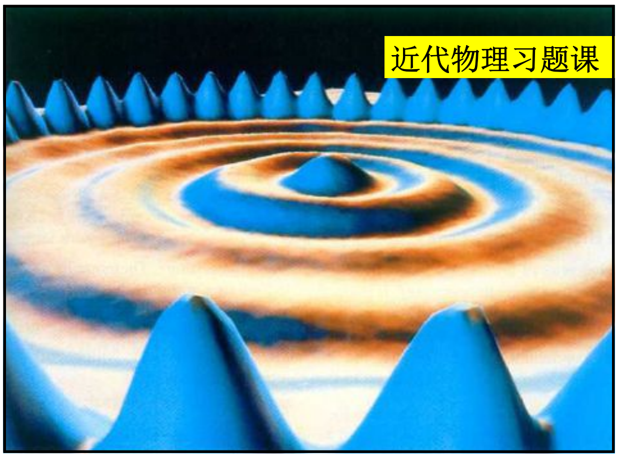


1. 金属的光电效应的红限频率依赖于

（A） 入射光的频率；

(B） 入射光的强度；

(C) 金属的逸出功；

(D) 入射光的频率和金属的逸出功。

解： $\because \nu_0 = \dfrac{A}{h}$ $\quad \therefore$ 选(c)

2. 在康普顿散射中，如果设反冲电子的速度为光速的 **60%** ，则因散射使电子获得的能量（动能）是其静止能量的

(A) 2倍 (B) 1.5倍 (C) 0.5倍 (D) 0.25倍

解：光子和电子碰撞后，电子获得的能量为

$$\Delta E = mc^2 - m_0c^2 = m_0c^2\left(\frac{1}{\sqrt{1-\left(0.6c/c\right)^2}} - 1\right) = 0.25m_0c^2$$

$$\therefore \frac{\Delta E}{m_0c^2} = 0.25$$

选(D)

3. 将波函数在空间各点的振幅同时增大**D**倍，则粒子在空间的分布几率将

（A） 增大 D^2 倍. （B） 增大 **2D** 倍.

（C） 增大 **D** 倍. （D） 不变.

解：由归一化条件得：

$$\int_V |\psi|^2 dV = 1 \qquad \int_V |D\psi|^2 dV = 1$$

$\therefore$ 选(D)

4. 已知粒子在一维无限深势阱中运动，其波函数为：

$$\Psi(x) = A\cos\frac{3\pi x}{2a} \qquad (-a \le x \le a)$$

则粒子在 **x=5a / 6** 处出现的几率密度为

（A） **1 /** （**2a**）. （B） **1 / a .**

（C） **1 /** $\sqrt{2a}$. （D） **1 /** $\sqrt{a}$ **.**

解：将波函数归一化：

$$\int_{-a}^{a} \Psi(x)\cdot\Psi^*(x)dx = 1$$

$$\int_{-a}^{a} A^2\cos^2\frac{3\pi x}{2a}dx = 1 \qquad A = \frac{1}{\sqrt{a}}$$

几率密度 $|\psi(x)|^2 = \dfrac{1}{a}\cos^2\dfrac{3\pi x}{2a}$

当 $x = \dfrac{5a}{6}$时， $|\psi(x)|^2 = \dfrac{1}{2a}$ $\therefore$ 选(A)

5. 直接证实了电子自旋存在的最早的实验之一是 选（D）

（A） 康普顿实验.（B） 戴维逊-革末实验.

（C）卢瑟福实验.（D） 施特恩-格拉赫实验.

6. 所谓“黑体”是指这样的一种物体，即：

（A） 不能反射任何可见光的物体.

（B） 不能发射任何电磁辐射的物体.

（C） 能够全部吸收外来的任何电磁辐射的物体.

（D） 颜色是纯黑的物体. 选（C）

7. 普朗克量子假说是为解释

（A） 光电效应实验规律而提出来的.

（B） x 射线散射的实验规律而提出来的.

（C） 黑体辐射的实验规律而提出来的.

（D） 原子光谱的规律性而提出来的.

选（C）

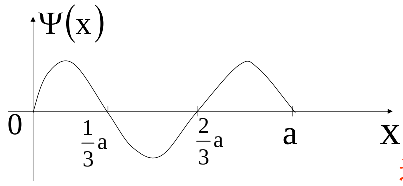
8. 粒子在一维无限深势阱中运动，下图为粒子处于某一能态上的波函数 $\Psi(x)$ 的曲线.粒子出现几率最大的位置为

（A） $a/2$

（B） $a/6$， $5a/6$.

（C） $a/6$， $a/2$， $5a/6$.

（D） 0， $a/3$， $2a/3$， a .



选（C）

9. 原子系统中外层电子处于 3d、4s、4f、6s 的各电子态的能量分别用 E(3d)、E(4s)、E(4f) 和 E(6s) 表示.以下判断中正确的是

（A） E（3d）< E（4s）， E（4f）〈 E（6s）

（B） E（4s）< E（3d）， E（4f）〈 E（6s）

（C） E（3d）< E（4s）， E（6s）〈 E（4f）

（D） E（4s）< E（3d）， E（6s）〈 E（4f）

解：由公式：$\Delta = n + 0.7\ell$

$$E(3d) = 3 + 0.7 \times 2 = 4.4$$

$$E(4s) = 4 + 0.7 \times 0 = 4$$

$$E(4f) = 4 + 0.7 \times 3 = 6.1$$

$$E(6s) = 6 + 0.7 \times 0 = 6$$

$\therefore E(4s) < E(3d)$， $E(6s) < E(4f)$

选(D)

例：K原子，核外有19个电子

$1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^1$

$3d^1$？ $4s^1$？

$\because$ 对3d态 $0.7l + n = 0.7 \times 2 + 3 = 4.4$

而4s态 $0.7l + n = 0.7 \times 0 + 4 = 4$

即： E(3d) 〉 E(4s)

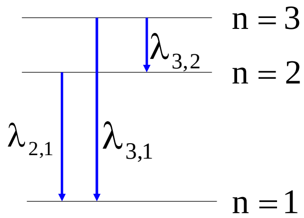
所以，先填 $4s^1$

10. 被激发到 **n=3** 的状态的氢原子气体发出的辐射中，有几条可见光谱线和几条非可见光谱线？

解： $\because h\nu_{n,m} = E_n - E_m$

$$\therefore \quad h\frac{c}{\lambda_{n,m}} = \frac{-13.6ev}{n^2} - \frac{-13.6ev}{m^2}$$

$$\therefore \lambda_{n,m} = \frac{hc}{-13.6ev\left[\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2}\right]}$$



得：

$\lambda_{2,1} = 1219\,\mathring{A}$

$\lambda_{3,1} = 1028\,\mathring{A}$

$\lambda_{3,2} = 6581\,\mathring{A}$

可见：有一条可见光谱线；

有两条非可见光谱线.

11. 根据玻尔的氢原子理论，基态氢原子中电子绕核运动的速度为 ______ .

解： $\because \dfrac{e^2}{4\pi\varepsilon_0 a_0^2} = m_0 \dfrac{u^2}{a_0}$

$$\therefore u = \sqrt{\frac{e^2}{4\pi\varepsilon_0 a_0 m_0}} = 2.2\times10^6\ m/s$$

12. 德布罗意波的波函数与经典波的波函数的本质区别是 ______ .

德布罗意波是几率波；

波函数不表示某实在物理量在空间的波动，其振幅无实在的物理意义。

13. 运动速率等于在 **300K** 时方均根速率的氢原子的德布罗意波长是——。质量为 **M=1 g,** 以速度 **v=1 cm / s** 运动的小球的德布罗意波长是——。（氢原子质量 $m = 1.67\times10^{-27}$ kg）

解 (1) $\sqrt{\overline{\upsilon^2}} = \sqrt{\dfrac{3KT}{m}} = \sqrt{\dfrac{3\times1.38\times10^{-23}\times300}{1.67\times10^{-27}}}$

$= 2.73\times10^3\ m/s$

$$\lambda = \frac{h}{m\sqrt{\overline{\upsilon^2}}} = \frac{6.63\times10^{-34}}{1.67\times10^{-27}\times2.73\times10^3} = 1.46\,\mathring{A}$$

$$\lambda = \frac{h}{Mv} = \frac{6.63\times10^{-34}}{1\times10^{-3}\times1\times10^{-2}} = 6.63\times10^{-29}\ \mathring{A}$$

14. 设描述微观粒子运动的波函数为 $\Psi(\vec r, t)$，则 $\Psi\Psi^*$ 表示 ______ ； $\Psi(\vec r, t)$ 须满足的条件是 ______ ；其归一化条件是 ______ 。

粒子 t 时刻在 $\vec r$(**x,y,z**) 处出现的几率密度。

有限、单值、连续.

$$\int_{全空间} |\Psi|^2 dxdydz = 1$$

15. 1921 年施特恩和格拉赫在实验中发现：一束处于 **s** 态的原子射线在非均匀磁场中分裂为两束。对于这种分裂用电子轨道运动的角动量空间取向量子化难于解释，只能用 ______ 来解释。

电子自旋角动量的空间取向量子化.

自旋角动量：$S_z = m_s\hbar = \pm\frac{1}{2}\hbar$

16. 原子内电子的量子态由 n,ℓ,m_ℓ,m_s 四个量子数表征。当 n,ℓ,m_ℓ 一定时，不同的量子态数目为 ______；

当 n,ℓ 一定时，不同的量子态数目为 ______；

当 **n** 一定时，不同的量子态数目为 ______ .

答案：**2**　$2(2\ell+1)$　$2n^2$

17. 多电子原子中，电子的排列遵循 ______ 原理和 ______ 原理。

泡利不相容原理

能量最低原理

18. 量子力学中的隧道效应是指 ______ 这种效应是微观粒子 ______的表现。

微观粒子的测量能量 **E** 小于势垒能量 U_0 时，粒子仍有一定的几率贯穿势垒。

波粒二象性

19. 根据量子力学原理，当氢原子中电子的角动量 $L=\sqrt{6}\cdot\hbar$ 时，**L** 在外磁场方向上的投影 L_z 可取的值为______ 。

解：由　$L=\sqrt{\ell(\ell+1)}\cdot\hbar=\sqrt{6}\cdot\hbar$

得　$\ell = 2$　则　$m_\ell = 0, \pm1, \pm2$

所以　$L_z = m_\ell\hbar\ =\ 0,\ \pm\hbar,\ \pm2\hbar$

20. 氢原子气体在什么温度下的平均平动动能将会等于使氢原子从基态跃迁到第一激发态所需要的能量？

（玻尔兹曼常数 $k=1.38\times10^{-23}\ \mathrm{J/K}$）

解　$\frac{3}{2}kT = E_2 - E_1$

$\frac{3}{2}\times1.38\times10^{-23}T = -3.4eV-(-13.6eV)$

$\therefore T = 7.88\times10^4\,(K)$

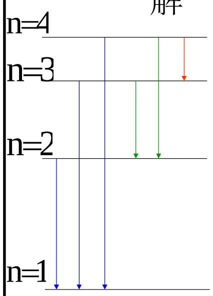
21. 实验发现基态氢原子可吸收能量为 **12.75 eV** 的光子。

（1） 试问氢原子吸收该光子后将被激发到哪个能级？

（2） 受激发的氢原子向低能级跃迁时，可能发出哪几条谱线？

请画出能级图（定性），并将这些跃迁画在能级图上。

解



$\because E_n - E_1 = 12.75eV$

$\therefore E_n = E_1 + 12.75eV$

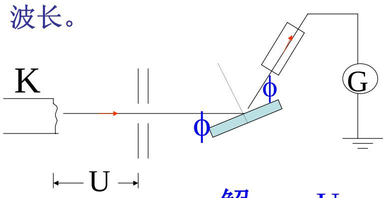
$= -13.6eV + 12.75eV$

$= -0.85eV$

又由：$E_n = \frac{-13.6eV}{n^2}$

$\Rightarrow n = 4$

22. 戴维逊-革末电子衍射实验装置如图所示。自热阴极 **K** 发射出的电子束经 **U=500 V** 的电势差加速后投射到某种晶体上，在掠射角 ϕ 测得电子流强度出现极大值。试计算电子射线的德布罗意波长。



解 $eU = \frac{1}{2} m_e u^2$

$$u = \sqrt{\frac{2eU}{m_e}} = \sqrt{\frac{2\times1.6\times10^{-19}\times500}{9.11\times10^{-31}}}$$

$$= 13.25\times10^{6}\ \mathrm{m/s}$$

$\because\ u << c$

$\therefore$ 可不考虑相对论效应。

$$\lambda = \frac{h}{m_e u}$$

$$= \frac{6.63\times10^{-34}}{9.11\times10^{-31}\times13.25\times10^{6}} = 0.549\ \mathring{A}$$

23. 同时测量动能为 **1KeV** 的作一维运动的电子的位置与动量时，若位置的不确定度在 **0.1 nm**（$1\mathrm{nm}=10^{-9}\mathrm{m}$）内，则动量的不确定值的百分比 $\Delta P/P$ 至少为何值？

解 电子静能

$$m_0c^2 = 9.11\times10^{-31}\times(3\times10^{8})^2$$

$$= 0.5\times10^{6}\,eV$$

电子动能 $E = 1KeV = 10^3 eV$

$E << m_0c^2$ $\therefore$ 可不考虑相对论效应。

取 $E = \frac{P^2}{2m_0} \Rightarrow P = \sqrt{2m_0E}$

$$\therefore P = \sqrt{2\times9.11\times10^{-31}\times10^{3}\times1.6\times10^{-19}}$$

$$= 17.07\times10^{-24}\ \mathrm{kg\cdot m/s}$$

$$\Delta P \geq \frac{\hbar}{2\Delta x} = \frac{1.05\times10^{-34}}{2\times0.1\times10^{-9}}$$

$$= 5.25\times10^{-25}\left(\mathrm{kg\cdot m/s}\right)$$

$$\therefore \frac{\Delta P}{P} = 3.1\%$$

24. 光电效应和康普顿效应都包含有电子与光子的相互作用过程，下面哪种说法是正确的？

（**a)**两种效应都属于电子与光子的弹性碰撞过程；

（**b)**光电效应是由于电子吸收光子能量而产生的。而康普顿效应是由于光子与电子的弹性碰撞而产生的；

（**c)**两种效应都服从动量守恒与能量守恒定律。

答：(b)和(c)正确。

25. 为什么康普顿效应中波长位移的数值与散射物质无关？

康普顿效应中入射光子的能量远大于电子的束缚能，在碰撞过程中，电子可看作是自由电子，所以散射是在自由电子上发生的，散射就与物质无关。

26. 红限频率 ν_0 的物理意义。

相当于电子所吸收的能量全部消耗于电子的逸出功时入射光的频率。

27. 在宽度为 a 的一维无限深势阱 (0,a)中的电子的波函数为

$$\Psi(x)=A\sin\frac{n\pi}{a}x,\quad n为正整数,$$

当$n=2$时，求电子出现最大概 率的位置。

解：由归一化条件

$$\int_0^a \left|\Psi_n(x)\right|^2 dx = 1$$

$$A^2\int_0^a \sin^2\frac{n\pi}{a}x dx = A^2\frac{a}{2} = 1$$

得：$A=\sqrt{\frac{2}{a}}$　　$\psi_n(x)=\sqrt{\frac{2}{a}}\sin\frac{n\pi}{a}x$

当$n=2$时，　$\psi_2(x)=\sqrt{\frac{2}{a}}\sin\frac{2\pi}{a}x$

$$W=\left|\Psi_2(x)\right|^2=\frac{2}{a}\sin^2\frac{2\pi}{a}x$$

求极值：

$$\frac{dW}{dx}=\frac{2}{a}\cdot 2\sin\frac{2\pi}{a}x\cdot\cos\frac{2\pi}{a}x\cdot\left(\frac{2\pi}{a}\right)=0$$

$\frac{4\pi}{a^2}\sin\frac{4\pi}{a}x=0,$　　$\frac{4\pi}{a}x=k\pi$

$k=0,1,2,\cdots$

$\therefore x=k\cdot\frac{a}{4}$,即　$x=\frac{a}{4},\frac{a}{2},\frac{3}{4}a$　处有极值。

又$\because \frac{d^2W}{dx^2}=\frac{16\pi^2}{a^3}\cos\frac{4\pi}{a}x$

当$x=\frac{a}{4}$时，$\frac{d^2W}{dx^2}<0$, 极大值

$x=\frac{a}{2}$时，$\frac{d^2W}{dx^2}>0$, 极小值

$x=\frac{3}{4}a$时，$\frac{d^2W}{dx^2}<0$, 极大值

$\therefore x=\frac{a}{4}$, 和$x=\frac{3}{4}a$处有最大概率。

28. 求出能够占据一个d分壳层的最大电子数，并写出这些电子的m_ℓ和m_s值。

解：d分壳层即量子数　$\ell=2, m_\ell$分别可取$0,\pm1,\pm2$，而每个　m_ℓ值，自旋磁量子数m_s又分别可取　$\pm\frac{1}{2}$，所以，可容纳的电子数为$2(2\ell+1)=2(2\times2+1)=10$

29. 质量为m,总能量为E的粒子，如果其势场：

$$V=\begin{cases} V_0 & (x\le -d),\ 区域1 \\ 0 & (-d<x<d), 区域2 \\ -V_0 & (x\ge d), 区域3 \end{cases}$$

试写出粒子在上述三个 区域的定态薛定谔方程。

解：区域 1：　$\frac{d^2\psi}{dx^2}+\frac{2m}{\hbar^2}(E-V_0)\psi=0$

区域2: $\frac{d^2\psi}{dx^2}+\frac{2m}{\hbar^2}E\psi=0$

区域3: $\frac{d^2\psi}{dx^2}+\frac{2m}{\hbar^2}(E+V_0)\psi=0$

30. 关于不确定关系 $\Delta x\cdot\Delta P_x\geq\hbar/2$ 有以下几种理解：

(1) 粒子的动量不可能确定。

(2) 粒子的坐标不可能确定。

(3) 粒子的动量和坐标不可能同时确定。

(4) 不确定关系不仅适用与电子和光子，也适用于其他粒子。其中正确的是：

(A) (1),(2). (B) (2),(4).

(C) (3),(4). (D) (4),(1). 选(C)

31. 根据玻尔的理论，氢原子在$n=5$轨道上的动量矩与在第一激发态的轨道动量矩之比为多少？

解：$\because L=n\cdot\hbar$

$$\therefore\frac{L_5}{L_2}=\frac{5\hbar}{2\hbar}=\frac{5}{2}$$

32. 解释玻尔原子理论中的下列概念：

定态-----原子系统所处的一系列分立的能量状态，处于这些状态时，电子作加速运动但不辐射能量，这些状态称为原子的定态。

基态——原子系统能量最低的状态。

激发态——能量高于基态能量时，原子系统所在的量子态。

量子化条件——决定原子系统可能存在的各种定态的条件。