

Print your name _____

Problems [3 points each for In-class problem. Total 89 points]

Directions: Show your work step by step to receive full credit. Box your final answer and record its appropriate unit.

Some Commonly Used Constants and Conversion Factors

(see Appendix A for a more complete list)

Speed of light	$c = 2.998 \times 10^8 \text{ m/s}$
Electronic charge	$e = 1.602 \times 10^{-19} \text{ C}$
Boltzmann constant	$k = 1.381 \times 10^{-23} \text{ J/K} = 8.617 \times 10^{-5} \text{ eV/K}$
Planck's constant	$h = 6.626 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s} = 4.136 \times 10^{-15} \text{ eV}\cdot\text{s}$
Avogadro's constant	$N_A = 6.022 \times 10^{23} \text{ mole}^{-1}$
Electron mass	$m_e = 5.49 \times 10^{-4} \text{ u} = 0.511 \text{ MeV}/c^2$
Proton mass	$m_p = 1.007276 \text{ u} = 938.3 \text{ MeV}/c^2$
Neutron mass	$m_n = 1.008665 \text{ u} = 939.6 \text{ MeV}/c^2$
Bohr radius	$a_0 = 0.0529 \text{ nm}$
Hydrogen ionization energy	13.6 eV
Thermal energy	$kT = 0.02525 \text{ eV} \cong \frac{1}{40} \text{ eV} (T = 293 \text{ K})$
$hc = 1240 \text{ eV}\cdot\text{nm} (\text{MeV}\cdot\text{fm})$	$\hbar c = 197 \text{ eV}\cdot\text{nm} (\text{MeV}\cdot\text{fm})$
$\frac{e^2}{4\pi\varepsilon_0} = 1.440 \text{ eV}\cdot\text{nm} (\text{MeV}\cdot\text{fm})$	$1 \text{ u} = 931.5 \text{ MeV}/c^2$
	$1 \text{ eV} = 1.602 \times 10^{-19} \text{ J}$

In Class Problem 17-26, total 30 points.

2-1) (3 points)

在施特恩 - 盖拉赫实验中(图 19.1), 不均匀横向磁场梯度为 $\frac{\partial B_z}{\partial z} = 5.0 \text{ T/cm}$, 磁极的纵向范围 $d = 10 \text{ cm}$, 磁极中心到屏的距离 $D = 30 \text{ cm}$, 使用的原子束是处于基态 ${}^4F_{3/2}$ 的钒原子, 原子的动能 $E_k = 50 \text{ MeV}$. 试求屏上线束边缘成分之间的距离.

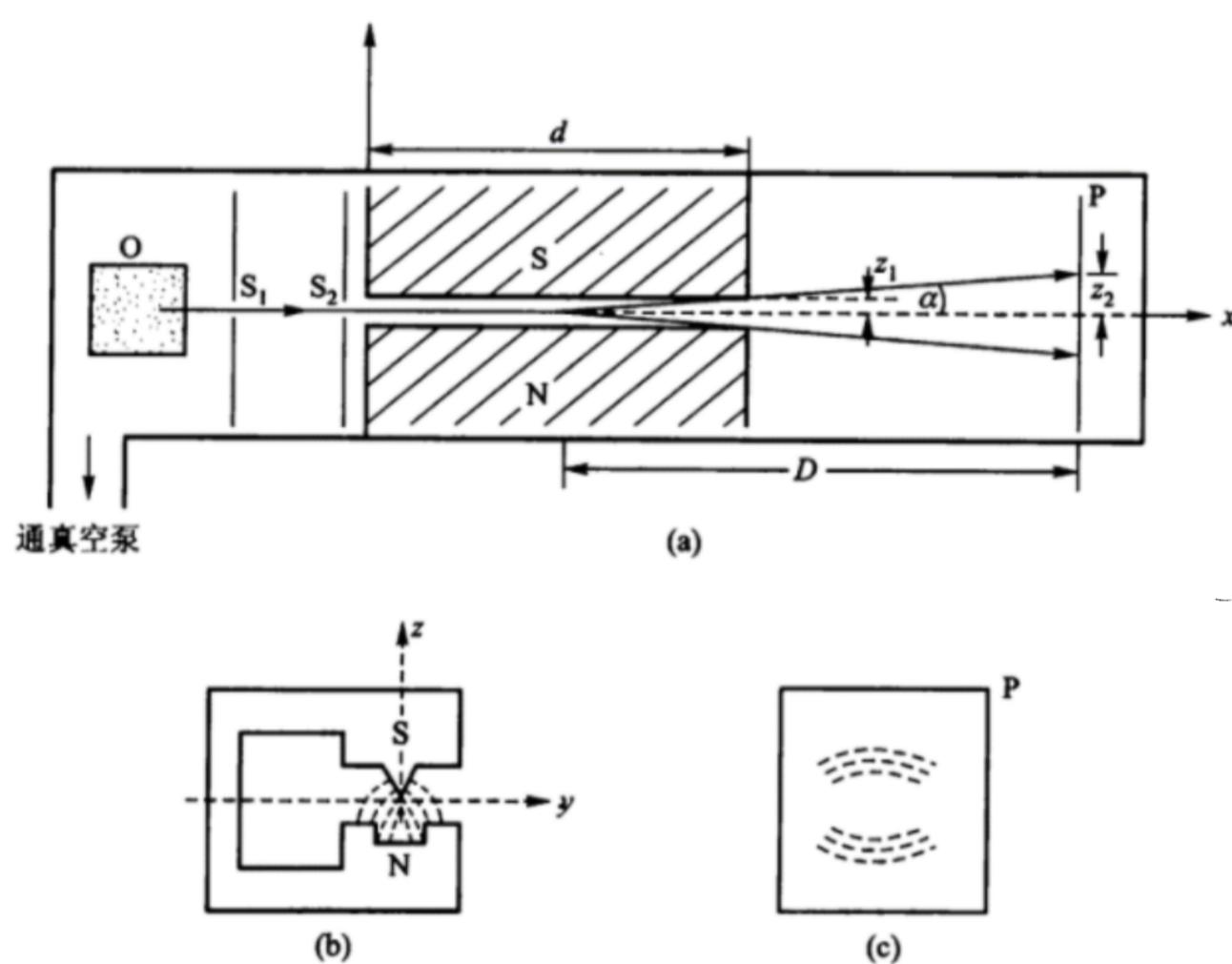


图 19.1 施特恩 - 盖拉赫实验的装置示意图

2-2) (4 points)

在施特恩 - 盖拉赫实验中, 原子态的氢从温度为 400 K 的炉中射出, 在屏上接受到两条氢束线, 间距为 0.60 cm. 若把氢原子换成氯原子(基态为 ${}^2P_{3/2}$), 其他实验条件不变, 那么, 在屏上可以接受到几条氯束线? 其相邻两束的间距为多少?

2-3) (3 points)

试估计作用在氢原子 2P 态电子上的磁场强度.

2-4) (3 points)

试用经典物理方法导出正常塞曼效应.

2-5) (6 points)

锌原子光谱中的一条谱线(${}^3S_1 \rightarrow {}^3P_0$)在 B 为 1.00 T 的磁场中发生塞曼分裂, 试问: 从垂直于磁场方向观察, 原谱线分裂为几条? 相邻两谱线的波数差等于多少? 是否属于正常塞曼效应? 并请画出相应的能级跃迁图.

2-6) (3 points)

试计算在 B 为 2.5 T 的磁场中, 钠原子的 D 双线所引起的塞曼分裂.

2-7) (4 points)

钾原子的价电子从第一激发态向基态跃迁时, 产生两条精细结构谱线, 其波长分别为 766.4 nm 和 769.9 nm, 现将该原子置于磁场 B 中(设为弱场), 使与此两精细结构谱线有关的能级进一步分裂.

(1) 试计算能级分裂大小, 并绘出分裂后的能级图.

(2) 如欲使分裂后的最高能级与最低能级间的差距 ΔE_2 等于原能级差 ΔE_1 的 1.5 倍,

所加磁场 B 应为多大?

2-8) (6 points)

假如原子所处的外磁场 B 大于该原子的内磁场,那么,原子的 $L \cdot S$ 耦合将解脱,总轨道角动量 L 和总自旋角动量 S 将分别独立地绕 B 旋转.

- (1) 写出此时原子总磁矩 μ 的表示式;
- (2) 写出原子在此磁场 B 中的取向能 ΔE 的表示式;
- (3) 如置于 B 磁场中的原子是钠,试计算其第一激发态和基态的能级分裂,绘出分裂后的能级图,并标出选择定则($\Delta m_s = 0, \Delta m_l = 0, \pm 1$)所允许的跃迁.

2-9) (3 points)

Find the probability of finding a $n=2, l=1$ electrons between Bohr radius and 2 times Bohr radius for a Hydrogen atom.

2-10) (4 points)

A collection of hydrogen atoms is placed in a magnetic field of 3.50T. Ignoring the effects of electron spin, find the wavelengths of the three normal Zeeman component (a) of the 3d to 2p transition (b) of the 3s to 2p transition.

2-11) (3 points)

试求 3F_2 态的总角动量和轨道角动量之间的夹角.

2-12) (4 points)

假设两个等效的 d 电子具有强的自旋 – 轨道作用,从而导致 $j-j$ 耦合,试求它们总角动量的可能值. 若它们发生 $L-S$ 耦合,则它们总角动量的可能值又如何? 在两种情况下,可能的状态数目及相同 J 值出现的次数是否相同?

2-13) (6 points)

依 $L-S$ 耦合法则,下列电子组态可形成哪些原子态? 其中哪个态的能量最低?

- (1) np^4 ; (2) np^5 ; (3) $(nd)(n'd)$.

2-14) (4 points)

写出下列原子的基态的电子组态，并确定它们的基态：₁₅P, ₁₆S, ₁₇Cl, ₁₈Ar.

2-15) (3 points)

原子在热平衡条件下处在各种不同能量激发态的原子的数目是按玻耳兹曼分布的，即能量为 E 的激发态原子数目 $N = N_0 \frac{g}{g_0} e^{-\frac{E-E_0}{kT}}$ 。其中 N_0 是能量为 E_0 的状态的原子数， g 和 g_0 是相应能量状态的统计权重。 k 是玻耳兹曼常数。从高温铯原子气体光谱中测出其共振光谱双线 $\lambda_1 = 8943.5$ 、 $\lambda_2 = 8521.1$ 的强度比 $I_1 : I_2 = 2:3$ 。试估算此气体的温度。已知相应能级的统计权重 $g_1 = 2$ ， $g_2 = 4$ 。