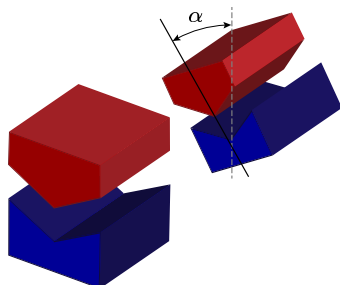


- ۱- الکترونی در میدان مغناطیسی  $\mathbf{B} = B_0 \cos \theta \hat{x} + B_0 \sin \theta \hat{y}$  قرار گرفته است:  
 (آ) نمایش ماتریسی هامیلتونی توصیف کننده دینامیک این ذره را در پایه‌ی ویژه‌بردارهای  $\hat{S}_z$  بنویسید.  
 (ب) ویژه‌مقدارها و ویژه‌بردارهای هامیلتونی را به دست آورید.  
 (ج) یک تبدیل یکانی مناسب پیدا کنید که هامیلتونی را قطری می‌کند.

۲- معادله‌ای برای تحول زمانی عملگرهای اسپین مساله‌ی قبل به دست آورید [تصویر هاینبرگ].

- ۳- تشدید مغناطیسی هسته (NMR): هسته‌ای با اسپین  $\frac{1}{2}$  در میدان مغناطیسی متغیر با زمان  $\mathbf{B} = B_0 \hat{z} + B_1 \cos(\omega t) \hat{x}$  قرار گرفته است. حالت اولیه‌ی هسته (در پایه بالا  $|\uparrow\rangle$  است.  
 (آ) هامیلتونی سیستم را به دست آورید.  
 (ب) تبدیل یکانی مناسبی پیدا کنید که بستگی زمانی هامیلتونی را از بین ببرد.  
 (ج) احتمال یافتن هسته در حالت  $|\downarrow\rangle$  را به صورت تابعی از زمان به دست آورید.  
 (د) اولین لحظه‌ای که هسته با قطعیت در حالت  $|\downarrow\rangle$  قرار می‌گیرد را حساب کنید.

- ۴- ذره‌ای با اسپین یک (یا اگر ترجیح می‌دهید  $s = 1$ ) را در نظر بگیرید:  
 (آ) با استفاده از جبر تکانه زاویه‌ای عملگرهای اسپین، نمایش ماتریسی  $\hat{S}_x^2, \hat{S}_x, \hat{S}_y, \hat{S}_z$  را به دست آورید.  
 اکنون این ذره را در میدان مغناطیسی  $\mathbf{B} = B_0 \hat{x}$  قرار می‌دهیم:  
 (ب) اگر در لحظه  $t = 0$  حالت ذره  $|s, m_s\rangle = |1, +1\rangle$  باشد عبارتی برای حالت ذره در هر لحظه از زمان به دست آورید.  
 (ج) مقدار چشمداشتی کدام مولفه از اسپین ذره با زمان تغییر نمی‌کند. چرا؟  
 در لحظه  $t = \pi / (\gamma B_0)$  ضریب ژیرومغناطیس ذره است) اسپین ذره را اندازه می‌گیریم:  
 (د) اگر ترتیب اندازه‌گیری  $\hat{S}_z^2, \hat{S}_x, \hat{S}_y, \hat{S}_z$  باشد چه نتایجی حاصل خواهند شد؟  
 (ر) اگر ترتیب اندازه‌گیری  $\hat{S}_x^2, \hat{S}_y, \hat{S}_z$  باشد چه؟



- ۵- باریکه‌ای از الکترون‌ها از یک دستگاه اشترن-گرلاخ عبور داده می‌شوند. در سوی دیگر دستگاه دو باریکه خواهیم داشت. یکی از آن‌ها را دور ریخته و دیگری را از دستگاه اشترن-گرلاخ دیگری که جهت میدان مغناطیسی آن با دستگاه قبلی زاویه  $\alpha$  می‌سازد عبور می‌دهیم. در خروجی دستگاه دوم نیز دو باریکه خواهیم داشت. چه کسری از ذرات در هر یک از باریکه‌ها ظاهر خواهند شد؟ جواب را بر حسب تابعی از  $\alpha$  بیان کنید.

توجه:

- در صورت تحویل گروهی تمرینها نام و درصد مشارکت هر یک از اعضای گروه را مشخص نمایید.
- آخرین ساعت تحویل: ۸:۰۰.