# 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：。

**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

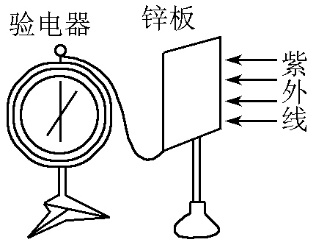
由三棱镜光的色散实验可知，同一介质对紫光的折射率最大，红光的最小。

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】**（锦州期末）关于近代物理，下列叙述正确的是（　　）

A．卢瑟福通过对α粒子散射实验结果的分析，提出了原子核内有中子存在

B．光电效应揭示了光的粒子性，而康普顿效应从动量方面进一步揭示了光的粒子性

C．镭226变为氡222的半衰期是1620年，随着地球环境的不断变化，半衰期可能变短

D．结合能越大表示原子核中的核子结合得越牢固

【分析】光电效应、康普顿效应都说明光具有粒子性。

卢瑟福通过粒子散射实验，提出了原子的核式结构学说；

放射性元素衰变的快慢是由原子核内部自身决定的，与外界的物理和化学状态无关；

比结合能越大表示原子核中核子结合得越牢靠。

【解答】解：A、卢瑟福通过粒子散射实验，提出了原子的核式结构学说，提出了原子核内有质子存在，而中子是查德韦克提出的。故A错误。

B、光电效应、康普顿效应都揭示了光的粒子性。故B正确。

C、半衰期是由原子核内部自身决定的，与地球环境不同，故C错误；

D、比结合能越大表示原子核中的核子结合得越牢固，故D错误；

故选：B。

**【例1.2】**（潮州期末）某单色光照射金属表面时，没有发生光电效应，欲使该金属发生光电效应，应该选择（　　）

A．增加照射时间

B．改用波长更长单色光照射

C．增大该单色光的强度

D．改用频率更高的单色光照射

【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，延长光的照射时间和增大光的照射强度都不行，从而即可求解。

【解答】解：AC、发生光电效应的条件是入射光的频率大于或等于金属的极限频率，与增加光的照射时间和增大光的照射强度都不行，故AC错误，

BD、改用波长更长的光照射时，其频率小于原光的频率，则不可能发生光电效应，而当改用频率更高的光，可能发生光电效应，所以B错误，D正确。

故选：D。

**【例1.3】**（沈河区校级四模）下列说法正确的是（　　）

A．电子的发现使人们认识到原子核是可分的

B．天然放射现象使人们认识到原子是可分的

C．卢瑟福猜想原子核内存在中子，他的学生查德威克通过实验证实了这个猜想

D．光电效应中从金属表面逸出的光电子是从原子核中出射的

【分析】本题是原子物理学史问题，α粒子散射实验使人们认识到原子具有核式结构模型，天然放射现象说明原子核内部有复杂结构，波尔理论能成功解释氢原子的光谱。

【解答】解：A、电子的发现使人们认识到原子是可分的，但是不能说明原子核是可以再分的，故A错误；

B、天然放射现象中的射线来自原子核，说明原子核内部有复杂结构，并不是认识到原子是可分的，故B错误；

C、卢瑟福猜想原子核内存在中子，他的学生查德威克通过实验证实了这个猜想，故C正确；

D、光电效应中从金属表面逸出的光电子是从原子中出射的，并不是原子核，故D错误。

故选：C。

**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。

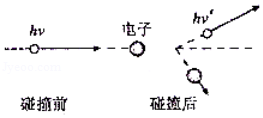
⑷ 光子模型对康普顿效应的解释

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】**（桥东区校级月考）美国物理学家康普顿在研究石墨对X射线的散射时，用X光对静止的电子进行照射，照射后电子获得速度的同时，X光的运动方向也会发生相应的改变。下图是X射线的散射示意图，下列说法中正确的是（　　）



A．在康普顿效应中，当入射光子与晶体中的电子碰撞时，把部分动量转移给电子，因此光子散射后频率变大

B．康普顿效应揭示了光的粒子性，表明光子除了具有能量之外还具有动量

C．X光散射后与散射前相比，速度将会变小

D．散射后的光子虽然改变原来的运动方向，但频率保持不变

【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，知波长增大，频率减小，

【解答】解：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，知波长增大，根据光子的波长λ，频率减小，但光速c不变，能量减小，康普顿效应说明光不但具有能量而且具有动量，证明了光的粒子性，故ACD错误B正确。

故选：B。

**【例2.2】**（广南县校级月考）1922年，美国物理学家康普顿在研究石墨中的电子对X射线的散射时发现，有些散射波的波长比入射波的波长略大。下列说法中正确的是（　　）

A．有些X射线的能量传给了电子，因此X射线的能量减小了

B．有些X射线吸收了电子的能量，因此X射线的能量增大了

C．X射线的光子与电子碰撞时，动量守恒，能量也守恒

D．X射线的光子与电子碰撞时，动量不守恒，能量守恒

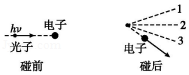
【分析】在康普顿效应中，当入射光子与晶体中的电子碰撞时，把一部分动量转移给电子，则动量减小，根据λ，知波长增大，

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：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，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，ABD错误。

故选：C。

**【例2.3】**（海淀区模拟）康普顿效应证实了光子不仅具有能量，也有动量，如图给出了光子与静止电子碰撞后，电子的运动方向，则碰后光子可能沿方向　1　运动，并且波长　变长　（填“不变”“变小”或“变长”）。



【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振动；

由于电子动能增加，故光子动减量小，根据ε＝hν，光子的频率减小，根据c＝λυ，波长变长；

故答案为：1，变长。

**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】**（台州模拟）居室装修中常用的大理石等天然石材，若含有铀、钍等元素就会释放出放射性气体氡。氡会经呼吸进入人体并停留于在体内发生衰变，放射出α、β、γ射线。这些射线会导致细胞发生变异，引起疾病。下列相关说法正确的是（　　）

A．放射性元素发生衰变时放出的α射线具有波粒二象性

B．铀U衰变为氧Rn要经过4次α衰变和2次β衰变

C．放射性元素发生β衰变时所释放的电子是原子核内的质子转变为中子时产生的

D．处于激发态的氧原子发出的某一单色光照射到某金属表面能发生光电效应，若这束光通过玻璃砖折射后，再射到此金属表面将不会再产生光电效应

【分析】A、光子、微观粒子都具有波粒二象性；

B、核反应方程遵循质量数守恒和电荷数守恒，即可求解；

C、β衰变时所释放的电子是原子核内的中子衰变为质子时产生的；

D、根据折射后光的频率不变，再结合光电效应发生条件，即可求解。

【解答】解：A、放射性元素发生衰变时放出的α射线，属于实物粒子，也具有波粒二象性，故A正确；

B、铀U衰变为氡Rn，质量数减小16，而质子数减小6，经过一次次α衰变，质量数减小4，质子数减小2，而﹣次β衰变质量数不变，则质子数增大1，因此要经过4次α衰变和2次β衰变，故B正确；

C、β衰变时所释放的电子是原子核内的中子衰变为质子时产生的，故C错误；

D、发出的某一单色光照射到某金属表面能发生光电效应，若这束光通过玻璃砖折射后，虽光速变化了，但其频率不变，再射到此金属表面，仍将会再产生光电效应，故D错误。

故选：AB。

**【例1.2】**（沙坪坝区校级月考）2018年8月23日报道，国家大科学工程﹣﹣中国散裂中子源（CSNS）项目通过国家验收，投入正式运行，并将对国内外各领域的用户开放。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．卢瑟福发现中子的核反应方程

C．在中子轰击下生成的过程中，原子核中平均核子质量变小

D．β衰变所释放的电子是原子核内部的中子转变为质子时所产生的

【分析】依据β衰变中，一个中子转变为一个质子和一个电子；依据质量数与质子数守恒，即可判定；卢瑟福预言了中子的存在，而查德威克发现中子；裂变后，有质量亏损，释放能量，则平均核子质量变化；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、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，发现了质子，预言了中子的存在。查德威克通过α粒子轰击铍核（ Be） 获得碳核（ C）的实验发现了中子，其核反应方程，故B错误；

C、此反应是裂变反应，原子核中的平均核子质量变小，有质量亏损，以能量的形式释放出来，故C正确；

D、β衰变的实质是原子核内部的一个中子转变为一个质子和一个电子，故D正确；

故选：ACD。

**【例1.3】**（应县校级期中）通过学习波粒二象性的内容，你认为下列说法正确的是（　　）

A．能量较大的光子其波动性越显著

B．速度相同的质子和电子相比，质子的波动性更为明显

C．波粒二象性指光有时表现为波动性，有时表现为粒子性

D．康普顿效应中光子与静止的电子发生相互作用后，光子的波长变小了

【分析】光子既有波动性又有粒子性，波粒二象性中所说的波是一种概率波，对大量光子才有意义。波粒二象性中所说的粒子，是指其不连续性，是一份能量。个别光子的作用效果往往表现为粒子性；大量光子的作用效果往往表现为波动性。频率越大的光，光子的能量越大，粒子性越显著，频率越小的光其波动性越显著。

【解答】解：A、在光的波粒二象性中，频率越大的光，光子的能量越大，粒子性越显著，频率越小的光其波动性越显著。故A错误。

B、速度相同的质子和电子相比，由于质子的质量更大，由p＝mv，以及可知，电子的波动性更为明显。故B错误；

C、光的波粒二象性是指光波同时具有波和粒子的双重性质，但有时表现为波动性，有时表现为粒子性，大量的光子波动性比较明显，个别光子粒子性比较明显。故C正确。

D、康普顿效应中光子与静止的电子发生相互作用后，光子的动量减小，所以波长变大了，故D错误。

故选：C。

**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。

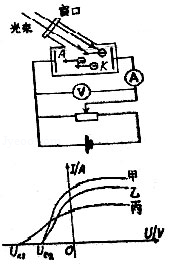
1927年戴维孙和汤姆孙分别利用晶体做了电子束衍射的实验，证实了电子的波动性。

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．（明光市校级月考）研究光电效应实验电路图如图所示，其光电流与电压的关如图所示。则下列说法中正确的是（　　）



A．若把滑动变阻器的滑动触头向右滑动，光电流一定减小

B．图线甲与乙是同一种入射光，且甲的入射光强度等于乙光的

C．由图可知，乙光的频率小于丙光频率

D．若将甲光换成丙光来照射锌板，其逸出功将变大

2．（甘井子区校级模拟）下列说法正确的是（　　）

A．一束光照射到某种金属上不能发生光电效应，可能是因为这束光的光强太小

B．按照玻尔理论，氢原子核外电子从半径较小的轨道跃迁到半径较大的轨道时，电子的动能减小，但原子的能量增大

C．原子核发生一次β衰变，该原子外层就失去一个电子

D．天然放射现象中发出的三种射线是从原子核外放出的射线

3．（辽宁模拟）下列各种关于近代物理学的现象中，与原子核内部变化有关的是（　　）

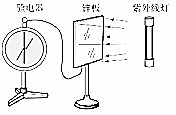
A．紫外线照射锌板时，锌板向外发射光电子的现象

B．a粒子轰击金箔时，少数发生大角度偏转的现象

C．氢原子发光时，形成不连续的线状光谱的现象

D．含铀的矿物质自发向外放出β射线（高速电子流）的现象

4．（海淀区二模）如图所示，把一块不带电的锌板用导线连接在验电器上，当用某频率的紫外线照射锌板时，发现验电器指针偏转一定角度，下列说法正确的是（　　）



A．验电器带正电，锌板带负电

B．验电器带负电，锌板也带负电

C．若改用红光照射锌板，验电器的指针一定也会偏转

D．若改用同等强度频率更高的紫外线照射锌板，验电器的指针也会偏转

5．（茶陵县校级月考）关于近代物理发展的成果，下列说法正确的是（　　）

A．只要增加人射光的强度，光电效应就可以发生

B．若使放射性物质的温度升高，则其半衰期将减小

C．氢原子从激发态向基态跃迁时会辐射特定频率的光子

D．α射线、β射线、γ射线都是高速电子流

6．（思明区校级月考）用一束紫外线照射某金属时不能产生光电效应，可能使该金属发生光电效应的措施是（　　）

A．改用频率更小的紫外线照射

B．改用X射线照射

C．改用强度更大的原紫外线照射

D．延长原紫外线的照射时间

7．（周口期中）关于光电效应，下列说法正确的是（　　）

A．金属的逸出功与入射光的频率有关

B．金属的截止频率与金属的逸出功无关

C．入射光的波长越长，光电子的最大初动能越大

D．红光照到某金属上能发生光电效应，则绿光照到这种金属一定能发生光电效应

8．（上饶期中）物理学是一门以实验为基础的科学，任何学说和理论的建立都离不开实验，下列说法错误的是（　　）

A．𝛼粒子散射实验是原子核式结构理论的实验基础

B．康普顿效应进一步证实了光的波动特性

C．光电效应实验表明光具有粒子性

D．电子的发现揭示了原子不是构成物质的最小微粒

9．（四川模拟）下列说法正确的是（　　）

A．光电效应现象揭示了光具有波动性

B．HH→Hen是核聚变反应方程

C．Un→BaKr+3n是β衰变方程

D．一群氢原子从n＝5的激发态跃迁时，最多能辐射出4种不同频率的光子

10．（湖北模拟）2018年11月29日，国家重大科研装备研制项目“超分辨光刻装备研制”通过验收，该光刻机光刻分辨力达到22nm。关于光的认识，下列说法正确的是（　　）

A．光子除了具有能量之外还具有动量

B．波长越长的光，光子动量越大

C．光电效应显示了光的波动性

D．爱因斯坦测量了光电效应中几个重要的物理量，由此算出了普朗克常量h

**二．多选题（共3小题）**

11．（邯郸二模）下列说法中正确的是（　　）

A．α射线、β射线、γ射线三种射线中，γ射线穿透能力最强

B．随着温度的升高，黑体辐射强度的极大值向波长较短方向移动

C．实验表明，只要照射光的强度足够大，就一定能产生光电效应

D．汤姆孙对阴极射线的研究，认为阴极射线的本质是电子流

E．玻尔理论认为，原子核外电子从半径较小的轨道跃迁到半径较大的轨道时，电子的动能增大，电势能减小

12．（甘井子区模拟）下列说法正确的是（　　）（填序号）

A．卢瑟福通过对α粒子散射实验现象的研究，提出了原子的核式结构学说

B．同一元素的两种同位素具有相同的中子数

C．放射性元素的半衰期是指大量该元素的原子核中有半数发生衰变需要的时间

D．为解释光电效应现象，爱因斯坦提出了光子说

E．根据玻尔理论可知，氢原子放出一个光子后，氢原子的核外电子运动速度减小

F．氘核（）和氚核（）聚合成氦核（），同时会放出一个正电子和核能

13．（中原区校级月考）下列说法正确的是（　　）

A．在光的单缝衍射现象中，单缝越窄，中央条纹的宽度越窄

B．在光导纤维内传送图象和海市蜃楼现象都是光的全反射

C．光的干涉和衍射现象说明光具有波动性，光的偏振现象说明光是横波

D．光电效应既显示了光的粒子性，又显示了光的波动性，所以光具有波粒二象性

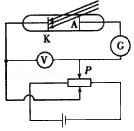
E．光学镜头上的增透膜是利用了光的干涉现象

**三．计算题（共2小题）**

14．（大名县校级月考）如图所示，阴极K用极限波长λ0＝0.66μm的金属铯制成，用波长λ＝0.50μm的绿光照射阴极K，调整两极板电压，当A板电压比阴极高处2.5V时，光电流达到饱和，电流表示数为0.64μA．

（1）求每秒阴极发射的电子数和电子飞出阴极时的最大初动能；

（2）如果把照射到阴极的绿光光照强度增大为原来的2倍，求每秒钟阴极发射的电子数和电子飞出阴极时的最大初动能．



15．（大兴区一模）我们知道，根据光的粒子性，光的能量是不连续的，而是一份一份的，每一份叫一个光子，光子具有动量（ hv/c ） 和能量（hv ），当光子撞击到光滑的平面上时，可以像从墙上反弹回来的乒乓球一样改变运动方向，并给撞击物体以相应的作用力。光对被照射物体单位面积上所施加的压力叫光压。联想到人类很早就会制造并广泛使用的风帆，能否做出利用太阳光光压的“太阳帆”进行宇宙航行呢？

1924年，俄国航天事业的先驱齐奥尔科夫斯基和其同事灿德尔明确提出“用照射到很薄的巨大反射镜上的太阳光所产生的推力获得宇宙速度”，首次提出了太阳帆的设想。但太阳光压很小，太阳光在地球附近的光压大约为10﹣6N/m2，但在微重力的太空，通过增大太阳帆面积，长达数月的持续加速，使得太阳帆可以达到甚至超过宇宙速度。IKAROS 是世界第一个成功在行星际空间运行的太阳帆。2010年5月21日发射，2010年12月8日，IKAROS 在距离金星 80，800 公里处飞行掠过，并进入延伸任务阶段。

设太阳单位时间内向各个方向辐射的总能量为E，太空中某太阳帆面积为S，某时刻距太阳距离为r（r很大，故太阳光可视为平行光，太阳帆位置的变化可以忽略），且帆面和太阳光传播方向垂直，太阳光频率为v，真空中光速为c，普朗克常量为h。

（1）当一个太阳光子被帆面完全反射时，求光子动量的变化△P，判断光子对太阳帆面作用力的方向。

（2）计算单位时间内到达该航天器太阳帆面的光子数。

（3）事实上，到达太阳帆表面的光子一部分被反射，其余部分被吸收。被反射的光子数与入射光子总数的比，称为反射系数。若太阳帆的反射系数为ρ，求该时刻太阳光对太阳帆的作用力。

**四．解答题（共2小题）**

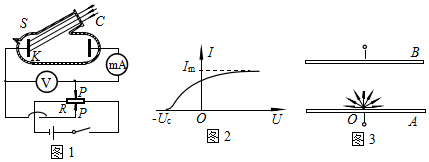
16．（海淀区二模）光电效应现象逸出的光电子的最大初动能不容易直接测量，也可以利用类似的转换的方法．

（1）如图1是研究某光电管发生光电效应的电路图，当用频率为ν的光照射金属K时，通过调节光电管两端电压U，测量对应的光电流强度I，绘制了如图2的I﹣U图象．求当用频率为2ν的光照射金属K时，光电子的最大初动能Ek的大小．已知电子所带电荷量为e，图象中Uc、Im及普朗克常量h均为已知量．

（2）有研究者设计了如下的测量光电子最大初动能的方式．研究装置如图3，真空中放置的平行正对金属板可以作为光电转换装置．用一定频率的激光照射A板中心O点，O点附近将有大量的电子吸收光子的能量而逸出．B板上涂有特殊材料，当电子打在B板上时会在落点处留有可观察的痕迹．可以认为所有逸出的电子都从O点以相同大小的速度逸出，其初速度沿各个方向均匀分布，金属板的正对面积足够大（保证所有的光电子都不会射出两极板所围的区域），光照条件保持不变．已知A、B两极板间的距离为d，电子所带电荷量为e，质量为m，其所受重力及它们之间的相互作用力均可忽略不计．

①通过外接可调稳压电源使A、B两极板有一定的电势差，A板接电源的负极，由O点逸出的电子打在B板上的最大区域范围为一个圆形，且圆形的面积随A、B两极板间的电压变化而改变．已知电子逸出时的速度大小为v0，试通过计算，推导电子打在B板上的最大范围圆形半径r与两极板间电压U的关系式．

②通过外接电源给A、B两极板间加上一定的电压U0，若第一次A板接电源的负极，电子打在B板上的最大区域为一个圆形；第二次A板接电源的正极，保持极板间所加电压U0不变，电子打在B板上的最大区域范围仍为一个圆形，只是这个圆形半径恰好是第一次的一半．为使B板上没有电子落点的痕迹，则两金属板间的电压满足什么条件？



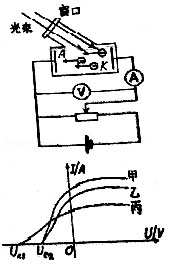
17．（江西一模）已知每秒从太阳射到地球的垂直于太阳光的每平方米截面上的辐射能为1.4×103J，其中可见光部分约占45%，假如认为可见光的波长均为5.5×10﹣7m，太阳向各方向的辐射是均匀的，日地间距离为1.5×1011m，普朗克恒量h＝6.6×10﹣34J•s，估算出太阳每秒钟辐射出的可见光子数是多少？

**随堂练习**

**参考答案与试题解析**

**一．选择题（共10小题）**

1．（明光市校级月考）研究光电效应实验电路图如图所示，其光电流与电压的关如图所示。则下列说法中正确的是（　　）



A．若把滑动变阻器的滑动触头向右滑动，光电流一定减小

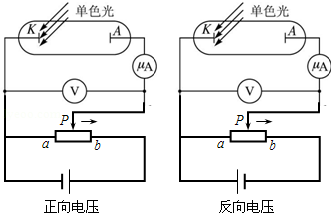
B．图线甲与乙是同一种入射光，且甲的入射光强度等于乙光的

C．由图可知，乙光的频率小于丙光频率

D．若将甲光换成丙光来照射锌板，其逸出功将变大

【分析】可画出光电管实验电路图，当光电管加正向电压情况：P右移时，参与导电的光电子数增加；P移到某一位置时，所有逸出的光电子都刚参与了导电，光电流恰达最大值；P再右移时，光电流不能再增大。

光电管加反向电压情况：P右移时，参与导电的光电子数减少；P移到某一位置时，所有逸出的光电子都刚不参与了导电，光电流恰为零，此时光电管两端加的电压为截止电压，对应的光的频率为截止频率；P再右移时，光电流始终为零。eU截mhγ﹣W，入射光的频率越高，对应的截止电压U截越大。从图象中看出，丙光对应的截止电压U截最大，所以丙光的频率最高，丙光的波长最短，丙光对应的光电子最大初动能也最大。



【解答】解：A、若把滑动变阻器的滑动触头向右滑动，若光电流没达到饱和电流，则一定会增大，若已达到饱和电流，则光电流不会增大；故A错误；

B、由图可知，甲的饱和电流大于乙的饱和电流，而光的频率相等，所以甲光照射的强度大于乙光照射的强度。故B错误。

C、根据eU截mhγ﹣W，知入射光的频率越高，对应的遏止电压Uc越大。乙光的截止电压小于丙光，所以乙光的频率小于丙光频率，故C正确。

D、某金属在甲光照射下发生了光电效应，由于丙光的频率高于甲光的频率，所以在丙光的照射下也一定能发生光电效应，同一金属，逸出功是相等的，与入射光无关，故D错误。

故选：C。

2．（甘井子区校级模拟）下列说法正确的是（　　）

A．一束光照射到某种金属上不能发生光电效应，可能是因为这束光的光强太小

B．按照玻尔理论，氢原子核外电子从半径较小的轨道跃迁到半径较大的轨道时，电子的动能减小，但原子的能量增大

C．原子核发生一次β衰变，该原子外层就失去一个电子

D．天然放射现象中发出的三种射线是从原子核外放出的射线

【分析】根据光电效应的条件判断不能发生光电效应的原因；根据轨道半径的大小，结合库仑引力提供向心力，判断电子动能的变化；β衰变的实质是原子核中的一个中子转变为一个质子和一个电子，电子释放出来。

【解答】解：A、一束光照射到某种金属上不能发生光电效应，是因为入射光的频率较小，与光的强度无关，故A错误；

B、氢原子核外电子从半径较小的轨道跃迁到半径较大的轨道时，吸收光子的能量，原子能量增大，

根据知，得：Ekmv2，电子的动能减小，故B正确；

C、β衰变的实质是原子核中的一个中子转变为一个质子和一个电子，电子释放出来，不是来自核外电子，故C错误；

D、天然放射现象的射线来自原子核的内部，故D错误。

故选：B。

3．（辽宁模拟）下列各种关于近代物理学的现象中，与原子核内部变化有关的是（　　）

A．紫外线照射锌板时，锌板向外发射光电子的现象

B．a粒子轰击金箔时，少数发生大角度偏转的现象

C．氢原子发光时，形成不连续的线状光谱的现象

D．含铀的矿物质自发向外放出β射线（高速电子流）的现象

【分析】天然放射现象是原子核内部自发的放射出α粒子或电子的现象；光电效应是原子核外层电子脱离原子核的束缚而逸出；α粒子散射现象是用α粒子打到金箔上，受到原子核的库伦斥力而发生偏折的现象；原子发光是原子跃迁形成的，即电子从高能级向低能级跃迁而辐射能量的过程。

【解答】解：A、光电效应是原子核外层电子脱离原子核的束缚而逸出，没有涉及到原子核的变化，故A错误；

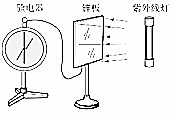
B、α粒子散射实验表明了原子内部有一个很小的核，并没有涉及到核内部的变化，故B错误；

C、原子发光是原子跃迁形成的，即电子从高能级向低能级跃迁，释放的能量以光子形式辐射出去，没有涉及到原子核的变化，故C错误；

D、天然放射现象是原子核内部发生变化自发的放射出α射线或β射线，从而发生α衰变或β衰变，反应的过程中核内核子数，质子数，中子数发生变化，故D正确；

故选：D。

4．（海淀区二模）如图所示，把一块不带电的锌板用导线连接在验电器上，当用某频率的紫外线照射锌板时，发现验电器指针偏转一定角度，下列说法正确的是（　　）



A．验电器带正电，锌板带负电

B．验电器带负电，锌板也带负电

C．若改用红光照射锌板，验电器的指针一定也会偏转

D．若改用同等强度频率更高的紫外线照射锌板，验电器的指针也会偏转

【分析】该实验是通过紫外线照射锌板，发生光电效应，锌板失去电子带正电，光电效应说明光具有粒子性。

【解答】解：AB、用紫外线照射锌板，锌板失去电子带正电，验电器与锌板相连，则验电器的金属球和金属指针带正电，故AB错误；

C、根据光电效应的条件可知若改用红光照射锌板，不一定能发生光电效应，所以验电器的指针不一定会发生偏转，故C错误；

D、根据光电效应的条件可知发生光电效应与光的强度无关，若改用同等强度频率更高的紫外线照射锌板，验电器的指针也会偏转，故D正确。

故选：D。

5．（茶陵县校级月考）关于近代物理发展的成果，下列说法正确的是（　　）

A．只要增加人射光的强度，光电效应就可以发生

B．若使放射性物质的温度升高，则其半衰期将减小

C．氢原子从激发态向基态跃迁时会辐射特定频率的光子

D．α射线、β射线、γ射线都是高速电子流

【分析】明确光电效应发生的条件，知道氢原子从激发态向基态跃迁时会辐射特定频率的光子；明确半衰期与温度无关，知道α射线、β射线、γ射线等射线的本质。

【解答】解：A、能否发生光电效应，与入射光的强度无关，只与入射光的频率有关，故A错误；

B、放射性物质的半衰期与外部因素（温度、压强等）无关，故B错误；

C、氢原子从激发态向基态跃迁时会辐射特定频率的光子，光子的能量等于两个能级的能级差，故C正确；

D、α射线是氦核，β射线是高速电子流，γ射线是高速光子流，故D错误；

故选：C。

6．（思明区校级月考）用一束紫外线照射某金属时不能产生光电效应，可能使该金属发生光电效应的措施是（　　）

A．改用频率更小的紫外线照射

B．改用X射线照射

C．改用强度更大的原紫外线照射

D．延长原紫外线的照射时间

【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，从而即可求解。

【解答】解：用一束紫外线照射某金属时不能产生光电效应，知紫外线的频率小于金属的极限频率，要能发生光电效应，需改用频率更大的光照射，比如：改用X射线照射；能否发生光电效应与入射光的强度和照射时间无关，故B正确，A、C、D错误。

故选：B。

7．（周口期中）关于光电效应，下列说法正确的是（　　）

A．金属的逸出功与入射光的频率有关

B．金属的截止频率与金属的逸出功无关

C．入射光的波长越长，光电子的最大初动能越大

D．红光照到某金属上能发生光电效应，则绿光照到这种金属一定能发生光电效应

【分析】当入射光的频率大于金属的极限频率，就会发生光电效应，并依据光电效应方程：EkmW0，即可求解。

【解答】解：A、逸出功是由金属本身决定的，与入射光的频率无关，故A错误；

B、截止频率与金属的逸出功关系hν0＝W，故B错误；

C、当某种色光照射金属表面时，能产生光电效应，根据光电效应方程：EkmW0，则入射光的波长越长，产生的光电子的最大初动能越小，故C错误；

D、用一束红光照射某金属，能发生光电效应，可知红光的频率大于金属的极限频率，由于绿光的频率大于红光的频率，换成绿光来照射该金属，也一定能发生光电效应，故D正确。

故选：D。

8．（上饶期中）物理学是一门以实验为基础的科学，任何学说和理论的建立都离不开实验，下列说法错误的是（　　）

A．𝛼粒子散射实验是原子核式结构理论的实验基础

B．康普顿效应进一步证实了光的波动特性

C．光电效应实验表明光具有粒子性

D．电子的发现揭示了原子不是构成物质的最小微粒

【分析】α粒子散射实验表明了原子具有核式结构；光电效应实验证实了光具有粒子性；电子的发现表明了原子不是构成物质的最小微粒；康普顿效应进一步证实了光的粒子性。

【解答】解：A、α粒子散射实验表明了原子具有核式结构，故A正确；

B、康普顿效应进一步证实了光的粒子性，并不是波动特性，故B错误；

C、光具有波粒二象性，光电效应证实了光具有粒子性，故C正确；

D、电子的发现表明了原子不是构成物质的最小微粒，故D正确；

本题选错误的，故选：B。

9．（四川模拟）下列说法正确的是（　　）

A．光电效应现象揭示了光具有波动性

B．HH→Hen是核聚变反应方程

C．Un→BaKr+3n是β衰变方程

D．一群氢原子从n＝5的激发态跃迁时，最多能辐射出4种不同频率的光子

【分析】光电效应现象揭示了光具有粒子性；根据数学组合公式求出氢原子最多放出不同频率光子的种数；依据重核的裂变与轻核的聚变，即可求解。

【解答】解：A、光电效应现象揭示了光具有粒子性，故A错误；

B、核反应HH→Hen是核聚变反应方程，故B正确；

C、Un→BaKr+3n是属于重核裂变，没有电子释放出来，不是β衰变方程，故C错误；

D、一群氢原子从n＝5的激发态跃迁时，根据10，最多能辐射出10种不同频率的光子，故D错误；

故选：B。

10．（湖北模拟）2018年11月29日，国家重大科研装备研制项目“超分辨光刻装备研制”通过验收，该光刻机光刻分辨力达到22nm。关于光的认识，下列说法正确的是（　　）

A．光子除了具有能量之外还具有动量

B．波长越长的光，光子动量越大

C．光电效应显示了光的波动性

D．爱因斯坦测量了光电效应中几个重要的物理量，由此算出了普朗克常量h

【分析】康普顿效应表明，光子除了具有能量之外还具有动量；依据公式P，即可判定；光电效应体现了光的粒子性；普朗克提出常量h。

【解答】解：A、康普顿效应表明光子除了具有能量之外还具有动量，故A正确；

B、依据公式P，可知，波长越长的光，则光子动量越小，故B错误；

C、光电效应显示了光的粒子性，不是光的波动性，故C错误；

D、爱因斯坦提出光电效应方程，而普朗克常量h是由普朗克测出的，故D错误；

故选：A。

**二．多选题（共3小题）**

11．（邯郸二模）下列说法中正确的是（　　）

A．α射线、β射线、γ射线三种射线中，γ射线穿透能力最强

B．随着温度的升高，黑体辐射强度的极大值向波长较短方向移动

C．实验表明，只要照射光的强度足够大，就一定能产生光电效应

D．汤姆孙对阴极射线的研究，认为阴极射线的本质是电子流

E．玻尔理论认为，原子核外电子从半径较小的轨道跃迁到半径较大的轨道时，电子的动能增大，电势能减小

【分析】α射线、β射线、γ射线三种射线中，γ射线穿透能力最强．根据黑体辐射的规律分析温度升高时辐射强度的极大值移动方向．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．汤姆孙发现了电子．根据电场力做功情况分析电子动能和电势能的变化．

【解答】解：A、在α射线、β射线、γ射线这三种射线中，γ射线的穿透能力最强，α射线的电离能力最强，故A正确。

B、根据黑体辐射的实验规律可知，随着温度的升高，黑体辐射强度的极大值向波长较短方向移动。故B正确。

C、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，与照射光的强度无关，故C错误。

D、汤姆孙对阴极射线的研究，认为阴极射线的本质是电子流，从而发现了电子，故D正确。

E、玻尔理论认为，原子核外电子从半径较小的轨道跃迁到半径较大的轨道时，电场力对电子做负功，电子的动能减小，电势能增大。故E错误。

故选：ABD。

12．（甘井子区模拟）下列说法正确的是（　　）（填序号）

A．卢瑟福通过对α粒子散射实验现象的研究，提出了原子的核式结构学说

B．同一元素的两种同位素具有相同的中子数

C．放射性元素的半衰期是指大量该元素的原子核中有半数发生衰变需要的时间

D．为解释光电效应现象，爱因斯坦提出了光子说

E．根据玻尔理论可知，氢原子放出一个光子后，氢原子的核外电子运动速度减小

F．氘核（）和氚核（）聚合成氦核（），同时会放出一个正电子和核能

【分析】α粒子散射实验中只有极少数入射粒子发生了较大的偏转，说明原子核只占原子很小部分的体积，从而提出原子的核式结构学说；

同位素的定义是：质子数相同而中子数不同的同种元素；

半衰期的定义是大量该元素的原子核中有半数发生衰变需要的时间；

为解释光电效应现象，爱因斯坦提出了光子说；

根据玻尔理论的内容，氢原子放出一个光子后能量减小，要从高能级跃迁到低能级，圆周运动半径减小，速度增大，加速度增大；

根据电荷数与质量数守恒放出的应该是质量数为1的中子．

【解答】解：A、根据物理学史，卢瑟福通过对α粒子散射实验现象的研究，提出了原子的核式结构学说，故A正确；

B、同位素是指具有相同的质子数不同中子数的两种元素，故B错误；

C、放射性元素的半衰期是指大量该元素的原子核中有半数发生衰变需要的时间，C正确；

D、为解释光电效应现象，爱因斯坦提出了光子说，D正确；

E、根据玻尔理论可知，氢原子放出一个光子后，能量减小，要跃迁到低能级，氢原子的核外电子运动速度增大，E错误；

F、根据质量数和电荷数守恒：氘核（）和氚核（）聚合成氦核（），同时会放出一个不带电的中子，故F错误。

故选：ACD。

13．（中原区校级月考）下列说法正确的是（　　）

A．在光的单缝衍射现象中，单缝越窄，中央条纹的宽度越窄

B．在光导纤维内传送图象和海市蜃楼现象都是光的全反射

C．光的干涉和衍射现象说明光具有波动性，光的偏振现象说明光是横波

D．光电效应既显示了光的粒子性，又显示了光的波动性，所以光具有波粒二象性

E．光学镜头上的增透膜是利用了光的干涉现象

【分析】在光的单缝衍射现象中，单缝越窄，中央条纹的宽度越宽；

在光导纤维内传送图象和海市蜃楼现象都是光的全反射；

光的干涉和衍射现象说明光具有波动性，光的偏振现象说明光是横波；

光电效应只显示了光的粒子性；

光学镜头上的增透膜是利用了光的干涉现象．

【解答】解：A、在光的单缝衍射现象中，单缝越窄，衍射现象越明显，中央条纹的宽度越宽，故A错误；

B、光导纤维内利用全反射传送图象，海市蜃楼现象是光的折射和全反射形成的，故B正确；

C、干涉和衍射是波特有的现象，所以光的干涉和衍射现象说明光具有波动性，只有横波才有发生偏振，因此光的偏振现象说明光是横波，故C正确；

D、光电效应只显示了光的粒子性，光的干涉和衍射显示了光的波动性，光具有波粒二象性，故D错误；

E、光学镜头上的增透膜是利用了膜的上表面和玻璃表面反射的光发生干涉，故E正确；

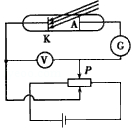
故选：BCE。

**三．计算题（共2小题）**

14．（大名县校级月考）如图所示，阴极K用极限波长λ0＝0.66μm的金属铯制成，用波长λ＝0.50μm的绿光照射阴极K，调整两极板电压，当A板电压比阴极高处2.5V时，光电流达到饱和，电流表示数为0.64μA．

（1）求每秒阴极发射的电子数和电子飞出阴极时的最大初动能；

（2）如果把照射到阴极的绿光光照强度增大为原来的2倍，求每秒钟阴极发射的电子数和电子飞出阴极时的最大初动能．



【分析】（1）根据饱和电流的大小得出每秒内发出电子的总电量，结合电子电量得出每秒阴极发射的电子数．根据光电效应发出求出光电子最大初动能．

（2）入射光的强度变为原来的2倍，则每秒发射的电子数变为原来的2倍，光电子的最大初动能不变．

【解答】解：（1）光电流达到饱和时，阴极发射的光电子全部到达阳极A，阴极每秒钟发射的光电子个数n个．

根据光电效应方程，光电子最大初动能6.63×10﹣34×3×108J＝9.6×10﹣20J．

（2）如果照射光的频率不变，光强加倍，根据光电效应实验规律，阴极每秒钟发射的光电子数：

n′＝2n＝8.0×1012个

光电子的最大初动能仍然是Ekm＝9.6×10﹣20J．

答：（1）每秒阴极发射的电子数为4×1012个，最大初动能为9.6×10﹣20J．

（2）每秒钟阴极发射的电子数为8.0×1012个，最大初动能为9.6×10﹣20J．

15．（大兴区一模）我们知道，根据光的粒子性，光的能量是不连续的，而是一份一份的，每一份叫一个光子，光子具有动量（ hv/c ） 和能量（hv ），当光子撞击到光滑的平面上时，可以像从墙上反弹回来的乒乓球一样改变运动方向，并给撞击物体以相应的作用力。光对被照射物体单位面积上所施加的压力叫光压。联想到人类很早就会制造并广泛使用的风帆，能否做出利用太阳光光压的“太阳帆”进行宇宙航行呢？

1924年，俄国航天事业的先驱齐奥尔科夫斯基和其同事灿德尔明确提出“用照射到很薄的巨大反射镜上的太阳光所产生的推力获得宇宙速度”，首次提出了太阳帆的设想。但太阳光压很小，太阳光在地球附近的光压大约为10﹣6N/m2，但在微重力的太空，通过增大太阳帆面积，长达数月的持续加速，使得太阳帆可以达到甚至超过宇宙速度。IKAROS 是世界第一个成功在行星际空间运行的太阳帆。2010年5月21日发射，2010年12月8日，IKAROS 在距离金星 80，800 公里处飞行掠过，并进入延伸任务阶段。

设太阳单位时间内向各个方向辐射的总能量为E，太空中某太阳帆面积为S，某时刻距太阳距离为r（r很大，故太阳光可视为平行光，太阳帆位置的变化可以忽略），且帆面和太阳光传播方向垂直，太阳光频率为v，真空中光速为c，普朗克常量为h。

（1）当一个太阳光子被帆面完全反射时，求光子动量的变化△P，判断光子对太阳帆面作用力的方向。

（2）计算单位时间内到达该航天器太阳帆面的光子数。

（3）事实上，到达太阳帆表面的光子一部分被反射，其余部分被吸收。被反射的光子数与入射光子总数的比，称为反射系数。若太阳帆的反射系数为ρ，求该时刻太阳光对太阳帆的作用力。

【分析】（1）根据动量变化量公式和动量定理直接求出△P大小，利用符号的正负来判断作用力的方向；

（2）先算出单位时间内到达太阳帆表面上光的总能量，再除以太阳帆的表面积可求出结果；

（3）先算出被反射光的△P1，再算出吸收光的△P2，然后整体运用动量定理求解相应的作用力。

【解答】解：（1）规定光子的初速度方向为正方向，因此光子动量的变化△P，

根据动量定理Ft＝△P，可知光子对太阳帆面作用力的方向与入射光子速度方向相反。

（2）由于每个光子能量为：E0＝hγ，而单位时间内到达太阳帆光能量E总，

则单位时间内到达该航天器太阳帆面的光子数光子数为：。

（3）在时间△t，反射光子动量变化，

吸收光子动量变化，

根据动量定理Ft＝△P1+△p2，解得：。

答：（1）光子动量的变化△P，光子对太阳帆面作用力的方向与入射光子速度方向相反；

（2）单位时间内到达该航天器太阳帆面的光子数；

（3）该时刻太阳光对太阳帆的作用力为。

**四．解答题（共2小题）**

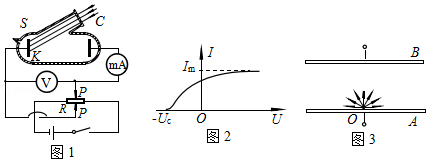
16．（海淀区二模）光电效应现象逸出的光电子的最大初动能不容易直接测量，也可以利用类似的转换的方法．

（1）如图1是研究某光电管发生光电效应的电路图，当用频率为ν的光照射金属K时，通过调节光电管两端电压U，测量对应的光电流强度I，绘制了如图2的I﹣U图象．求当用频率为2ν的光照射金属K时，光电子的最大初动能Ek的大小．已知电子所带电荷量为e，图象中Uc、Im及普朗克常量h均为已知量．

（2）有研究者设计了如下的测量光电子最大初动能的方式．研究装置如图3，真空中放置的平行正对金属板可以作为光电转换装置．用一定频率的激光照射A板中心O点，O点附近将有大量的电子吸收光子的能量而逸出．B板上涂有特殊材料，当电子打在B板上时会在落点处留有可观察的痕迹．可以认为所有逸出的电子都从O点以相同大小的速度逸出，其初速度沿各个方向均匀分布，金属板的正对面积足够大（保证所有的光电子都不会射出两极板所围的区域），光照条件保持不变．已知A、B两极板间的距离为d，电子所带电荷量为e，质量为m，其所受重力及它们之间的相互作用力均可忽略不计．

①通过外接可调稳压电源使A、B两极板有一定的电势差，A板接电源的负极，由O点逸出的电子打在B板上的最大区域范围为一个圆形，且圆形的面积随A、B两极板间的电压变化而改变．已知电子逸出时的速度大小为v0，试通过计算，推导电子打在B板上的最大范围圆形半径r与两极板间电压U的关系式．

②通过外接电源给A、B两极板间加上一定的电压U0，若第一次A板接电源的负极，电子打在B板上的最大区域为一个圆形；第二次A板接电源的正极，保持极板间所加电压U0不变，电子打在B板上的最大区域范围仍为一个圆形，只是这个圆形半径恰好是第一次的一半．为使B板上没有电子落点的痕迹，则两金属板间的电压满足什么条件？



【分析】（1）该装置所加的电压为反向电压，发现当电压表的示数等于Uc时，电流表示数为0，知道光电子点的最大初动能，根据光电效应方程EKm＝hv﹣W0，求出逸出功．最后由光电效应方程求出光电子的最大初动能；

（2）①根据带电粒子的电场中的偏转，粒子水平射出后将做类平抛运动，此粒子沿水平方向的位移大小即是落在金属板上的粒子圆形面积的半径，根据运动学公式结合几何关系求出；

②根据①的公式，结合动能定理即可求出．

【解答】解：（1）由图2可知，当该装置所加的电压为反向电压，当电压是Uc时，电流表示数为0，知道光电子点的最大初动能为：Ekm＝e•Uc，

根据光电效应方程EKm＝hv﹣W0，

则：W0＝hv﹣eUc．

当用频率为2ν的光照射金属K时，Ek＝2hv﹣W0＝hv+eUc

（2）①打在最边缘处的电子，将是类平抛运动的电子，在垂直电场方向做匀速运动，即：r＝v0t

在平行电场方向做初速度为零的匀加速运动，即dat2

其中，a，

则t＝d

将r＝vt代入得：r＝v0•d

②第一次A板接电源的负极，电子向B板做加速运动，最大区域为一个圆形的半径：

第二次A板接电源的正极，电子向B板做减速运动，打在B板上的最大区域范围边缘的电子沿垂直于极板方向的速度恰好等于0，此时电子只剩下沿平行于极板方向的分速度，设该分速度为v，则电子运动的过程的逆过程可以看作是类平抛运动，此时对应的半径：

由于

所以：

电子向B板做减速运动，根据动能定理可得：

若电子恰好能到达B板，则：

联立以上方程得：

则为使B板上没有电子落点的痕迹，则两金属板间的电压满足

答：（1）光电子的最大初动能Ek的大小为hv+eUc；

（2）①电子打在B板上的最大范围圆形半径r与两极板间电压U的关系式为r＝v0•d；

，则两金属板间的电压满足．

17．（江西一模）已知每秒从太阳射到地球的垂直于太阳光的每平方米截面上的辐射能为1.4×103J，其中可见光部分约占45%，假如认为可见光的波长均为5.5×10﹣7m，太阳向各方向的辐射是均匀的，日地间距离为1.5×1011m，普朗克恒量h＝6.6×10﹣34J•s，估算出太阳每秒钟辐射出的可见光子数是多少？

【分析】根据能量守恒求出地面上lm2的面积上每秒接受的光子数为n，从而得出以太阳为球心，以日地间距离R为半径的大球面所接受的光子数，确定出太阳每秒辐射出的可见光光子数．

【解答】解：设地面上lm2的面积上每秒接受的光子数为n，则有：pt•45%＝nh

代入数据解得n＝1.75×1021个/m2．

设想一个以太阳为球心，以日地间距离R为半径的大球面包围着太阳，大球面接受的光子数即太阳辐射的全部光子数，则所求的可见光光子数为：

N＝n4πR2＝1.75×1021×4×3.14×（1.5×1011）2＝5×1044个．

答：太阳每秒辐射出的可见光光子数为5×1044个