**固体物理2015 期末试题**

1. （16 分） 单层MoS2 有两种不同的结构，如图A和 B所示。这两种结构的z轴， 是一个几重旋转轴？（2分）。他们所属的对称群分别是什么？简要说明理由。 （可供选择有C3，D3d，D3h， D6h, Oh）。（4分）。

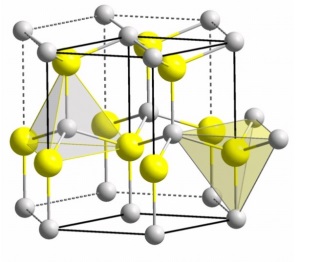


图 1. 单层MoS2 两种不同的结构。黄色是S原子，蓝色是Mo原子。

ZnS也有两种晶体结构（图2），哪种是闪锌矿结构？哪种是纤锌矿结构？（2分）

A 图结构，沿着z 轴转动π/2，晶体是否会和原来重合？（2分）沿着z 轴转动π，晶体是否会和原来重合？（2分）沿着z 轴转动π/2 加上反演操作，晶体是否会和原来重合？（2分）

B 图 结构沿着z轴转多少度与原来重合？ （2分）





A B

图2. ZnS的两种晶体结构

1. (12 分)从价电子数目角度加以说明，V族的元素砷和锑为何会形成类似于石墨烯的蜂窝状结构(砷烯和锑烯)（4分）。画出它的布拉伐格子，并指出特征（2分）。砷烯的能带如下图所示，能隙2.49 eV。它是否适合做发光材料？ 为什么？ （2 分）单层MoS2光学吸收测得的最低吸收光子能量为1.8 eV。 有人因此断言砷的能隙比MoS2更大？这种说法是否可靠，并给出理由。（4分）。





图 3. 砷烯和锑烯结构以及砷烯的能带。

1. （10分）有人说 具有周期结构的绝缘体不导电与无序系统的局域态，以及半导体中的带电杂质不导电其机制是一样的，判断这种说法是否正确？为什么?（4分）从能量激发角度讲，导体和非导体有什么区别？（4分）布拉伐格子是否一定存在空间反演对称？实际的晶格是否也一定存在空间反演对称？ （2分）
2. （10分）以一维周期势场近自由电子近似模型为例子（假设周期为a），说明为什么在布里渊区边界会出现能隙？（2分）布里渊区边界边电子的速度，电子准动量ћ***k***和动量算符的平均值各是多大？（6分）晶体的能带波函数ψnk（***r***）是否总可以写成平面波乘上周期函数的形式？（1分）能否总可以写成布洛赫和的形式？即ψnk（***r***）=， 为一空间局域函数（1分）
3. （12分）价带顶部***k***处缺失一个电子，电子在***k***处的有效质量为*m****e***。那么整个价带产生的电流***I***以及在外加电磁场（***E，B***）作用下电流的变化率d***I/d****t*是多少？给出证明（10分）。一个界面的空间能带如下图， 价带空穴自右向左运动，问对空穴来讲，遇到向上弯曲的能带， 是势垒还是势井？为什么？（2分）

图 4

6.（14分） 从加均匀磁场后的**H**量的变化（***P→P***+*q****A,*** 取矢势***A=***）说明金属或者半导体中的载流子在磁场下的朗道运动导致能量升高还是降低？(6分) 存在外磁场的情况下，**H**量的复共轭是否与自身相等（或者体系是否存在时间反演不变性）？（2分）画出考虑电子自旋磁矩（μB=，m0自由电子质量）取向情况的4个最低朗道能级（假设电子有效质量m\*= m0）。（2分）金属中的电子在什么情况下能够产生自发磁化？（2分）。材料铁磁性与导电性有无必然联系？（2分）。

7.（16分）决定电子在不同区域流动方向的物理量是哪个？（2分）画出PNP结的接触前和接触后的空间能带图（6分）。从能带角度分析，为何此时的结对载流子是不导通的（2分）。在P 区施加一个正门压还是负门压才能使得该结导通（2分）。画出导通状态的空间能带图（2分）。即使不施加门压，但如果N区的长度非常短（几个纳米）， 分析载流子能否可能导通？为什么？（2分）

8.（10分）固体中的电子在原子振动的情况下，会发生跃迁。 把固体中的晶体场看成原子势的求和。假设以***R***n为中心的原子势为 V（***r−Rn***）。原子偏离平衡位置（***R***n ）用矢量***μ***n描述。考虑到所有的原子的都偏离平衡位置，此时晶格势能变化是多大？（2分）波矢为***q***振幅为 ***A***声子引起布洛赫电子从***k*** 到***k′*** 态的跃迁矩阵元为



证明该跃迁矩阵元，必然导致准动量守恒（6分）。为什么坚硬的材料如纳米碳管之类电子一般具有较长的弛豫时间（散射速率小）？（2分）