20200511 在线研讨

Q: 老师好，我想问3个问题：

1. 从BEC开始，光晶格绝热打开到很深的晶格会相变到绝缘态，再通过绝热关闭光晶格做band mapping，可以看到原子在BZ内分布而不是一个峰，是这样吗？这里整个都是一个绝热过程，回到最初的哈密顿量，为什么末态和初态不一样？上面说的2个绝热分别是相对什么能量/时间尺度说的？

2. 如果只考虑基态，不同准动量的Bloch波函数构成单原子波函数空间的一组基。如果采用波恩卡曼边界条件，可取的准动量值和格点数一样，正好和Wannier函数个数一样，所以可以认为Bloch和Wannier是原子波函数空间的两组基吗？如果这个是对的，那对于复合晶格（一个原胞有m>=2个格点），要构建Wannier函数，是不是必须考虑n=1,2,3,…,m的Bloch函数？

3. 晶格是否seperable和拓扑结构之间的关系是用什么理论描述的？

A：1. 绝热装载到光晶格，是对的；做band mapping时，并非绝热。

如果是非绝热，那这个和直接关断，观察做TOF的区别是什么？我想可能是它相对某个能量尺度足够快，相对另一个尺度又足够慢，这么说正确么？如果选择这个时间尺度呢？

在M. Greiner的博士论文中有一段讲“Mapping crystal momentum to free particle momentum”：

the ramp down time is slow compared to vibrational frequencies in the lattice, but fast enough such that the population of the energy bands is not changed during the ramp, the crystal momentum is conserved and a state with crystal momentum q is finally mapped to a state with free particle momentum p = q as the lattice is turned off.

第二个问题，可以认为Wannier 函数和Bloch函数是两组基。对于复合晶格，Wannier函数应该有更加local的分类，如在第1、2、……、m个分格点上。所以是的，需要考虑相应的子格点结构对应的Bloch函数。

谢谢！您说的相应子格点结构对应的Bloch函数是指每套子晶格分别定义么？可是根据一个复合晶格哈密顿量是可以直接把Bloch函数解出来的呀，怎么把它们和子格点结构对应呢？

其实就是原来有N个Bloch函数，现在你复合晶格有Nm个格点的话，就考虑Nm个Bloch函数，然后用适当的方式进行线性组合。

那这个“适当的方法”是什么呢？简单晶格的就用类似于傅立叶变换的那个式子，复合晶格我有点不知道怎么做。

你看，Wannier函数的目的就是让所有的Bloch函数在某一个格点相干叠加，即这些复数小振幅具备相同的相位。所以你可以根据这一点确定线性叠加的系数。

哦哦，我明白这个意思了，我之前以为也有一个固定的公式来定义，谢谢您。

第三个问题，这些理论现在还在发展，可以查一些关键词：Topological system, Chern numbers, Berry curvatures, ...。当然，拓扑背后的数学是纤维从的微分几何。

嗯嗯，我最近正好在读一些拓扑的东西，但是还没有看到有讲和seperable有关的文献。我才刚补了一点点同伦同调那些数学知识。

读物理的论文会更快收集信息。

separable，就是你可以去掉一个方向的光晶格，而不影响另外两个方向的晶格势阱。当人们用三对激光，共六束光（每一对对打）来做光晶格时，是separable的。但是如果你用四束光做三维光晶格时，有时就会出现拿掉一束光，两个方向的晶格势阱同时消失，这就是non-separable。

Q：老师 晶格的振动频率是和原子相互作用的什么特征时间相关吗

A：晶格的振动频率是一个单体物理性质，和原子的相互作用无关，仅和每一个原子感受到的势阱形式有关。

哦哦。不过band mapping不需要考虑原子间相互作用的时间尺度吗? 是说相比势阱和能带演化，这一项明显太快或者太慢吗

Band mapping一般不需要。原因是人们在做band mapping时，希望得到的是单体物理性质，所以他们会有意地降低atom number，使得相互作用效果本来就小。