

2026 春 • 原子物理 (A) 期中考试

注意事项

1. 答卷前, 考生务必将自己的姓名、学号写在答题纸上;
2. 务必将答案写在答题纸上, 写在本试卷上无效;

物理常数

电子电荷: $e = 1.60 \times 10^{-19} \text{ C}$

中子质量: $1836 m_e$

Planck 常数: $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$

组合常数: $hc = 1240 \text{ eV} \cdot \text{nm}$

电子质量: $m_e = 9.11 \times 10^{-31} \text{ kg} = 0.511 \text{ MeV}/c^2$

真空光速: $c = 3.0 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

玻尔兹曼常数: $k = 8.62 \times 10^{-5} \text{ eV} \cdot \text{K}^{-1}$

第一玻尔半径: $a_0 = 4\pi\epsilon_0\hbar^2/(m_e e^2) = 0.53 \times 10^{-10} \text{ m}$

一、单项选择题 (每小题 6 分, 共 30 分)

1. 卢瑟福 α 粒子散射实验中, 绝大多数 α 粒子直线穿过金箔的主要原因是 ()
A. α 粒子能量极高, 不受库仑力作用;
B. 原子绝大部分空间是空的;
C. 金箔中原子电子对 α 粒子的阻碍作用极小;
D. 原子核体积很小, α 粒子易穿过.
2. 卢瑟福散射实验中, 瞄准距离减小, α 粒子的偏转角 ()
A. 不变; B. 增大; C. 减小; D. 无法确定.
3. 能量为 10 GeV 的电子与质子, 其物质波波长的比例为 ()
A. 1 : 1836; B. 1836 : 1; C. 1 : 1; D. 1 : 938.
4. 已知中子的直径为 10^{-15} m , 如果电子限制在中子内, 采用无限深方势阱模型估计电子的最低能量为 ()
A. 620 MeV; B. 1240 MeV; C. $3.8 \times 10^5 \text{ MeV}$; D. $1.5 \times 10^6 \text{ MeV}$.
5. e/m 为电子的荷质比, \mathbf{L} 、 \mathbf{S} 和 \mathbf{J} 分别为电子的总轨道角动量、总自旋角动量和总角动量, 则原子的总磁矩为 ()
A. $-\frac{e}{2m}(\mathbf{L} + 2\mathbf{S})$ B. $-\frac{e}{m}(\mathbf{L} + 2\mathbf{S})$ C. $-\frac{e}{2m}(2\mathbf{L} + \mathbf{S})$ D. $-\frac{e}{2m}(\mathbf{L} + \mathbf{S})$

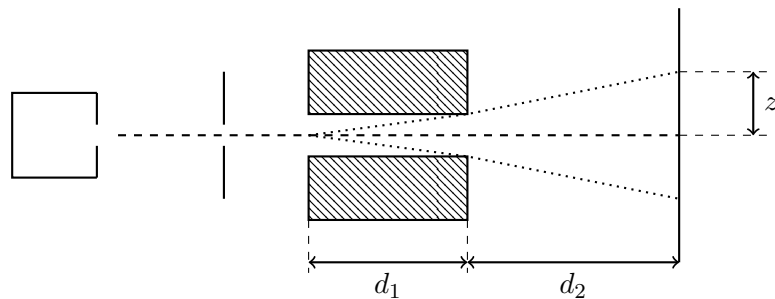
二、填空题 (每空 3 分, 共 30 分)

1. 原子核的尺度数量级约为 _____ m, 原子的尺度数量级约为 _____ m.
2. 微观粒子的运动状态用波函数 $\psi(x, y, z, t)$ 描述, 对波函数的统计解释是: _____
在球坐标下, 设粒子的波函数为 $\psi(r, \theta, \varphi)$, 该粒子在球壳 $(r, r+dr)$ 内被观测到的概率为: _____
在 (θ, φ) 方向立体角元 $d\Omega$ 中找到粒子的概率为: _____。

3. 按照氢原子的玻尔理论, $n = 4$ 时只有一个能级。若考虑精细结构, 则此能级将分裂为_____个能级, 若再考虑兰姆移位, 则此能级将分裂为_____个能级。
4. 原子的 $4f$ 轨道上占据一个电子, 该能级在强磁场中会分裂成_____个能级。
5. 在斯特恩-盖拉赫实验中, 原子态 5F_1 的束流将分裂成_____条, 原子态 ${}^2P_{3/2}$ 的束流将分裂成_____条。

三、计算题 (每题 20 分, 共 40 分)

1. 如图所示, 在斯特恩-盖拉赫实验中, 一束处于 $3d$ 态的氢原子以速率 $v = 600 \text{ m/s}$ 通过一个极不均匀的横向磁场, 最终打在探测屏上。已知磁场的梯度为 $\partial B/\partial z = 1.2 \text{ T/m}$ 磁极的纵向长度 $d_1 = 0.05 \text{ m}$, 磁极端面到探测屏的长度 $d_2 = 0.12 \text{ m}$ 。已知电子的自旋为 $1/2$, 自旋朗德 g 因子为 2 , 考虑 $L-S$ 耦合:
 - (a) 写出 $3d$ 态的氢原子的所有谱项;
 - (b) 氢原子处于简并度最高的原子态, 则在该原子态下, 在屏上可以接受到几条束线?
 - (c) 在劈裂的氢原子束线中, 相邻两束间距是多少?



2. 对于氦离子 He^+ , 请计算:
 - (a) 无外场时 $2p$ 能级的精细结构分裂是多少?
 - (b) 当磁感应强度为多大时, $3^2D_{3/2}$ 谱项相邻成分间的间隔为 $2p$ 能级的精细结构分裂的 $1/100$ 。