1. 手推非平衡格林函数法计算块体磁子流

待续

2. 矩阵直积的定义

设 $A=(a_{ij})_{m\times n}, B=(b_{ij})_{p\times q}$，称分块矩阵 $\begin{pmatrix} a_{11}B & a_{12}B & \cdots & a_{1n}B \\ a_{21}B & a_{22}B & \cdots & a_{2n}B \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m1}B & a_{m2}B & \cdots & a_{mn}B \end{pmatrix}$ 为 A 和 B 的直积，记为 $A\otimes B=(a_{ij}B)_{mp\times nq}$。

3. 量子系统空间不同自由度是用直积不是用直和的原因

在经典物理里，实际上是用直和来构建两个子系统组成的复合系统的态空间的。比如，要描述一个经典粒子的运动，我们可以用位置和动量 (x,p)，如果我们要描述两个粒子，那自然就需要两组位置和动量 (x_1,p_1,x_2,p_2)，后者所在的线性空间是前者的**直和**。

但是在量子的情形下，即使是无相互作用，也必须用直积而不是直和，原因是概率。举个例子，粒子 1 处在量子态 $|\psi_1\rangle$，粒子 2 处在 $|\psi_2\rangle$，假如我们用直和去构造粒子 1 和粒子 2 组成的复合系统（先不考虑相互作用，以及全同的情况），那复合系统的量子态就是 $|\psi_1\rangle\oplus|\psi_2\rangle$，同时，位置算符的本征态也用直和构造，$|x_1\rangle\oplus|x_2\rangle$，这样的话，在 (x_1,x_2) 探测到粒子的概率密度就是

$$|(\langle x_1|\oplus\langle x_2|)(|\psi_1\rangle\oplus|\psi_2\rangle)|^2=|\langle x_1|\psi_1\rangle+\langle x_2|\psi_2\rangle|^2=|\langle x_1|\psi_1\rangle|^2+|\langle x_2|\psi_2\rangle|^2 \\ +\text{cross term}$$

由于我们一开始假设的是这两个粒子之间没有相互作用，那么”在 x_1 探测到粒子 1”和在”在 x_2 探测到粒子 2”这两个事件应当是独立事件，两个独立事件一起发生的概率应该等于分别发生的概率相乘。从上面的这个式子可以发现由直和构建的这个“概率”并不符合这一点。同样的分析可以发现，如果用直积去构建，那就可以满足这条概率规则。

实际上，有人研究过了这个问题[1]，他们发现从波函数假设以及测量假设出发，可以导出两个**无相互作用**量子子系统组成的复合系统的希尔伯特空间一定是子系统的希尔伯特空间的直积（严格来说是张量积）

4.Heun 计算方法

2、Heun原理

令$a_2=1$，则$b_1=c_{11}=1$，$a_1=0$。所以，

$$y_{m+1}=y_m+\frac{1}{2}h(k_1+k_2)$$

其中，

$$\begin{cases} k_1=f(x_m,y_m) \\ k_2=f(x_m+h,y_m+k_1h) \end{cases}$$

5. 两能级体系的密度矩阵

一、两能级体系的密度矩阵

1）极化矢量与极化度

两态体系的存在极其广泛，例如：自旋1/2系统，光子等。以自旋1/2体系为例，此体系的密度矩阵是一个2阶矩阵，总可以用一个2阶单位矩阵和三个泡利矩阵展开：

$$\rho = p_0\sigma_0 + p_1\sigma_1 + p_2\sigma_2 + p_3\sigma_3 = p_0 + p\cdot\sigma$$

由于密度矩阵的迹为1，可以得知$p_0=1/2$。可整理得：

$$\rho=\frac{1}{2}(1+\xi\cdot\sigma)$$

再由密度矩阵的厄密性可知 ξ 的三分量为实。展开矩阵：

$$\rho=\frac{1}{2}\begin{pmatrix} 1+\xi_3 & \xi_1-i\xi_2 \\ \xi_1+i\xi_2 & 1-\xi_3 \end{pmatrix}$$

求1/2自旋算符在此态下的平均值，可得：

$$\bar{S}=\frac{\hbar}{2}\xi$$

可见 ξ 反映了自旋各分量平均值的量度，称为极化矢量。它的绝对值 $\xi=\sqrt{\xi_1^2+\xi_2^2+\xi_3^2}$ 称为极化度。

从 $\mathrm{tr}(\rho^2)=\frac{1+\xi^2}{2}\le 1$

可得： $\xi\le 1$

极化矢量的**Bloch**球，纯态与混态的判别。

极化密度矩阵的本征值：

$$\lambda_\pm=\frac{1}{2}(1\pm\xi)$$

2）极化态与非极化态举例

例1 完全极化态：单个态的密度矩阵，是纯态

例2 完全非极化态：完全无序的混态

例：$\xi_1=\xi_2=\xi_3=0$

例3 部分极化态：一般的混态

例：25%自旋$s_z=\frac{\hbar}{2}$的态与75%自旋$s_x=\frac{\hbar}{2}$的态的混态

6. 薛定谔表象下时间演化算符的形式

$U=Te^{-\frac{i}{\hbar}\int_0^t H(t_1)dt_1}$，式中 T 为编时算符

若 H 不显含时，则可写成 $U=e^{-\frac{i}{\hbar}Ht}$

7.SU(2) 群的定义

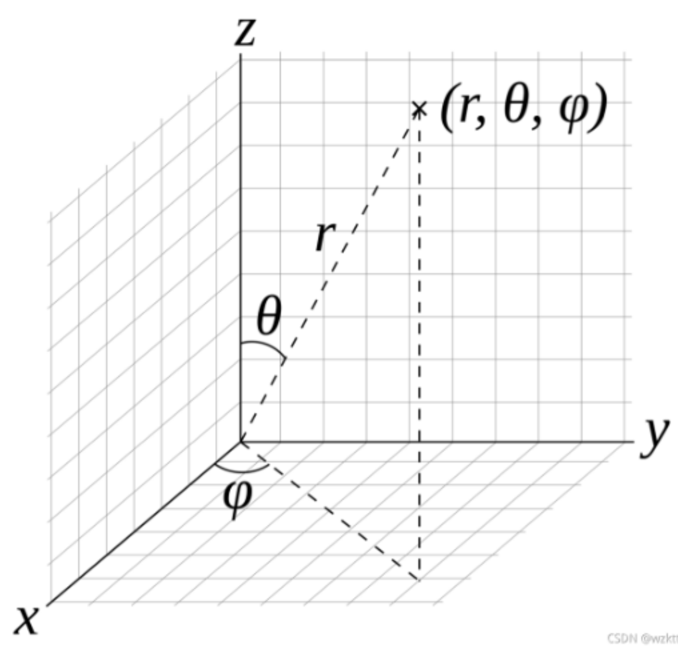
群的定义

- **群的定义**：设G是一些元素的集合，在G中定义元素间二元运算（“乘积”法则），满足如下四条群公理，则称为群.
  1. 封闭性： $RS \in G, \quad \forall R,S \in G$
  2. 结合律： $R(ST) = (RS)T, \quad \forall R,S,T \in G$
  3. 恒元： $E \in G, \quad ER = R, \quad \forall R \in G$
  4. 逆元： $\forall R \in G, \quad \exists R^{-1} \in G, \quad R^{-1}R = E$
- **说明**：
  1. 群元素可以是任何客体，例：数，空间反演，线性变换、算符，矩阵等；
  2. “乘积”法则（二元运算）可任意规定，例：数乘、数加，相继做两次变换，矩阵乘积等；

- **二维幺模 ($\det R = 1$) 幺正 ($RR^{+} = R^{+}R = 1$) 矩阵的集合，按照普通的矩阵乘积，满足群的四个条件，构成群，记为 SU(2) 群**

8. 方位角与极角

- Radius = ρ (or r)
- Polar angle or z-inclination angle = θ
- Azimuthal angle = φ



9. 自旋转移力矩 (STT) 和自旋轨道力矩 (SOT)

总结：自旋转移力矩一定要电子流经局域磁矩，将自身的极化转移到局域磁矩上；而自旋轨道力矩不要求电子流经局域磁矩，而是形成自旋密度梯度，从而导致自旋流的注入。

自旋转移矩

播报 编辑 讨论 上传视频

收藏

物理学术语

本词条由"科普中国"科学百科词条编写与应用工作项目 审核 。

当电流从参考层流向自由层时，首先获得与参考层磁化方向相同的自旋角动量，该自旋极化电流进入自由层时，与自
化相互作用，导致自旋极 化电流的横向分量被转移，由于角动量守恒，被转移的横向分量将以力矩的形式作用于自由层，
磁化方向与参考层接近. 该力矩被称为自旋转移矩。

自旋轨道矩

播报 编辑 讨论 上传视频

收藏

本词条由"科普中国"科学百科词条编写与应用工作项目 审核 。

利用自旋轨道矩（SpinOrbitTorque，SOT）实现快速而可靠的磁化翻转，有望突破传统自旋转移矩的性能瓶颈。这
术要求在磁隧道结的自由层下方增加一条重金属薄膜（铂、钽、钨等），流经重金属薄膜的电流能够引发力矩以驱动自
化翻转，该力矩的成因仍旧处于探讨阶段，可能是拉什巴效应、自旋霍尔效应或二者兼有，但根源均是重金属材料的强
耦合作用，因此，该力矩被称为自旋轨道矩。