

## Lista 6. Física Quântica

- 1) Calcule o campo magnético produzido por um anel circular de corrente num ponto situado sobre o eixo de simetria do anel longe deste. Calcule em seguida o campo magnético produzido no mesmo ponto por um dipolo formado a partir de dois monopólos magnéticos separados e situados no centro do anel e ao longo do eixo de simetria deste. Mostre que os campos são os mesmos se a corrente do anel ( $I$ ) e sua área ( $A$ ) estiverem relacionadas ao momento magnético do dipolo ( $\mu$ ) segundo a seguinte equação:

$$\mu = IA.$$

- 2) Determine o gradiente de campo de um ímã de Stern-Gerlach (Figura 1) de 50 cm de comprimento que produzirá uma separação de 1 mm na extremidade do ímã, entre as duas componentes de um feixe de átomos de prata emitidos com uma energia cinética típica de um forno a 960°C. O momento de dipolo magnético da prata é devido a um único elétron  $\ell = 0$ .

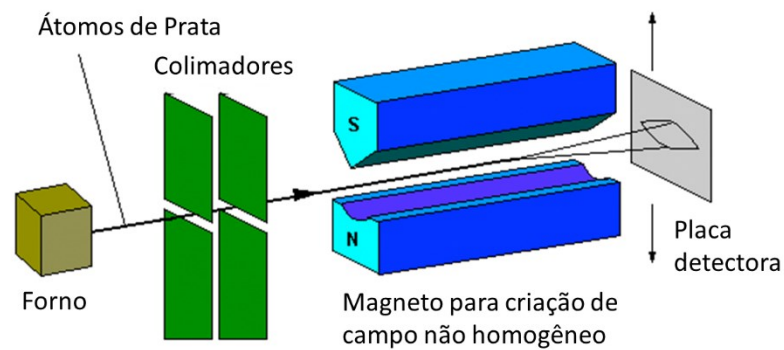


Figura 1. Diagrama esquemático de um dispositivo de Stern-Gerlach.

- 3) Se um átomo de hidrogênio for colocado num campo magnético muito forte comparado com seu campo interno, seus momentos de dipolo magnéticos de spin e orbital precessionarão independentemente em torno do campo externo e sua energia dependerá dos números quânticos  $m_\ell$  e  $m_s$  que especificam suas componentes ao longo da direção do campo externo. (a) Determine o desdobramento dos níveis de energia segundo os valores de  $m_\ell$  e  $m_s$ . (b) Desenhe a configuração dos níveis desdobrados provenientes do nível  $n = 2$ , explicitando os número quânticos de cada componente da configuração. (c) Calcule a intensidade do campo magnético externo que produziria uma diferença de energia entre os níveis mais separados provenientes do nível  $n = 2$  que seria igual à diferença entre os níveis  $n = 1$  e  $n = 2$  na ausência de campo.
- 4) (a) Explícite os valores possíveis de  $j$  e  $m_j$ , para os estados onde  $\ell = 1$ , e, obviamente,  $s = \frac{1}{2}$ . (b) Desenhe os modelos vetoriais correspondentes. (c) Faça um desenho ilustrando os vetores momento angular para um estado típico. (d) Mostre também os vetores momento de dipolo magnético orbital e de spin e sua soma, o vetor momento de dipolo magnético total. (e) O vetor momento de dipolo magnético total é antiparalelo ao vetor momento angular total?
- 5) (a) Desenhe o diagrama de níveis de energia do hidrogênio para todos os estados até  $n = 2$ , explicitando os desdobramentos segundo  $\ell$ . (b) Com flechas conectando os pares de níveis, indique todas as transições que são permitidas pelas regras de seleção.