3 시뮬레이션 실험

23.빙글빙글 스핀

전자의 스핀과 자기 모멘트의 관계는 $\boldsymbol{m} = -g\mu_B \boldsymbol{S}$이다. 여기서 μ_B는 보어 마그네톤, g는 전자의 환경에 따라 달라지는 무차원 인자이다. $\boldsymbol{S}$는 크기가 $\frac{1}{2}$인 벡터이다. 전자의 각운동량은 $\hbar\boldsymbol{S}$이다.

전자 스핀 $N = 100000$개가 길이 2인 막대를 따라 거의 균일하게 분포한다. 막대는 x 방향을 향하고, 왼쪽 끝의 좌표는 $\boldsymbol{\xi} = -1$, 오른쪽 끝의 좌표는 $\boldsymbol{\xi} = 1$이다. 막대의 자기장은 z 방향이며 $B_z = B_0 + B_1\xi$로 주어진다. B_0는 $0.01T$ 정도이며, $B_1 \ll B_0$이다. 균일한 바이어스 자기장 $\boldsymbol{B} = b\hat{z}$를 추가할 수 있지만, 예산상 그 크기는 $0.01T$로 제한된다.

스핀을 열저장고에 넣어 열평형에 이르게 한다. 초기에는 볼츠만 분포에 따라 스핀이 자기장과 평행하거나 반평행하게 정렬한다. 시각 $t = 0$에 강한 자기장 펄스를 가해 모든 스핀을 y축 둘레로 반시계 방향으로 90° 회전시킨다. 센서를 설정해 원하는 시각에 x축 및 y축 방향의 총자화를 측정할 수 있다. 측정값은 편의상 μ_B 단위로 주어지며 잡음이 섞인다! 초기 자기장 펄스로 인한 손상을 막는 보호 회로 때문에 $t = 100\text{ns}$ 이전에는 기록이 없다. $t = 10000\text{ns}$ 이후에도 측정 회로의 메모리가 가득 차 기록이 멈춘다.

g와 B_0는 오차 5% 이내로, B_1은 오차 15% 이내로 구하라. 자기장은 테슬라로 나타내라. $t = 0$ 이후에는 스핀이 주변 환경이나 다른 스핀과 상호작용하지 않는다고 가정해도 좋다.