www.ks5u.com

**第4节　概率波**

**第5节　不确定性关系**

1．经典的粒子和经典的波

(1)经典粒子：粒子有一定的\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_，有一定的\_\_\_\_\_\_，有的还具有电荷．

运动的基本特征是：在任意时刻有确定的\_\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_\_，在时空中有确定的\_\_\_\_\_\_．

(2)经典波：经典波在空间中是弥散开来的，基本特征是具有\_\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_\_，即具有时

空的周期性．

(3)在经典物理学中，波和粒子是两种不同的研究对象，具有\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_的表现．

2. 概率波

(1)光波是一种\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_，光子的行为服从\_\_\_\_\_\_\_\_规律．

(2)大量光子产生的效果显示出\_\_\_\_\_\_\_\_，个别光子产生的效果显示出\_\_\_\_\_\_\_\_．

(3)概率波的实质是指粒子在空间的分布规律是受\_\_\_\_\_\_\_\_规律支配的．

(4)对于电子和其他微粒，由于同样具有波粒二象性，所以它们的物质波也是\_\_\_\_\_\_\_\_．

3．不确定性关系

(1)在经典力学中，一个质点的位置和动量是可以同时测定的，在量子力学中，要同时测

出微观粒子的位置和动量是不太可能的，我们把这种关系叫\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_关系．

(2)用*Δ*x表示粒子位置的不确定量，用*Δ*p表示粒子在x方向上的动量的不确定量，那么

可表示为*Δ*x*Δ*p≥\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_，这就是著名的不确定性关系．

(3)由不确定性关系可知，微观粒子的位置和动量不能同时被确定，也就决定了不能用

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_观点来描述粒子的运动．

4．物理模型与物理现象

在经典物理学中，对于不同的宏观对象，我们分别建立了\_\_\_\_\_\_模型和\_\_\_\_\_\_模型；在

微观世界里，也需要建立物理模型，像粒子的\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_模型．

【概念规律练】

知识点一　概率波

1．在光的单缝衍射实验中，在光屏上放上照相底片，并设法控制光的强度，尽可能使光

子一个一个地通过狭缝，假设光子出现在中央亮纹的概率为90%，下列说法正确的是

(　　)

*A*．第一个光子一定出现在中央亮纹上

*B*．第一个光子可能不出现在中央亮纹上

*C*．如果前9个光子均出现在中央亮纹上，则第10个光子还有可能出现在中央亮纹上

*D*．如果前9个光子均出现在中央亮纹上，则第10个光子一定不能出现在中央亮纹上

2．为了验证光的波粒二象性，在双缝干涉实验中将光屏换成照相底片，并设法减弱光的

强度，下列说法正确的是(　　)

*A*．使光子一个一个地通过双缝干涉实验装置的狭缝，如果时间足够长，底片上将出现

双缝干涉图样

*B*．使光子一个一个地通过双缝干涉实验装置的狭缝，如果时间足够长，底片上将出现

不太清晰的双缝干涉图样

*C*．大量光子的运动规律显示出光的粒子性

*D*．个别光子的运动显示出光的粒子性

知识点二　不确定性关系

3．由不确定性关系可以得出的结论是(　　)

*A*．如果动量的不确定范围越小，则与它对应坐标的不确定范围就越大

*B*．如果位置坐标的不确定范围越小，则动量的不确定范围就越大

*C*．动量和位置坐标的不确定范围之间的关系不是反比例函数

*D*．动量和位置坐标的不确定范围之间有唯一确定的关系

4．光通过单缝所发生的现象，用位置和动量的不确定性关系的观点加以解释，正确的是

(　　)

*A*．单缝宽的时候光是沿直线传播，这是因为单缝宽，位置不确定量*Δ*x大，动量不确定

量*Δ*p小，可以忽略

*B*．当能发生衍射现象时，动量不确定量*Δ*p就不能忽略

*C*．单缝越窄，中央亮纹越宽，是因为位置不确定量小，动量不确定量大的缘故

*D*．以上解释都是不对的

【方法技巧练】

不确定性关系的应用方法

5．一颗质量为10 *g*的子弹，具有200 *m*/*s*的速率，若其动量的不确定范围为动量的

0.01%(这在宏观范围是十分精确的了)，则该子弹位置的不确定范围为多大？

6．电子的质量m*e*＝9.0×10－31 *kg*，测定其速度的不确定量为2×10－6*m*/*s*，求其位置的不

确定量(＝5.3×10－35*J*·*s*)．

1．在双缝干涉实验中出现的明暗条纹说明了(　　)

*A*．光具有波动性 *B*．光具有粒子性

*C*．光波是一种概率波 *D*．以上全都错误

2．下列说法正确的是(　　)

*A*．概率波就是机械波

*B*．物质波是一种概率波

*C*．概率波和机械波的本质是一样的，都能发生干涉和衍射现象

*D*．在光的双缝干涉实验中，若有一个光子，则能确定这个光子落在哪个点上

3．在单缝衍射实验中，中央亮纹的光强占整个从单缝射入的光强的95%以上，假设现

在只有一个光子通过单缝，那么该光子(　　)

*A*．一定落在中央亮纹处

*B*．一定落在亮纹处

*C*．可能落在暗纹处

*D*．落在中央亮纹处的可能性最大

4．从光的波粒二象性出发，下列说法正确的是(　　)

*A*．光是高速运动的微观粒子，每个光子都具有波粒二象性

*B*．光的频率越高，光子的能量越大

*C*．在光的干涉中，暗条纹处是光子不会到达的地方

*D*．在光的干涉中，亮条纹处是光子到达概率最大的地方

5．有关经典物理中的粒子，下列说法正确的是(　　)

*A*．有一定的大小，但没有一定的质量

*B*．有一定的质量，但没有一定的大小

*C*．既有一定的大小，又有一定的质量

*D*．有的粒子还有一定量的电荷

6．关于光的性质，下列叙述中正确的是(　　)

*A*．在其他条件相同的情况下，光的频率越高，衍射现象越容易看到

*B*．频率越高光的粒子性越显著，频率越低光的波动性越显著

*C*．大量光子产生的效果往往显示出波动性，个别光子产生的效果往往显示出粒子性

*D*．如果让光子一个一个地通过狭缝时，它们将严格按照相同的轨道和方向做极有规则

的匀速直线运动

7．物理学家做了一个有趣的实验：在双缝干涉实验中，在光屏处放上照相底片，若减弱

光波的强度，使光子只能一个一个地通过狭缝，实验结果表明，如果曝光时间不太长，

底片上只出现一些不规则的点子；如果曝光时间足够长，底片上就出现了规则的干涉条

纹，对这个实验结果下列认识正确的是(　　)

*A*．曝光时间不长时，光子的能量太小，底片上的条纹看不清楚，故出现不规则的点子

*B*．单个光子的运动没有确定的轨道

*C*．干涉条纹中明亮的部分是光子到达机会较多的地方

*D*．只有大量光子的行为才能表现出波动性

8．关于不确定性关系 *Δ*x*Δ*p≥有以下几种理解，正确的是(　　)

*A*．微观粒子的动量不可确定

*B*．微观粒子的位置不可确定

*C*．微观粒子的动量和位置不可同时确定

*D*．不确定性关系不仅适用于电子和光子等微观粒子，也适于宏观物体

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 题　号 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 答　案 |  |  |  |  |  |  |  |  |

9.设子弹的质量为0.01 *kg*，枪口直径为0.5 *cm*，试求子弹射出枪口时横向速度的不确定

量．

10．已知＝5.3×10－35 *J*·*s*，试求下列情况中速度测定的不确定量，并根据计算结果，

讨论在宏观和微观世界中进行测量的不同情况．

(1) 一个球的质量m＝1.0 *kg*，测定其位置的不确定量为10－6 *m*.

(2)电子的质量m*e*＝9.1×10－31 *kg*，测定其位置的不确定量为10－10 *m*．(即为原子的数量

级)

**第4节　概率波**

**第5节　不确定性关系**

课前预习练

1．(1)空间大小　质量　位置　速度　轨道　(2)频率　波长　(3)非常不同

2．(1)概率波　统计　(2)波动性　粒子性　(3)波动

(4)概率波

3．(1)不确定性　(2)　(3)轨道

4．粒子　波动　波粒二象性

课堂探究练

1．*BC*　[对每个光子而言，出现在中央亮纹的概率均为90%，所以第一个光子有可能出现在中央亮纹上，也有可能不出现在中央亮纹上．如果前9个光子均出现在中央亮纹上，第10个光子出现在中央亮纹的概率为90%，所以第10个光子可能会出现在中央亮纹上，因此*B*、*C*正确，*A*、*D*错．正确选项是*B*、*C*.]

点评　(1)个别光子的落点是不确定的，只能说明它落点的概率大小，只有大量光子的行为才服从统计规律．亮纹、暗纹是大量光子服从统计规律的结果．

(2)在电子衍射、光的干涉、衍射图样中、亮纹(环)位置是电子或光子到达的概率大的地方，暗纹(环)位置是电子或光子到达的概率小的地方，但概率的大小受波动规律支配．

2．*AD*　[单个光子运动具有不确定性，但落点的概率分布遵循一定规律，显示出光的波动性，*A*正确，*B*、*C*错误；由光的波粒二象性知*D*正确．]

3．*ABC*　4.*ABC*

5．*Δ*x≥2.6×10－31 *m*

解析　子弹的动量为

p＝mv＝0.01×200 *kg*·*m*/*s*＝2.0 *kg*·*m*/*s*

动量的不确定范围*Δ*p＝0.01%×p＝0.01%×2.0 *kg*·*m*/*s*＝2.0×10－4 *kg*·*m*/*s*

由不确定性关系式*Δ*x*Δ*p≥，得子弹位置的不确定范围*Δ*x≥＝ *m*＝2.6×10－31 *m*.

方法总结　我们知道，原子核的数量级为10－15 *m*，所以，子弹位置的不确定范围是微不足道的．可见子弹的动量和位置都能精确地确定，不确定性关系对宏观物体来说没有实际意义．

6．29.4 *m*

解析　由不确定性关系*Δ*x*Δ*p≥①

由动量定义得*Δ*p＝m*eΔ*v②

由①②得*Δ*x≥＝ *m*＝29.4 *m*.

方法总结　由结果可知，速度测定得越精确，位置的测定越不精确．

课后巩固练

1．*AC*　[双缝干涉实验中出现的明条纹和暗条纹，又说明了光子落点具有一定的概率，即符合概率波的规律，说明光具有波动性．]

2．*B*　[概率波与机械波是两个概念，本质不同；物质波是一种概率波，符合概率波的特点；光的双缝干涉实验中，若有一个光子，这个光子的落点是不确定的，但有概率较大的落点位置．]

3．*CD*　[根据光的概率波的概念，对于一个光子通过单缝落在何处是不可确定的，但是落在中央亮纹处的概率最大，可达到95%以上．当然也可能落在其他亮纹处，还可能落在暗纹处，不过，落在暗纹处的概率很小，故选项*C*、*D*正确．]

4．*BD*　[光不是实物粒子，光具有波粒二象性，个别光子表现出粒子性，*A*错．光的频率越高，光子的能量越大，*B*正确．在干涉条纹中亮纹是光子到达概率大的地方，暗纹是光子到达概率小的地方，*C*错，*D*正确．]

5．*CD*

6．*BC*　[光具有波粒二象性，频率越高，粒子性越显著；少量光子表现出粒子性，频率越低，光子越多，波动性越显著，所以*A*错误，*B*、*C*正确；光子属于概率波，运动时没有固定的轨道和落点，*D*错误．]

7．*BCD*　[曝光时间不长时，个别光子表现出粒子性，使底片上出现了不规则的点子，而曝光时间足够长时，大量光子的行为表现出波动性，底片上出现了规则的干涉条纹，综上所述*B*、*C*、*D*项正确．]

8．*CD*　[不确定性关系*Δ*x*Δ*p≥表示确定位置、动量的精度互相制约，此长彼消，当粒子位置不确定性变小时，粒子动量的不确定性变大；粒子位置不确定性变大时，粒子动量的不确定性变小．故不能同时准确确定粒子的动量和坐标．不确定性关系也适用于其他宏观粒子，不过这些不确定量微乎其微．]

9．1.06×10－30 *m*/*s*

解析　枪口直径可以当作子弹射出枪口位置的不确定量*Δ*x，由于*Δ*px＝m*Δ*vx，由不确定性关系式得子弹射出枪口时横向速度的不确定量

*Δ*vx≥＝ *m*/*s*

＝1.06×10－30 *m*/*s*.

10．(1)5.3×10－29 *m*/*s*　(2)5.82×105 *m*/*s*

解析　(1)m＝1.0 *kg*，*Δ*x＝10－6 *m*，由*Δ*x*Δ*p≥，*Δ*p＝m*Δ*v1知*Δ*v1≥＝ *m*/*s*＝5.3×10－29 *m*/*s*.

(2)由m*e*＝9.1×10－31 *kg*，*Δ*x′＝10－10 *m*可得

*Δ*v2≥＝ *m*/*s*

＝5.82×105 *m*/*s*.

由以上两种情况可看出，宏观物体速度的不确定范围是微不足道的，不确定性关系对宏观物体来说没有实际意义．