**波粒二象性**

## 一、光的电磁理论

#### 1．光是一种电磁波

⑴ 光具有波的特性，在同一介质中光速、波长和频率之间满足：。（请注意分清和这两个易混的字母）

⑵ 在可见光中，各色光频率的大小关系是：。

##### 典例精讲

**【例1.1】**（南关区校级月考）光的　干涉　现象和光的　衍射　现象证明光是一种波，光的　偏振　现象证明光是横波。

【分析】光的干涉、衍射说明光具有波动性，光的偏振现象说明光是一种横波，电子的衍射说明实物粒子具有波动性。

【解答】解：光的衍射和光的干涉现象说明光具有波动性。光的偏振现象说明光是横波。

故答案为：干涉，衍射，偏振。

#### 2．介质对光速的影响

⑴ 光在真空中的速度：。

⑵ 光在不同的介质中的速度

由可知，介质的折射率越大，光速越小。

⑶ 不同色光在同一介质中的速度

由三棱镜光的色散实验可知，同一介质对紫光的折射率最大，红光的最小。

再由得到，在同一介质中有：。

## 二、光的粒子

#### 1．光电效应

如图所示，把一块锌板连接在验电器上，手触锌板使验电器指示归零。用紫外线照射锌板，发现验电器的指针张开。



物理学家赫兹（德国）、勒纳德（德国）、汤姆孙（英国）等相继进行了实验研究，证实了这样一个现象：照射到金属表面的光，能使金属表面的电子从表面逸出。这个现象称为光电效应，这种电子常被称为光电子。

⑴ 光电效应实验规律

① 任何一种金属，都有一个截止频率，也称极限频率。入射光的频率低于截止频率时不发生光电效应。

② 逸出光电子的动能只与入射光的频率有关，而与入射光的强弱无关。入射光的频率越大，逸出光电子的动能就越大。

③ 对于一定颜色的光（），入射光越强，单位时间内发射的光电子数越多。

④ 无论入射光（）怎样微弱，光电效应几乎是瞬时发生的。

⑵ 光电效应与经典电磁理论的冲突

① 按照光的电磁理论，光是电磁波，是变化的电场与变化的磁场的传播。入射光照射到金属上时，金属中的自由电子受变化电场的驱动力作用而做受迫振动，增大入射光的强度，光波的振幅增大，当电子做受迫振动的振幅足够大时，总可以挣脱金属束缚而逸出，成为光电子，不应存在极限频率。

② 按照光的电磁理论，光越强，光子的初动能应该越大。

③ 按照光的电磁理论，光电子的产生需要较长的时间而不是瞬间。

⑶ 光子说

① 在空间传播的光不是连续的，而是一份一份的，每一份叫做一个光子，光子的能量与光的频率成正比，即，其中普朗克常量。

② 光子说对光电效应的解释：

(a) 光子的能量只与光的频率有关，电子吸收到光子的频率越大，获得的能量也就越多。当能量足以使电子摆脱金属的束缚时，它就从金属表面逸出，成为光电子，因而存在一个截止频率。

(b) 根据能量守恒定律，逸出光电子的最大初动能：。

这就是著名的爱因斯坦光电效应方程，为金属的逸出功。

(c) 入射光越强，单位体积内的光子数就越多。光子数越多，单位时间内从金属表面逸出的光电子数也就越多。

(d) 电子一次性吸收光子的全部能量，不需要积累能量的时间，因此光电效应几乎是瞬时发生的。

##### 典例精讲

**【例1.1】**（沙雅县校级期中）科学家　爱因斯坦　提出光子说，很好地解释了光电效应实验；光电效应说明光具有　粒子　性。

【分析】因斯坦为解释光电效应现象：提出了光的光子说，光电效应现象说明光具有粒子性，从而即可求解。

【解答】解：爱因斯坦为解释光电效应现象提出了光子说，

光电效应说明了光具有粒子性。

 故答案为：爱因斯坦，粒子。

**【例1.2】**（芮城县期末）用图所示的光电管研究光电效应的实验中，用某种频率的单色光a照射光电管阴极K，电流计G的指针发生偏转。而用另一频率的单色光b照射光电管阴极K时，电流计G的指针不发生偏转，那么（　　）



A．a光的频率一定小于b光的频率

B．增加b光的强度可能使电流计G的指针发生偏转

C．用a光照射光电管阴极K时通过电流计G的电流是由d到c

D．只增加a光的强度可使通过电流计G的电流增大

【分析】发生光电效应的条件是入射光的频率大于金属的极限频率，光的强度影响单位时间内发出光电子的数目，即影响光电流的大小。

【解答】解：A、用某种频率的单色光a照射光电管阴极K，电流计G的指针发生偏转，知a光频率大于金属的极限频率。用另一频率的单色光b照射光电管阴极K时，电流计G的指针不发生偏转，知b光的频率小于金属的极限频率，所以a光的频率一定大于b光的频率。故A错误。

B、增加b光的强度，仍然不能发生光电效应，电流计指针不偏转。故B错误。

C、电流的方向与负电荷定向移动的方向相反，用a光照射光电管阴极K时通过电流计G的电流是由c到d。故C错误。

D、增加a光的强度，则单位时间内发出的光电子数目增多，通过电流计的电流增大。故D正确。

故选：D。

**【例1.3】**（让胡路区校级四模）甲、乙两种金属发生光电效应时，光电子的最大初动能与入射光频率间的关系图象分别如图中的Ⅰ、Ⅱ所示．下列判断正确的是（　　）



A．Ⅰ与Ⅱ不一定平行

B．甲金属的极限频率大

C．图象纵轴截距由入射光强度决定

D．Ⅰ、Ⅱ的斜率是定值，与入射光和金属材料均无关系

【分析】根据光电效应方程EKm＝hγ﹣W0＝hγ﹣hγ0得出最大初动能与入射光频率的关系，通过图线的斜率和截距去求解．

【解答】解：A、根据光电效应方程EKm＝hγ﹣W0＝hγ﹣hγ0知，图线的斜率表示普朗克常量，根据图线斜率可得出普朗克常量，因此甲与乙一定平行，且两斜率是固定值，与入射光和金属材料皆无关系，故A错误，D正确。

B、横轴截距表示最大初动能为零时的入射光频率，此时的频率等于金属的极限频率，由图可知乙金属的极限频率，故B错误；

C、纵截距对应v＝0的时候，此时纵截距就是逸出功的相反数，根据W0＝hγ0可求出，与入射光强度无关，故C错误。

故选：D。

#### 2．康普顿效应

⑴ 光的散射

光在介质中与物质微粒相互作用，因而传播方向发生改变，这种现象叫做光的散射。

⑵ 康普顿效应

1918~1922年，美国物理学家康普顿在研究石墨对X射线的散射时，发现在散射的X射线中，除了与入射波长相同的成分外，还有波长大于的成分，这个现象叫做康普顿效应。

康普顿的学生，中国留学生吴有训测试了多种物质对X射线的散射，证实了康普顿效应的普遍性。

⑶ 康普顿效应与经典电磁理论的冲突

按照经典电磁理论，由于光是电磁振动的传播，入射光引起物质内部带电微粒的受迫振动，振动着的带电微粒从入射光吸收能量，并向四周辐射，这就是散射光。散射光的频率应该等于带电粒子受迫振动的频率，也就是入射光的频率，因而散射光的波长与入射光的波长应该相同，不会出现的散射光。经典理论与实验事实又一次出现矛盾。

⑷ 光子模型对康普顿效应的解释

康普顿用光子的模型成功地解释了这种效应。基本思想是：X射线的光子不仅具有能量，也像其他粒子那样具有动量，X射线的光子与晶体中的电子碰撞时要遵守能量守恒和动量守恒定律，求解这些方程，可以得出散射光波长的变化值。理论结果与实验符合得很好。

⑸ 光子的动量：

##### 典例精讲

**【例2.1】**（南昌三模）康普顿效应证实了光子不仅具有能量，也有动量。图中给出了光子与静止电子碰撞后，电子的运动方向，则碰后光子可能沿那个方向运动，波长如何变化（　　）



A．3、变长 B．1、变短 C．1、变长 D．2、不变

【分析】光子与电子碰撞过程系统动量守恒，系统动量的矢量和不变，动量是矢量，合成遵循平行四边形定则；根据E$=\frac{ℎc}{λ}$判断波长的变化情况。

【解答】解：光子与电子碰撞过程系统动量守恒，系统动量的矢量和不变，碰前动量向右，故碰撞后系统的动量的矢量和也向右，故碰后光子可能沿方向1运动；

由于电子动能增加，故光子能量减小，根据E＝hν，光子的频率减小，根据c＝λυ，波长变长；故C正确、ABD错误。

故选：C。

**【例2.2】**（海安市校级月考）下列说法中正确的是（　　）

A．黑体辐射时，随着温度的升高，一方面各种波长的辐射强度都有增加，另一方面辐射强度的极大值向频率较小的方向移动

B．在康普顿效应中，当入射光子与晶体中的电子碰撞时，把一部分能量转移给电子，因此光子散射后波长变短

C．卢瑟福通过对α粒子散射实验的研究，揭示了原子核的组成

D．各种原子的发射光谱都是线状谱，不同原子的发光频率不一样，因此每种原子都有自己的特征谱线，人们可以通过光谱分析来鉴别物质和确定物质的组成

【分析】随着温度的升高，一方面各种波长的辐射强度都有增加，另一方面辐射强度的极大值向波长较短的方向移动；在康普顿效应中，当入射光子与晶体中的电子碰撞时，把一部分动量转移给电子，根据德布罗意波长公式判断波长的变化。

【解答】解：A、随着温度的升高，一方面各种波长的辐射强度都有增加，另一方面辐射强度的极大值向波长较短频率较大的方向移动，故A错误；

B、在康普顿效应中，当入射光子与晶体中的电子碰撞时，把一部分动量转移给电子，根据λ$=\frac{ℎ}{P}$可知，光子散射后波长变长，故B错误；

C、卢瑟福通过对α粒子散射实验的研究，揭示了原子的核式结构，故C错误；

D、各种原子的发射光谱都是线状谱，不同原子的发光频率不一样，因此每种原子都有自己的特征谱线，人们可以通过光谱分析来鉴别物质和确定物质的组成，故D正确；

故选：D。

## 三、波粒二象

#### 1．光的波粒二象性

光的干涉、衍射、偏振现象和光的电磁理论，证明光具有波动性；光电效应现象和光子说证明光具有粒子性。无法用其中的一种性质解释所有光现象，所以认定光既有粒子性，又有波动性，即具有波粒二象性。

当研究个别光子的行为时，呈现的是粒子性；当研究大量光子的连续行为时，呈现的是波动性。光的波长越长，其波动性越显著，光的波长越短，其粒子性越显著。

##### 典例精讲

**【例1.1】**（覃塘区校级月考）2018年我国正在建设最先进的散裂中子源，日前，位于广东东莞的国家大科学工程﹣﹣中国散裂中子源（CSNS）首次打靶成功，获得中子束流，这标志着CSNS主体工程顺利完工，进入试运行阶段。对于有关中子的研究，下面说法正确的是（　　）

A．中子和其他微观粒子，都具有波粒二象性

B．一个氘核和一个氚核经过核反应后生成氦核和中子是裂变反应

C．卢瑟福通过分析α粒子散射实验结果，发现了质子和中子

D．核反应方程$\_{84}^{210}$Po→$\_{82}^{y}$X$+\_{2}^{4}$He中的y＝206，X中核子个数为124

【分析】依据质量数与质子数守恒；裂变是较重的原子核分裂成较轻的原子核的反应；卢瑟福通过分析α粒子散射实验结果，提出了原子的核式结构模型；所有粒子都具有波粒二象性，即可求解。

【解答】解：A、所有粒子都具有波粒二象性，故A正确；

B、裂变是较重的原子核分裂成较轻原子核的反应，而该反应是较轻的原子核的聚变反应，故B错误；

C、卢瑟福通过分析α粒子散射实验结果，提出了原子的核式结构模型，查德威克通过α粒子轰击铍核（$\_{4}^{9}B\_{e}$）获得碳核（$\_{6}^{12}$C）的实验发现了中子，选项C错误；

D、根据质量数守恒可得：y＝210﹣4＝206，X中核子个数为206，中子数为206﹣82＝124，故D错误。

故选：A。

**【例1.2】**（河南月考）在验证光的波粒二象性的实验中，下列说法正确的是（　　）

A．光子通过狭缝的运动路线像水波一样起伏

B．使光子一个一个地通过单缝，如果时间足够长，底片上将会显示衍射图样

C．单个光子通过单缝后，底片上也会出现完整的衍射图样

D．单个光子通过单缝后的运动情况具有随机性，大量光子通过单缝后的运动情况也呈现随机性

【分析】光的波粒二象性是指光既具有波动性又有粒子性，少量粒子的行为体现粒子性，大量粒子的行为体现波动性。

【解答】解：A、光子通过狭缝的运动路线是随机的，与水波不一样，故A错误。

B、使光子一个一个地通过单缝，如果时间足够长，底片上中央到达的机会最多，其它地方机会较少。因此会出现衍射图样，故B正确。

CD、单个光子通过单缝后打在底片的情况呈现出随机性，大量光子通过单缝后打在底片上的情况呈现出规律性。所以少量光子体现粒子性，大量光子体现波动性，故CD错误。

故选：B。

**【例1.3】**（徐州期末）从古代光的微粒说，到托马斯•杨和菲涅尔的光的波动说，从麦克斯韦的光的电磁理论，到爱因斯坦的光子理论，人类对光的认识构成了一部科学史诗。如果现在要问光的本性是什么？我们的回答是（　　）

A．大量光子表现出光具有粒子性

B．光是一种粒子，它和物质的作用是一份一份的

C．光的波动性是大量光子之间的相互作用引起的

D．光具有波粒二象性，大量光子表现出光的波动性

【分析】光是一种粒子，它和物质的作用是“一份一份”进行的，用很弱的光做双缝干涉实验时的照片上的白点就是光子落在胶片上的痕迹，

清楚的显示了光的粒子性，光的波粒二象性是光的内在属性，即使是单个光子也有波动性，跟光子的数量和光子之间是否有相互作用无关，

大量光子表明光具有波动性。

【解答】解：AD、光具有波粒二象性，大量光子表现出光的波动性，故A错误，D正确；

B．光是一种粒子，它和物质的作用是“一份一份”进行的，用很弱的光做双缝干涉实验时的照片上的白点就是光子落在胶片上的痕迹，清楚的显示了光的粒子性，但数码相机拍出的照片不是白点，所以不是因为此原因，故C错误；

C．光的波粒二象性是光的内在属性，即使是单个光子也有波动性，跟光子的数量和光子之间是否有相互作用无关，所以C错误；

故选：D。

**【例1.4】**（成都月考）关于近代物理学，下列说法正确的是（　　）

A．玻尔原子模型能很好地解释氢原子光谱的实验规律

B．电子的衍射现象说明电子具有波动性

C．德布罗意指出微观粒子的动量越大，其对应的波长就越大

D．目前我国核电站的能量来源于轻核聚变

【分析】玻尔原子理论解释氢原子光谱。

电子的衍射实验证实了物质波存在。

知道汤姆逊、德布罗意的贡献，同时明确核电站的基本原理。

【解答】解：A、玻尔原子理论解释氢原子光谱，故A正确；

B、电子的衍射实验证实了物质波的存在，说明电子具有波动性，故B正确；

C、依据德布罗意波长公式λ$=\frac{ℎ}{p}$，可知，微观粒子的动量越大，其对应的波长就越短，故C错误；

D、现已建成的核电站的能量均来自于核裂变，故D错误。

故选：AB。

#### 2．粒子的波动性

德布罗意考虑到普朗克量子理论和爱因斯坦光子理论的成功，大胆把光的波粒二象性推广到实物粒子，如电子、质子等。他提出假设：实物粒子也具有波动性。

这种与实物粒子相联系的波后来称为德布罗意波，也叫做物质波。

1927年戴维孙和汤姆孙分别利用晶体做了电子束衍射的实验，证实了电子的波动性。

说明：这部分内容深入讲解的话涉及量子力学的知识，高考也极少考察，因此老师根据课堂实际情况简单说明即可。

**随堂练习**

**一．选择题（共10小题）**

1．（永安市模拟）下列说法正确的是（　　）

A．汤姆孙发现电子，提出原子的核式结构模型

B．金属的逸出功随入射光的频率增大而增大

C．核力存在于原子核内所有核子之间

D．核子平均结合能越大的原子核越稳定

2．（江苏一模）如图所示为研究光电效应现象的实验，电路中所有元件完好，当光照射到光电管上时，灵敏电流计中没有电流通过，可能的原因是（　　）



A．入射光强度较弱 B．入射光波长太长

C．电源电压太高 D．光照射时间太短

3．（烟台期末）如图所示，在同一实验环境下a、b两光束分别经过同一双缝干涉装置后在距双缝相同距离的光屏上得到的干涉图样，则 （　　）



A．若a光束为绿色光，则b光束可能为红色光

B．在相同条件下，a光束比b光束更容易产生明显的衍射现象

C．照射在同一金属板上发生光电效应时，a光束的饱和电流大

D．两光束都以相同的入射角从水中射向空气时，若b光束在两界面上恰好发生了全反射，则a光束一定发生了全反射

4．（湛江月考）光照射到金属钠表面上产生了光电效应，逸出电子的遏止电压是5.0V，钠的逸出功为2.2eV，此入射光的光子能量为（　　）

A．2.2eV B．2.8eV C．5.0eV D．7.2eV

5．（兴庆区校级一模）关于光电效应，下列说法正确的是（　　）

A．极限频率越大的金属材料逸出功越大

B．只要光照射的时间足够长，任何金属都能产生光电效应

C．从金属表面出来的光电子的最大初动能越大，这种金属的逸出功越小

D．入射光的光强一定时，频率越高，单位时间内逸出的光电子数就越多

6．（合肥校级模拟）爱因斯坦提出了光量子概念并成功地解释光电效应的规律而获得1921年的诺贝尔物理学奖．某种金属逸出光电子的最大初动能Ekm与入射光频率ν的关系如图所示，其中ν0为极限频率．从图中可以确定的是（　　）



A．Ekm与入射光强度成正比

B．图中直线的斜率与普朗克常量有关

C．光电子的逸出功与入射光频率ν无关

D．当ν＜ν0时，无论入射光强度多大都不会逸出光电子

E．当ν＜ν0时，只要入射光强度足够强也会逸出光电子

7．（长治县校级期末）实物粒子和光都具有波粒二象性。下列事实中突出体现实物粒子波动性的是（　　）

A．可见光通过双缝实验装置后可以形成干涉图样

B．β射线在云室中穿过会留下清晰的径迹

C．人们利用电子显微镜观测物质的微观结构

D．光电效应实验中，光电子的最大初动能与入射光的频率有关，与入射光的强度无关

8．（河北期末）近年来，数码相机几乎家喻户晓，用来衡量数码相机性能的一个非常重要的指标就是像素，像素可理解为光子打在光屏上的一个亮点，现知300万像素的数码相机拍出的照片比30万像素的数码相机拍出的等大的照片清晰得多，其原因可以理解为（　　）

A．大量光子表现光具有粒子性

B．光的波动性是大量光子之间的相互作用引起的

C．光是一种粒子，它和物质的作用是一份一份的

D．光具有波粒二象性，大量光子表现出光的波动性

9．（忻府区校级期中）关于光的波粒二象性，以下说法中正确的是（　　）

A．光的波动性与机械波，光的粒子性与质点都是等同的

B．光子和质子、电子等是一样的粒子

C．大量光子易显出粒子性，少量光子易显出波动性

D．紫外线、X射线和γ射线中，γ射线的粒子性最强，紫外线的波动性最显著

10．（2009秋•太原月考）光子在介质中和物质微粒相互作用，可使光的传播方向转向任何方向，这种现象叫做光的散射。1922年，美国物理学家家康普顿研究了石墨中的电子对X射线的散射规律，若用λ、λ′表示散射前、后X射线的波长，用λe表示作用后电子的德布罗意波长，则（　　）



A．λ′＞λ，碰撞过程动量守恒，能量不守恒

B．λ′＜λ，碰撞过程能量守恒，动量不守恒

C．λ′＞λ，碰撞过程动量守恒，能量也守恒

D．碰后电子动量为$\frac{ℎ}{λ\_{1}}$，碰撞过程满足$\frac{ℎc}{λ}=\frac{ℎc}{λ'}+\frac{ℎc}{λ\_{e}}$

**二．多选题（共3小题）**

11．（工农区校级月考）下列说法正确的是（　　）

A．用光照射某种金属，有光电子从金属表面逸出，如果光的频率不变，而减弱光的强度，则逸出的光电子数减少，光电子的最大初动能不变

B．X射线的衍射实验，证实了物质波假设是正确的

C．发生光电效应时，光电子的最大初动能与入射光的频率成正比

D．在康普顿效应中，当入射光子与晶体中的电子碰撞时，把一部分动量转移给电子，因此光子散射后波长变长

E．速度相等的电子和质子，电子的波长大

12．（凉州区校级期末）关于光子和运动着的电子，下列叙述正确的是（　　）

A．光子和电子一样都是实物粒子

B．光子和电子都能发生衍射现象

C．光子和电子都具有波粒二象性

D．光子具有波粒二象性，而电子只具有粒子性

13．（江西校级三模）下列说法正确的是（　　）

A．在康普顿效应中，当入射光子与晶体中的电子碰撞时，把一部分动量转移给电子，因此，光子散射后波长变长

B．将放射性元素掺杂到其他稳定元素中，并降低其温度，它的半衰期会改变

C．玻尔的原子结构理论是在卢瑟福核式结构学说上引入了量子理论

D．氢原子的核外电子从距核较近的轨道跃迁到距核较远轨道的过程中，原子吸收能量，电子的动能减小，原子的电势能增大

E．在黑体辐射中随着温度的升高，一方面各种波长的辐射强度都会增加；另一方面辐射强度的极大值向波长较长的方向移动

**三．计算题（共2小题）**

14．（香坊区校级期中）用频率为ν的光照射某光电管，发射的光电子的最大初动能为E，若改用频率为2ν的光照射该光电管，则发射的光电子的最大初动能是多少？

15．（长沙校级模拟）光具有波粒二象性，光子的能量hν，其中频率表征波的特性．在爱因斯坦提出光子说之后，法国物理学家德布罗意提出了光子动量p与光波波长的关系为p$=\frac{ℎ}{λ}$．若某激光管以P＝60W的功率发射波长λ＝6.63×10﹣7m的光束，试根据上述理论计算：

（1）该管在1s内发射出多少个光子？

（2）若光束全部被某黑体表面吸收，那么该黑体表面所受到的光束对它的作用力F为多大？

**四．解答题（共2小题）**

16．（东宝区校级学业考试）如图所示是使用光电管的原理图，当频率为v的可见光照射到阴极K上时，电流表中有电流通过．

（1）当变阻器的滑动端P向　 　滑动时（填“左”或“右”），通过电流表的电流将会增大．

（2）当电流表电流刚减小到零时，电压表的读数为U，则光电子的最大初动能为　 　 （已知电子电荷量为e）．

（3）如果不改变入射光的频率，而增加入射光的强度，则光电子的最大初动能将　 　 （填“增加”、“减小”或“不变”）．



17．（甘肃一模）关于光的波粒二象性，下列理解正确的是

A．当光子静止时有粒子性，光子传播时有波动性

B．光时一种宏观粒子，但它按波的方式传播

C．光子在空间各点出现的可能性大小（概率）可以用波动规律来描述

D．大量光子出现的时候表现出波动性，个别光子出现的时候表现出粒子性

E．大量光子出现的时候表现出波动性，个别光子出现的时候表现出粒子性．

**随堂练习**

**参考答案与试题解析**

**一．选择题（共10小题）**

1．（永安市模拟）下列说法正确的是（　　）

A．汤姆孙发现电子，提出原子的核式结构模型

B．金属的逸出功随入射光的频率增大而增大

C．核力存在于原子核内所有核子之间

D．核子平均结合能越大的原子核越稳定

【分析】原子核式结构模型是由卢瑟福在α粒子散射实验基础上提出的；卢瑟福通过α粒子轰击氮核发现了质子；核力是一种强相互作用力，具有饱和性，仅与临近的核子发生力的作用；核电站是利用重核裂变反应所释放的核能转化为电能．

【解答】解：A、原子核式结构模型是由卢瑟福在α粒子散射实验基础上提出的；故A错误。

B、金属的逸出功由金属本身解答，不随入射光的频率增大而增大。故B错误。

C、核力是强相互作用的一种表现，只有相近核子之间才存在核力作用。故C错误。

D、核子平均结合能越大的原子核越稳定。故D正确。

故选：D。

2．（江苏一模）如图所示为研究光电效应现象的实验，电路中所有元件完好，当光照射到光电管上时，灵敏电流计中没有电流通过，可能的原因是（　　）



A．入射光强度较弱 B．入射光波长太长

C．电源电压太高 D．光照射时间太短

【分析】当入射光波长小于金属的极限波长时，金属能产生光电效应．当光电管上加上正向电压时，灵敏电流计中可能没有电流通过．

【解答】解：由图可知，此时电源提供的电压为正向电压，只要能发生光电效应，电路中就有电流；灵敏电流计中没有电流通过说明了不能产生光电效应；

A、光电管能否产生光电效应与入射光的强度没有关系。故A错误。

B、若入射光波长太长，大于金属的极限波长时，金属不能产生光电效应，灵敏电流计中没有电流通过。故B正确。

C、光电管加上正向电压，若发生光电效应，则光电子做加速运动，一定能到达阳极，电路中能形成电流；可知没有电流与电压的大小无关。故C错误。

D、光电管能否产生光电效应与光照时间没有关系。故D错误。

故选：B。

3．（烟台期末）如图所示，在同一实验环境下a、b两光束分别经过同一双缝干涉装置后在距双缝相同距离的光屏上得到的干涉图样，则 （　　）



A．若a光束为绿色光，则b光束可能为红色光

B．在相同条件下，a光束比b光束更容易产生明显的衍射现象

C．照射在同一金属板上发生光电效应时，a光束的饱和电流大

D．两光束都以相同的入射角从水中射向空气时，若b光束在两界面上恰好发生了全反射，则a光束一定发生了全反射

【分析】根据双缝干涉相邻条纹间距公式△x$=\frac{L}{d}$λ可分析出波长关系，判断光的颜色，并分析衍射现象．根据折射率关系，分析光的频率关系，再分析光电效应现象．由sinC$=\frac{1}{n}$分析临界角的大小，分析全反射现象．

【解答】解：A、a光的双缝干涉条纹间距比b光的大，根据双缝干涉相邻条纹间距公式△x$=\frac{L}{d}$λ可知，a光的波长较长，则

若a光束为绿色光，则b光束不可能为红色光，故A错误。

B、a光的波长较长，波动性较强，则在相同条件下，a光束比b光束更容易产生明显的衍射现象，故B正确。

C、发生光电效应时饱和电流与入射光的强度有关，无法判断饱和电流的大小，故C错误

D、a光的波长较长，折射率较小，由sinC$=\frac{1}{n}$分析可知，a光的临界角较大。若b光束在两界面上恰好发生了全反射，则a光束不一定发生全反射，故D错误。

故选：B。

4．（湛江月考）光照射到金属钠表面上产生了光电效应，逸出电子的遏止电压是5.0V，钠的逸出功为2.2eV，此入射光的光子能量为（　　）

A．2.2eV B．2.8eV C．5.0eV D．7.2eV

【分析】根据光电效应方程：W＝hγ﹣Ekm，结合金属的逸出功，求解入射光子的能量。

【解答】解：根据光电效应方程：W＝hγ﹣Ekm，

钠的逸出功为2.2eV，

而逸出电子的遏止电压是5.0V，则有Ekm，＝5.0eV；

要使产生了光电效应，入射光子的能量应为hγ＝W+Ekm＝2.2+5＝7.2eV，故ABC错误，D正确；

故选：D。

5．（兴庆区校级一模）关于光电效应，下列说法正确的是（　　）

A．极限频率越大的金属材料逸出功越大

B．只要光照射的时间足够长，任何金属都能产生光电效应

C．从金属表面出来的光电子的最大初动能越大，这种金属的逸出功越小

D．入射光的光强一定时，频率越高，单位时间内逸出的光电子数就越多

【分析】光电效应的条件是入射光的频率大于金属的极限频率，与入射光的强度无关，根据光电效应方程判断影响光电子最大初动能的因素．

【解答】解：A、逸出功W＝hv0，知极限频率越大，逸出功越大，故A正确。

B、光电效应的条件是入射光的频率大于金属的极限频率，与入射光的强度无关。故B错误。

C、根据光电效应方程Ekm＝hγ﹣W0知，最大初动能与入射光的频率成一次函数关系，不会影响金属的逸出功。故C错误。

D、入射光的光强一定时，频率越高，光子的能量值越大，入射光中的光子的数目越少，单位时间内逸出的光电子数就越少，故D错误。

故选：A。

6．（合肥校级模拟）爱因斯坦提出了光量子概念并成功地解释光电效应的规律而获得1921年的诺贝尔物理学奖．某种金属逸出光电子的最大初动能Ekm与入射光频率ν的关系如图所示，其中ν0为极限频率．从图中可以确定的是（　　）



A．Ekm与入射光强度成正比

B．图中直线的斜率与普朗克常量有关

C．光电子的逸出功与入射光频率ν无关

D．当ν＜ν0时，无论入射光强度多大都不会逸出光电子

E．当ν＜ν0时，只要入射光强度足够强也会逸出光电子

【分析】根据光电效应方程分析影响最大初动能的因素，根据最大初动能与入射光频率的关系式得出图线的斜率含义；逸出功与入射光的频率无关，当入射光的频率大于极限频率，才能发生光电效应．

【解答】解：A、根据光电效应方程Ekm＝hv﹣W0知，最大初动能与入射光的强度无关，故A错误。

B、根据光电效应方程Ekm＝hv﹣W0知，图线的斜率表示普朗克常量，故B正确。

C、金属的逸出功由金属本身决定，与入射光的频率无关，故C错误。

D、当入射光的频率大于极限频率，无论光的强度多大，都能发生光电效应，当入射光的频率小于极限频率，无论光强多大，都不能发生光电效应，故D、E错误。

故选：B。

7．（长治县校级期末）实物粒子和光都具有波粒二象性。下列事实中突出体现实物粒子波动性的是（　　）

A．可见光通过双缝实验装置后可以形成干涉图样

B．β射线在云室中穿过会留下清晰的径迹

C．人们利用电子显微镜观测物质的微观结构

D．光电效应实验中，光电子的最大初动能与入射光的频率有关，与入射光的强度无关

【分析】光电效应证明了光的粒子性；实物粒子也具有波动性，但由于波长太小，我们无法直接观测到；相邻原子之间的距离大致与德布罗意波长相同故能发生明显的衍射现象，证明了光的波动性。

【解答】解：A、可见光通过双缝实验装置后可以形成干涉图样，但可见光不是实物粒子，故A错误；

B、β粒子在云室中受磁场力的作用，做的是圆周运动，与波动性无关，故B错误；

C、人们利用电子显微镜观测物质的微观结构，说明电子可以产生衍射现象，说明具有波动性，故C正确；

D、光电效应实验，说明的是能够从金属中打出光电子，说明的是光的粒子性，故D错误；

故选：C。

8．（河北期末）近年来，数码相机几乎家喻户晓，用来衡量数码相机性能的一个非常重要的指标就是像素，像素可理解为光子打在光屏上的一个亮点，现知300万像素的数码相机拍出的照片比30万像素的数码相机拍出的等大的照片清晰得多，其原因可以理解为（　　）

A．大量光子表现光具有粒子性

B．光的波动性是大量光子之间的相互作用引起的

C．光是一种粒子，它和物质的作用是一份一份的

D．光具有波粒二象性，大量光子表现出光的波动性

【分析】光是一种粒子，它和物质的作用是“一份一份”进行的，用很弱的光做双缝干涉实验时的照片上的白点就是光子落在胶片上的痕迹，清楚的显示了光的粒子性，光的波粒二象性是光的内在属性，即使是单个光子也有波动性，跟光子的数量和光子之间是否有相互作用无关，大量光子表明光具有波动性。

【解答】解：AD、光具有波粒二象性，大量光子表现出光的波动性，故A错误，D正确；

B、光的波粒二象性是光的内在属性，即使是单个光子也有波动性，跟光子的数量和光子之间是否有相互作用无关，所以B错误；

C、光是一种粒子，它和物质的作用是“一份一份”进行的，用很弱的光做双缝干涉实验时的照片上的白点就是光子落在胶片上的痕迹，清楚的显示了光的粒子性，但数码相机拍出的照片不是白点，所以不是因为此原因，故C错误；

故选：D。

9．（忻府区校级期中）关于光的波粒二象性，以下说法中正确的是（　　）

A．光的波动性与机械波，光的粒子性与质点都是等同的

B．光子和质子、电子等是一样的粒子

C．大量光子易显出粒子性，少量光子易显出波动性

D．紫外线、X射线和γ射线中，γ射线的粒子性最强，紫外线的波动性最显著

【分析】光的波粒二象性即光既有波动性又有粒子性，指光有些行为表现为波动性，有些行为表示粒子性；个别光子的行为往往表现为粒子性；大量光子的行为往往表现为波动性；波长越长，波动性越强；波长越短，波动性越强。

【解答】解：A、光是概率波，不同与机械波；光的粒子性也不同与质点；即单个光子即具有粒子性也具有波动性，故A错误；

B、光子不带电，没有静止质量，而质子、电子带电，是实物粒子，有质量，光子与质子、电子不同，故B错误；

C、光波是概率波，个别光子的行为是随机的，往往表现为粒子性；大量光子的行为往往表现为波动性，故C错误；

D、光的波长越长，越容易产生干涉和衍射现象，其波动性越显著；而波长越短，频率越高，其粒子性越显著，故D正确；

故选：D。

10．（2009秋•太原月考）光子在介质中和物质微粒相互作用，可使光的传播方向转向任何方向，这种现象叫做光的散射。1922年，美国物理学家家康普顿研究了石墨中的电子对X射线的散射规律，若用λ、λ′表示散射前、后X射线的波长，用λe表示作用后电子的德布罗意波长，则（　　）



A．λ′＞λ，碰撞过程动量守恒，能量不守恒

B．λ′＜λ，碰撞过程能量守恒，动量不守恒

C．λ′＞λ，碰撞过程动量守恒，能量也守恒

D．碰后电子动量为$\frac{ℎ}{λ\_{1}}$，碰撞过程满足$\frac{ℎc}{λ}=\frac{ℎc}{λ'}+\frac{ℎc}{λ\_{e}}$

【分析】在康普顿效应中，当入射光子与晶体中的电子碰撞时，把一部分动量转移给电子，则动量减小，根据λ$=\frac{ℎ}{P}$，知波长增大，

碰撞过程系统不受外力，故动量守恒，光子的能量远大于电子的束缚能时，光子与自由电子或束缚较弱的电子发生弹性碰撞，故能量守恒。

【解答】解：ABC、在康普顿效应中，当入射光子与晶体中的电子碰撞时，把一部分动量转移给电子，则动量减小，根据λ$=\frac{ℎ}{P}$，知波长增大，碰撞过程系统不受外力，故动量守恒，光子的能量远大于电子的束缚能时，光子与自由电子或束缚较弱的电子发生弹性碰撞，故能量守恒。所以C正确，AB错误；

D、由碰撞示意图知碰后电子与光子的运动方向不在一条直线上，而动量守恒是矢量式，所以直接写$\frac{ℎc}{λ}=\frac{ℎc}{λ'}+\frac{ℎc}{λ\_{e}}$是错误的。即D错误。

故选：C。

**二．多选题（共3小题）**

11．（工农区校级月考）下列说法正确的是（　　）

A．用光照射某种金属，有光电子从金属表面逸出，如果光的频率不变，而减弱光的强度，则逸出的光电子数减少，光电子的最大初动能不变

B．X射线的衍射实验，证实了物质波假设是正确的

C．发生光电效应时，光电子的最大初动能与入射光的频率成正比

D．在康普顿效应中，当入射光子与晶体中的电子碰撞时，把一部分动量转移给电子，因此光子散射后波长变长

E．速度相等的电子和质子，电子的波长大

【分析】发生光电效应的条件是入射光的频率大于金属的极限频率，光的强弱只影响单位时间内发出光电子的数目；电子的衍射说明证实了物质波的存在；康普顿效应说明光具有粒子性；德布罗意波理论告诉我们，一切运动的微粒都有一种波与之对应，即一切运动的微粒都具有波粒二象性。电子有波动性，但在一定的条件下才能表现出来。

【解答】解：A、根据光电效应方程可知，光电子的最大初动能与入射光的频率有关，与入射光的强度无关。故A正确；

B、电子的衍射说明粒子的波动性，证实了物质波的存在。故B错误；

C、根据光电效应方程：Ekm＝hγ﹣W，可知光电子的最大初动能与入射光的频率有关，是线性关系，不是成正比。故C错误；

D、在康普顿效应中，当入射光子与晶体中的电子碰撞时，把一部分动量转移给电子，则动量减小，根据λ$=\frac{ℎ}{P}$，知波长增大。故D正确；

E、速度相等的电子和质子，电子的动量小；根据物质波的波长公式：λ$=\frac{ℎ}{P}$可知，电子的波长长。故E正确。

故选：ADE。

12．（凉州区校级期末）关于光子和运动着的电子，下列叙述正确的是（　　）

A．光子和电子一样都是实物粒子

B．光子和电子都能发生衍射现象

C．光子和电子都具有波粒二象性

D．光子具有波粒二象性，而电子只具有粒子性

【分析】光子不带电，具有一定能量，是特殊的物质，而电子是实物粒子，它们均有波粒二象性，均能发生衍射现象，从而即可求解。

【解答】解：A、光子和电子不是一种粒子，光子不带电，且不是实物粒子，而电子带负电，故A错误；

B、光子和电子均是物质，都能发生衍射现象，故B正确；

CD、光子和电子均是物质，都具有波粒二象性，故C正确，D错误；

故选：BC。

13．（江西校级三模）下列说法正确的是（　　）

A．在康普顿效应中，当入射光子与晶体中的电子碰撞时，把一部分动量转移给电子，因此，光子散射后波长变长

B．将放射性元素掺杂到其他稳定元素中，并降低其温度，它的半衰期会改变

C．玻尔的原子结构理论是在卢瑟福核式结构学说上引入了量子理论

D．氢原子的核外电子从距核较近的轨道跃迁到距核较远轨道的过程中，原子吸收能量，电子的动能减小，原子的电势能增大

E．在黑体辐射中随着温度的升高，一方面各种波长的辐射强度都会增加；另一方面辐射强度的极大值向波长较长的方向移动

【分析】在康普顿效应中，散射光子的动量减小，根据德布罗意波长公式判断光子散射后波长的变化。

半衰期只由原子核本身因素决定，与外界条件无关。

从较低轨道发生跃迁到较高能级时要吸收光子，然后结合圆周运动的知识以及电场力做功进行判断动能与电势能的变化。

随着温度的升高，一方面各种波长的辐射强度都有增加，另一方面辐射强度的极大值向波长较短的方向移动。

【解答】解：A、在康普顿效应中，当入射光子与晶体中的电子碰撞时，把一部分动量转移给电子，则动量减小，根据λ$=\frac{ℎ}{P}$，知波长增大。故A正确；

B、将放射性元素掺杂到其他稳定元素中并大幅度降低其温度，但它的半衰期不发生改变，因为半衰期只由原子核本身因素决定与外界条件无关，故B错误；

C、玻尔的原子结构理论是在卢瑟福核式结构学说上引入了量子理论，故C正确；

D、核外电子从距核较近的轨道跃迁到距核较远的轨道过程中，根据玻尔理论，原子要吸收光子。

核外电子做圆周运动的向心力由库仑力提供，电子与原子核距离变大，则库仑力变小，即向心力变小，则速度变小，即动能变小，跃迁到较远轨道时库伦力做负功，则电势能增加，故D正确；

E、随着温度的升高，一方面各种波长的辐射强度都有增加，另一方面辐射强度的极大值向波长较短的方向移动。故E错误；

故选：ACD。

**三．计算题（共2小题）**

14．（香坊区校级期中）用频率为ν的光照射某光电管，发射的光电子的最大初动能为E，若改用频率为2ν的光照射该光电管，则发射的光电子的最大初动能是多少？

【分析】由光电效应方程：EK＝hν﹣W0，即可求解．

【解答】解：设光电管的逸出功为W0，根据爱因斯坦光电效应方程得：

E＝hν﹣W0

E′＝2hν﹣W0

解方程组得：E′＝hν+E0

答：发射的光电子的最大初动能是hν+E0．

15．（长沙校级模拟）光具有波粒二象性，光子的能量hν，其中频率表征波的特性．在爱因斯坦提出光子说之后，法国物理学家德布罗意提出了光子动量p与光波波长的关系为p$=\frac{ℎ}{λ}$．若某激光管以P＝60W的功率发射波长λ＝6.63×10﹣7m的光束，试根据上述理论计算：

（1）该管在1s内发射出多少个光子？

（2）若光束全部被某黑体表面吸收，那么该黑体表面所受到的光束对它的作用力F为多大？

【分析】（1）根据E$=ℎ\frac{c}{λ}$求出每个光子的能量，从而根据Pwt＝nE该管在1s内发射的光子数．

（2）根据动量定理求出黑体表面所受到光束对它的作用力．

【解答】解：（1）激光管在1min内发射光子的个数为

$n=\frac{P\_{w}t}{ℎ\frac{c}{λ}}=\frac{P\_{w}tλ}{ℎc}=\frac{1×6.63×10^{−7}×60}{6.63×10^{−34}×3×10^{8}}=$2.0×1020个．

（2）在时间△t＝1s内黑体获得总冲量为F•△t，由动量定理得：F•△t＝np

即：$F=\frac{np}{△t}=\frac{nℎ}{λ△t}=\frac{2.0×10^{20}×6.63×10^{−34}}{6.63×10^{−7}×1}=2×10^{−7}N$．

答：（1）该管在1s内发射2.0×1020个光子．

（2）若光束全部被某黑体表面吸收，那么该黑体表面所受到光束对它的作用力为2×10﹣7N．

**四．解答题（共2小题）**

16．（东宝区校级学业考试）如图所示是使用光电管的原理图，当频率为v的可见光照射到阴极K上时，电流表中有电流通过．

（1）当变阻器的滑动端P向　左　滑动时（填“左”或“右”），通过电流表的电流将会增大．

（2）当电流表电流刚减小到零时，电压表的读数为U，则光电子的最大初动能为　eU　 （已知电子电荷量为e）．

（3）如果不改变入射光的频率，而增加入射光的强度，则光电子的最大初动能将　不变　 （填“增加”、“减小”或“不变”）．



【分析】光电管两端所加的电压为反向电压，根据动能定理求出光电子的最大初动能，根据光电效应方程判断光电子最大初动能的变化．

【解答】解：①当变阻器的滑动端P向左移动，反向电压减小，光电子到达右端的速度变大，则通过电流表的电流变大．

②当电流表电流刚减小到零时，电压表的读数为U，根据动能定理得，eU$=\frac{1}{2}$mvm2，则光电子的最大初动能为eU．

③根据光电效应方程知，Ekm＝hv﹣W0，知入射光的频率不变，则光电子的最大初动能不变．

故答案为：左，eU，不变．

17．（甘肃一模）关于光的波粒二象性，下列理解正确的是　CDE

A．当光子静止时有粒子性，光子传播时有波动性

B．光时一种宏观粒子，但它按波的方式传播

C．光子在空间各点出现的可能性大小（概率）可以用波动规律来描述

D．大量光子出现的时候表现出波动性，个别光子出现的时候表现出粒子性

E．大量光子出现的时候表现出波动性，个别光子出现的时候表现出粒子性．

【分析】光的波粒二象性是指光既具有波动性又有粒子性，少量粒子的行为表现为粒子性，大量粒子的行为表现为波动性．

【解答】解：

A、光子是运动的，光既具有波动性又有粒子性，少量粒子的行为表现为粒子性，大量粒子的行为表现为波动性．故A错误．

B、光不是宏观意义上的粒子，光在传播时有时看成粒子有时可看成波，故B错误；

C、光子在空间各点出现的可能性大小（概率）可以用波动规律来描述．故C正确；

D、E大量光子的效果往往表现出波动性，个别光子的行为往往表现出粒子性，故D、E正确；

故选：CDE．