**《大学物理II》作业 No.07 量子力学的基本原理及其应用（C卷）**

**班级 \_\_\_\_\_\_\_\_ 学号 \_\_\_\_\_\_\_\_ 姓名 \_\_\_\_\_\_\_\_\_ 成绩 \_\_\_\_\_\_\_**

**一、选择题(8小题）**

1、下列说法不正确的是 [ **B** ]

(A)德布罗意提出了物质波假说；

(B)爱因斯坦提出了概率波假说；

(C)海森堡提出了不确定关系；

(D)波尔提出了互补原理。

**解：** 《大学物理学》下册第二版（张晓 王莉 主编）160页，玻恩于1926年用概率波的概念来解释微观粒子的波动性与粒子性的关联，所以B的说法不对。 故选**B**



2．如图所示，一束动量为*p*的电子，通过缝宽为*a*的狭缝。在距离狭缝为*R*处放置一荧光屏，屏上衍射图样中央最大的宽度*d*等于 ［ **D** ］

(A) 2*a*2/*R* (B) 2*ha*/*p*

(C) 2*ha*/(*Rp*) (D) 2*Rh*/(*ap*)

**解**：根据单缝衍射中央明纹线宽度有

 故选**D**

3. 我们不能用经典力学中的轨道运动来描述微观粒子，是因为： [ **C** ]

（1）微观粒子的波粒二象性 （2）微观粒子的位置不能确定

（3）微观粒子的动量不能确定 （4）微观粒子的位置和动量不能同时确定

(A) （1）（3） （B）（2）（3） (C)（1）（4） (D)（2）（4）

**解：**《大学物理学》下册第二版（张晓 王莉 主编）161-162页。由于微观粒子的波粒二象性，使其运动具有一种不确定性。不确定关系式表明，微观粒子的位置和动量不能同时确定。 故选C

4. 已知粒子在一维矩形无限深势阱中运动，其波函数为：



那么粒子在处出现的概率密度为［ **A** ］

(A)  (B)  (C)  (D) 

**解**：任意位置概率密度 ，将代入，得

 故选**A**

5．锂(*Z*=3)原子中含有3个电子，电子的量子态可用(*n*，*l*，*ml*，*ms*)四个量子数来描述，若已知基态锂原子中一个电子的量子态为(1，0，0，)，则其余电子的量子态不可能为[ **C** ]

(A) (1，0，0，) (B) (2，0，0，)

(C) (2，1，1，) (D) (2，0，0，)

**解**：根据泡利不相容原理和能量最小原理知，处于基态的锂原子中其余两个电子的量子态分别为 （1，0，0，）和 （2，0，0，）或 （2，0，0，）， 故选**C**

6．一个光子和一个电子具有同样的波长，关于二者动量的大小比较，有: [ B ]

(A) 光子具有较大的动量 (B）他们具有相同的动量

(C）电子具有较大的动量 （D）它们的动量不能确定

**解：**根据德布罗意公式和爱因斯坦光量子理论，知B正确。 故选 **B**

7．p型半导体中杂质原子所形成的局部能级(也称受主能级)，在能级结构中应处于**［ C ］**

(A) 满带中 (B) 导带中

(C) 禁带中，但接近满带顶 (D) 禁带中，但接近导带底

**解**：《大学物理学》下册第二版（张晓 王莉 主编）200页，由p型半导体能带特征知：(C)正确。 故选 **C**

8．如果(1)锗用锑(五价元素)掺杂，(2)硅用铅(三价元素)掺杂，则分别获得的半导体属于下述类型：[ **B** ]

(A) (1)、(2)均为n型半导体 (B) (1)为n型半导体，(2)为p型半导体

(C) (1)为p型半导体，(2)为n型半导体 (D) (1)、(2)均为p型半导体

**解：**由固体能带理论知：

(1) 锗是四价元素，用锑(五价元素)掺杂，多出电子，属n型半导体；

(2) 硅是四价元素，用铝(三价元素)掺杂，多余空穴，属p型半导体。故选**B**

**二、判断题（8小题）**

**[ T ]** 1．宏观物体和微观粒子一样具有波动性。

**解**：《大学物理学》下册第二版（张晓 王莉 主编）155页表16.1.1，宏观物体也有波动性，不过是其物质波波长太小了，所以其波动性就难以显示出来，而微观粒子的物质波波长可以与这些例子本身的大小相比拟，因此在原子大小的范围内将突出表现其波动性。

**[ F ]** 2．不确定关系表明：关于微观世界的实验测量还不够精确，还需进一步完善。

**解：**《大学物理学》下册第二版（张晓 王莉 主编）167页。不确定关系反映了微观粒子的波粒二象性，是微观世界的固有规律。它并不是来自实验原理的不完美或实验测量的不精确。

**[ T ]** 3．互补原理是以波尔为代表的哥本哈根学派的基本观点。

**解：**具体描述见《大学物理学》下册第二版（张晓 王莉 主编）169页。

**[ T ]** 4．物质波的波函数不表示某实在物理量在空间的波动。

**解：**《大学物理学》下册第二版（张晓 王莉 主编）171页。物质波不代表任何实在的物理量的波动，只是波函数的强度与粒子在空间的概率分布相对应。

**[ F ]**5．一维无限深势阱中，粒子在阱中各处出现的概率相同。

**解：**《大学物理学》下册第二版（张晓 王莉 主编）181页。 一维无限深势阱中，粒子的波函数为驻波，因而在阱中各处出现的概率不同。

**[ F ]** 6．所有的微观粒子都遵循泡利不相容原理。

**解：**《大学物理学》下册第二版（张晓 王莉 主编）192页。费米子遵循泡利不相容原理，而玻色子则不受泡利不相容原理的限制。

**[ F ]** 7．电子的自旋是求解薛定谔方程的结果。

**解：**《大学物理学》下册第二版（张晓 王莉 主编）191页。电子自旋并非是求解薛定谔方程的结果。

**[ T ]** 8．当晶体存在杂质或缺陷时，禁带中可能出现杂质能级。

**解：**《大学物理学》下册第二版（张晓 王莉 主编）198页。如果晶体中存在杂质或缺陷，破坏了晶体的周期性结果，则禁带中可能出现杂质能级。

**三、填空题（8小题）**

1. 时间和能量的不确定关系式为 ，它可以解释 的实验结果。

**解：**《大学物理学》下册第二版（张晓 王莉 主编）165-166页. 或或（任意一个都正确），它可以解释**原子光谱存在自然宽度**的实验结果。

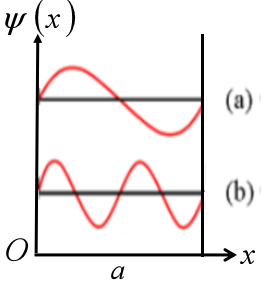
2. 在电子单缝衍射实验中，若缝宽为*a* = 0.1nm (1nm =10-9 m )， 电子束垂直射在单缝上，则衍射的电子横向动量的最小不确定量  。(普朗克常量*h* = 6.63×10-34J·s)

**解：**根据，得 (N⋅s)

若用公式，则可得 (N⋅s)

若用公式，则可得 (N⋅s)

**批改时注意答对其中一个就可以**

3. 在宽为的一维无限深势阱中运动的粒子，它的一个定态波函数如图(a)所示，若对应的总能量为4 eV，粒子的基态能量是 eV；若它处于另一个波函数如图(b)的态上，它的总能量是 eV。

**解：**一维无限深势阱的能级表达式为：

由（a）图知：*n*=2，即  ，即基态能量是：1eV

由（b）图知：*n*=4，即 

4．量子力学中，总能量低于势垒高度的粒子也能穿过势垒到达另侧的现象称为 ，势垒高度越低，宽度越窄时，粒子穿过势垒的概率 （选填越大、越小）。

**解：**《大学物理学》下册第二版（张晓 王莉 主编）184-185页，总能量低于势垒高度的粒子也能穿过势垒到达另侧的现象称为**“量子隧道效应”（填“隧道效应”也可以），**势垒高度越低，宽度越窄时，粒子穿过势垒的概率**越大**。

5. 求解氢原子中电子的薛定谔方程，为了使所得到的波函数满足归一化条件和标准条件，自然得出了三个“相互关联”的量子数。分别是，主量子数*n*，表征 的量子化；角量子数*l*，表征 的量子化；磁量子数*ml*，表征 量子化。

**解：**《大学物理学》下册第二版（张晓 王莉 主编188-189页，三个量子数的物理意义。主量子数*n*，代表氢原子系统的**能量**是量子化的；角量子数*l*表明，氢原子核外电子的**角动量**的大小是量子化的；磁量子数*ml*，表征**角动量的空间取向的**量子化。

6.．设描述微观粒子运动的波函数为，则必须满足的条件是 ；其归一化条件是 。

**解**：须满足的条件是 单值、有限、连续 ；

其归一化条件是。

7. *d*分壳层电子轨道角动量的值为 ，角动量在外场方向投影的可能值为 ；该分壳层最多容纳 个电子。

**解：***d*分壳层对应的角量子数*l*=2，根据，

角动量在外场方向投影为：，当角量子数*l*=2，有



由泡利不相容原理知最多能容纳的电子数为个

8． p型半导体的多数载流子是 ，n型半导体的多数载流子是 。

**解：**《大学物理学》下册第二版（张晓 王莉 主编200页. p型半导体的多数载流子是**空穴,** n型半导体的多数载流子是**电子**。

**四、计算题（4小题）**

1．（本小题15分）设一粒子沿*x* 方向运动，其波函数为，

，式中*b*>0, 求：

（1）归一化的波函数；（7分）

（参考）

（2）粒子的概率密度函数；（4分）

（3）找到粒子的概率最大的位置。（4分）

**解：** 

归一化波函数为：



（2）概率密度为函数为



（3）粒子的概率最大的位置就是概率密度为极大值的地方。



2．（本小题6分）一维运动的粒子，设其动量的不确定量等于它的动量，试求此粒子的位置不确定量与它的德布罗意波长的关系。（不确定关系式）

**解：**由不确定关系  得

位置不确定量 

由题意有 ，因而 2分

而德布罗意波长 2分

于是此粒子的位置不确定量与它的德布罗意波长的关系为：

 2分

3**.** (本小题9分) 根据量子力学理论，若氢原子中电子处于3*p*量子态，请给出描述其量子态的四个量子数(*n*, *l*, *ml* , *ms*)的可能取值。

**解：∵**氢原子中电子处于3*p*量子态，知：

*n*=3, *l*=1 4分

角量子数*l*=1，则磁量子数*ml*可取 ； 3分

自旋磁量子数*ms*可取  2分

4．（本小题4分）纯硅在*T* = 0 K时能吸收的辐射最长的波长是1.09 μm，求硅的禁带宽度。

(普朗克常量，)

**解**： ∵  2分

 2分