态、非束缚态，及其能量取值的特点。
2. 写出 σ_z 表象中的泡利矩阵。
3. 什么是费米子？由其组成的全同粒子波函数有怎样的交换对称性？

三、证明题（共20分）

证明： $\psi_1 = y + iz$ ， $\psi_2 = z + ix$ ， $\psi_3 = x + iy$ 分别为角动量算符 \hat{L}_x ， \hat{L}_y ， \hat{L}_z 的本征值为 \hbar 的本征态。

四、计算题（共94分）

1. (22分) 线性谐振子在 $t=0$ 时处于状态

$$\psi(x,0) = \sqrt{\frac{\alpha}{\sqrt{\pi}}} \left[\sqrt{\frac{1}{3}} - \frac{2}{\sqrt{3}} \alpha x \right] \exp\left(-\frac{1}{2} \alpha^2 x^2\right)$$
, 其中 $\alpha = \sqrt{\frac{\mu\omega}{\hbar}}$, 求 (1)、在 $t=0$ 时体系能量的取值几率和平均值。(2)、 $t>0$ 时体系波函数和体系能量的取值几率及平均值。
[已知: 振子能量本征态, 当 $n=0,1$ 时有,

$$\varphi_0(x) = \sqrt{\frac{\alpha}{\sqrt{\pi}}} \exp(-\alpha^2 x^2), \quad \varphi_1(x) = \sqrt{\frac{\alpha}{2\sqrt{\pi}}} (\alpha x) \exp(-\alpha^2 x^2)$$

2. (22分) 设绝对零度时, 在三维各向同性谐振子势 $U(r) = \frac{1}{2} \mu \omega^2 r^2$ 中有 20 个自旋 $s = \frac{1}{2}$ 质量为 μ 的全同粒子组成的体系。忽略粒子之间的相互作用。已知这 20 个粒子的平均能量为 $3eV$ 。(1) 如果同样温度下该势场中有 12 个这样的粒子组成的体系, 粒子平均能量是多少 eV ? (2) 如果同样温度下该势场中有 12 个自旋 $s=0$ 质量仍为 μ 的全同粒子组成的体系, 粒子平均能量是多少 eV ?

3. (25分) 粒子的哈密顿量 $\hat{H} = \hat{H}_0 + \hat{H}'$, \hat{H}_0 与 \hat{H}' 在某 Q 表象中的矩阵形式为:

$$H_0 = E_0 \begin{pmatrix} 2 & 0 & 1 \\ 0 & 2 & 0 \\ 1 & 0 & 2 \end{pmatrix}, \quad H' = \varepsilon \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 2 & 0 \\ 0 & 0 & 2 \end{pmatrix}$$

其中 E_0 为正实数, $|\varepsilon| \ll E_0$, \hat{H}' 可视为微扰。(1) 忽略微扰, 求出 \hat{H}_0 的本征值与本征态矢; (2) 考虑微扰, 求出粒子基态的二级近似能量和一级近似态矢。

4. (25分) 两个自旋为 $\frac{1}{2}$ 的粒子组成的体系, 其等效哈密顿量为:
$$\hat{H} = A(\hat{S}_{1z} + \hat{S}_{2z}) + B\hat{S}_1 \cdot \hat{S}_2$$
, 其中 \hat{S}_1 、 \hat{S}_2 为两个粒子的自旋算符, \hat{S}_{1z} 、 \hat{S}_{2z} 是它们的 z 分量, A 和 B 为常数, (1) 可以选哪些力学量作为体系的力学量完全集; (2) 求体系的所有可能的能量本征值。

2013年沈阳师范大学623量子力学考研真题

科目代码： 623

科目名称：量子力学

适用专业名称：粒子物理与原子核物理/凝聚态物理/理论物理/光学/无线电物理

一、填空题（共7题，每小题3分，合计21分）

1. 为解决黑体辐射问题，普朗克在1900年提出能量量子化假设，即黑体以_____为能量单位不连续地发射和吸收频率为 ν 的辐射，而不是像经典理论所要求的那样可以连续地发射和吸收辐射能量。

2. 量子力学建立之前， α 衰变现象、金属冷发射现象以及某些化学键的形成令人十分困惑，量子力学发现存在_____效应，使这些困惑一一消除。

3. 设在球坐标中，某一质子的波函数为 $\psi(r, \theta, \varphi)$ ，则在球壳 $(r, r+dr)$ 中找到此质子的概率为_____。

4. 在 \hat{L}_x 和 \hat{L}_z 的共同本征态中，不确定原理为： $\overline{(\Delta \hat{L}_x)^2} \cdot \overline{(\Delta \hat{L}_z)^2} \geq$ _____。

5. 在 S_z 表象中，泡利矩阵 $\hat{\sigma}_x =$ _____。

6. 全同费米子体系有一项重要性质，即每一种单粒子的状态上只能容纳_____个粒子，这是泡利分析了大量原子物理实验事实之后提出来的，称为泡利不相容原理。

7. \hat{p}_x 与 $f(x)$ 的对易关系 $[\hat{p}_x, f(x)] =$ _____。

二、计算题（9分）

求本征值为 x' 的坐标算符的本征态在动量表象中的表示形式。

三、计算题（25分）

设一粒子处在宽度为 a 的不对称一维无限深方势阱中，当粒子处于能量的基态时，求：

(1) \bar{x} ； (2) $\overline{x^2}$ 。

四、计算题（25分）

质量为 μ 的粒子处于一维谐振子势场 $U_1 = \frac{1}{2}kx^2$ 的基态 $\psi_0(x)$ ，某时弹性系数 k 突然变成 $3k$ ，即势场变为 $U_2 = \frac{3}{2}kx^2$ 。求此时粒子处于新势场 U_2 的基态 ψ_0 的几率。（已知

一维谐振子基态波函数为：
$$\psi_0(\omega, x) = \sqrt{\frac{\alpha}{\sqrt{\pi}}} e^{-\alpha^2 x^2 / 2}, \alpha = \sqrt{\frac{\mu\omega}{\hbar}}$$
；如有必要可利用
$$\int_0^{+\infty} e^{-at} dt = \frac{\sqrt{\pi}}{2a}$$

五、应用题（25分）

质量为 m 的粒子处在宽度为 a 的不对称一维无限深势阱 ($0 < x < a$) 中，若其受到

$$\hat{H}' = B \cos \frac{2\pi x}{a}, \quad (0 < x < a)$$

微扰

的作用，其中 B 为已知常数，试用微扰论求：

- (1) 粒子第一激发态能量的二级近似；
- (2) 粒子第一激发态波函数的一级近似。

六、应用题（25分）

设一质量为 μ 带电为 q 的粒子在均匀磁场中运动， $A(-By, 0, 0)$ ，试求：

- (1) 粒子的哈密顿算符 \hat{H} ；
- (2) 证明 \hat{P}_x 和 \hat{P}_z 是守恒量；
- (3) 求出能量本征值。

七、应用题（20分）

设铍 (Be) 原子的某一激发态的两个价电子组态为 $(2s, 2d)$ 。略去电子间的相互作用以及与自旋有关的相互作用，

- (1) 给出两价电子体系可能的总轨道角动量量子数 l 、总自旋量子数 s ；
- (2) 写出两价电子体系可能的波函数的形式。

2012年沈阳师范大学623量子力学考研真题

科目代码： 623

科目名称： 量子力学

专业名称： 理论物理/粒子物理与原子核物理/凝聚态物理/光学/无线电物理

一、简答题（共5题，每题5分，合计25分）

1. 哪些实验表明辐射场的粒子性？哪些实验表明能量交换的量子性？哪些实验表明物质粒子的波动性？
2. 举例说明束缚态的能级是离散的，非束缚态的能级是连续的。
3. 力学量在其自身表象中矩阵如何表示？其本征函数矩阵如何表示？
4. 由一个表象到另一个表象的变换是什么变换？态和力学量在两个表象间如何变换？
5. 写出玻恩微分散射截面公式。

二、证明题（25分）

体系的哈密顿量为 $H = H_0 + H'$ ，其中 $H_0|n\rangle = E_n|n\rangle, n=1,2$ 。在 H_0 表象中

$$H_0 = \begin{bmatrix} E_1 & 0 \\ 0 & E_2 \end{bmatrix}, \quad H' = \begin{bmatrix} 0 & H'_{12} \\ H'_{21} & 0 \end{bmatrix}, \quad (H'_{12} = H'_{21})$$

$$H = E_1|1\rangle\langle 1| + E_2|2\rangle\langle 2| + H'_{12}|1\rangle\langle 2| + H'_{21}|2\rangle\langle 1|$$

证明： H 可以表示为

三、计算题（共2题，每题25分，合计50分）

1. 设体系处于 $\psi = c_1 Y_{11} + c_2 Y_{00}$ 态，求

- (1) \hat{I}_z 的可能测量值及其平均值；
- (2) \hat{I}^2 的可能测量值及其平均值；
- (3) \hat{I}_x 的可能测量值及其平均值。

2. 电荷为 e 的谐振子，在 $t=0$ 时处于基态， $t>0$ 时处于弱电场 $\mathcal{E} = \mathcal{E}_0 e^{-t/\tau}$ 之中（ τ 为常数），试求谐振子处于第一激发态的几率。

四、应用题（共2题，每题25分，合计50分）

1. 求粒子 ($E > 0$) 在下列势阱壁 ($x=0$) 处的反射系数。