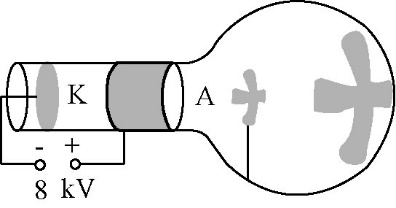
**原子结构**

**一、电子的发现**

如图，真空玻璃管中K是金属板制成的阴极，A是金属环制成的阳极；把它们分别连接在感应圈的负极和正极上。管中十字状物体是一个金属片。接通电源时，感应圈产生的近万伏的高电压加在两个电极之间，可以看到玻璃壁上淡淡的荧光及管中物体在玻璃壁上的影。1876年德国物理物理学家戈德斯坦认为管壁上的荧光是由于玻璃受到阴极发出的某种射线的撞击而引起的，并把这种射线命名为阴极射线。

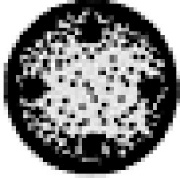
19世纪，对阴极射线的本质的认识有两种观点。一种观点认为阴极射线是一种电磁辐射，另一种观点认为阴极射线是带电微粒。

**1．电子的发现**

英国物理学家汤姆孙认为阴极射线是带电粒子流。1897年，他根据阴极射线在电场和磁场中的偏转情况断定，阴极射线的本质是带负电的粒子流并求出了这种粒子的比荷。

汤姆孙发现，用不同材料的阴极做实验，所得比荷的数值都是相同的。这说明不同物质都能发射这种带电粒子，它是构成各种物质的共有成分。后来组成阴极射线的粒子被称为电子。

发现电子以后，汤姆孙又进一步研究了许多新现象，如光电效应、热离子发射效应和射线等。他发现，不论阴极射线、射线、光电流还是热离子流，它们都包含电子。由此可见，电子是原子的组成部分，是比原子更基本的物质单元。

**2．枣糕模型**

在汤姆孙发现电子后，对原子中正负电荷如何分布的问题，科学家们提出了许多模型，其中较有影响的是汤姆孙本人提出的“枣糕模型”。他认为：原子是一个球体，正电荷弥漫性地均匀分布在整个球体内，电子镶嵌其中。

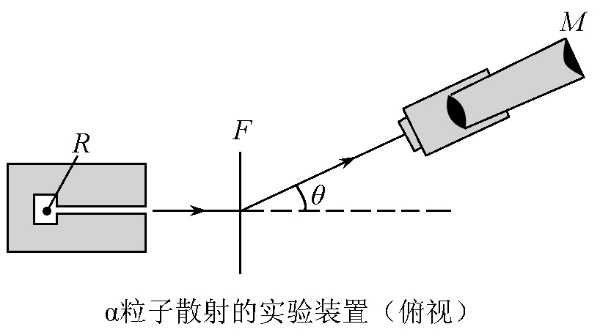
**二、原子的核式结构**

**1．粒子散射实验**

1909年，英籍物理学家卢瑟福指导他的学生盖革和马斯顿进行了粒子散射实验的研究，下面我们来介绍这个实验。

⑴ 实验装置介绍

被铅块包围的粒子源形成一束射线打在金箔上，由于金原子中带电粒子对粒子的库仑力作用，使得一些粒子的运动方向会发生改变，即发生散射。观测装置是带有荧光屏的放大镜，被散射的粒子打在荧光屏上会有微弱的闪光产生，我们可在水平面内不同的角度对散射的粒子进行观察。从粒子源到荧光屏这段路程处于真空中。



⑵ 实验现象

绝大多数粒子穿过金箔后，基本上仍沿原来的方向前进，但有少数粒子（约占）发生了大角度偏转，偏转的角度甚至大于，也就是说它们几乎被“撞了回来”。

⑶ 实验结论

大角度的偏转不可能是由电子造成的，因为它只有粒子质量的，它对粒子速度的大小和方向的影响完全可以忽略。因此，造成粒子偏转的主要原因是它受到了原子中除电子以外的其他物质的作用，而这部分物质的质量很大，而且是带正电的。

卢瑟福分析了实验数据后发现，事实应该是：占原子质量绝大部分的带正电的那部分物质集中在很小的空间范围。这样才会使粒子经过时受到很强的斥力，从而发生大角度偏转。

**典例精讲**

**【例1.1】**（和平区校级期末）下列关于原子和原子核的说法正确的是（　　）

A．氢原子光谱的发现是原子具有核式结构的实验依据

B．原子核发生衰变时要遵守电荷守恒和质量守恒的规律

C．核电站应用了核裂变原理并利用镉棒控制反应进程

D．每个核子都会和其余的核子发生核力作用

【分析】α粒子散射实验是原子具有核式结构的实验依据；原子核发生衰变时遵守电荷数守恒和质量数守恒；核电站应用了核裂变原理。结合梳子的饱和性分析。

【解答】解：A、卢瑟福的α粒子散射实验是原子具有核式结构的实验依据，故A错误；

B、原子核发生衰变时要遵守电荷数守恒和质量数守恒的规律，故B错误；

C、核电站应用了核裂变原理并利用镉棒控制反应进程，故C正确；

D、核子为短程力，每个核子只能跟邻近的核子产生核力的作用，故D错误。

故选：C。

【点评】解决本题的关键要掌握原子物理的基础知识，要注意质量与质量数的区别，原子核发生衰变时遵守质量数守恒，不是质量守恒。

**【例1.2】**（金平县期末）下列说法正确的是（　　）

A．质子和中子的质量不等，但质量数相等

B．质子和中子构成原子核，原子核的质量数等于质子和中子的质量总和

C．同一种元素的原子核有相同的质量数，但中子数可以不同

D．中子不带电，所以原子核的总电量等于质子和电子的总电量之和

【分析】轻核聚变有质量亏损，向外放出能量。根据爱因斯坦质能方程判断反应前后的质量关系；根据同位素的概念判断；原子核的总电量等于质子的总电量。

【解答】解：A、质子和中子的质量不等，但它们质量的差非常小，所以认为质量数都是1，是相等的。故A正确；

B、质子和中子构成原子核，但当中子和质子结合成原子核时，有质量亏损，所以原子核的质量小于质子和中子的质量总和。故B错误；

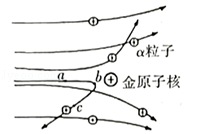
C、同一种元素的原子核有相同的质子数，但中子数可以不同，所以它们的质量数不同，被称为同位素。故C错误；

D、中子不带电，所以原子核的总电量等于质子的总电量。故D错误。

故选：A。

【点评】解决本题的关键知道重核裂变、轻核聚变都有质量亏损，向外放出能量。

**【例1.3】**（广东期末）如图，在α粒子散射实验中，图中实线表示α粒子的运动轨迹，假定金原子核位置固定，a、b、c为某条轨迹上的三个点，其中a、c两点距金原子核的距离相等（　　）



A．卢瑟福根据α粒子散射实验提出了能量量子化理论

B．大多数α粒子击中金箔后几乎沿原方向返回

C．从a经过b运动到c的过程中α粒子的电势能先减小后增大

D．α粒子经过a、c两点时动能相等

【分析】α粒子的散射实验说明了原子具有核式结构；α粒子在原子核形成的电场中运动时，电荷间的电场力做功，根据电场力做功情况，即可判断α粒子动能、电势能的变化情况。

【解答】解：A、α粒子的散射实验说明了原子具有核式结构，而普朗克提出能量量子化理论，故A错误；

B、根据α粒子散射现象可知，大多数α粒子穿过金箔后几乎沿原方向前进，只有当击中金箔时才有较大角度的偏转，故B错误；

C、α粒子受到斥力作用，根据电场力做功特点可知：从远处运动到近处过程中电场力做负功，电势能增加，所以α粒子的电势能先增大后减小，故C错误；

D、a、c两点距金原子核的距离相等，则α粒子经过a、c两点时动能相等，故D正确。

故选：D。

**【例1.4】**（遂宁期末）氢的三种同位素，分别是氕（H）、氘（H）和氚（H），下列说法正确的是（　　）

A．它们的质子数和核外电子数都相等

B．它们的质子数和中子数都相等

C．它们的核子数和中子数都相等

D．它们的中子数和核外电子数都相等

【分析】同位素具有相同的电荷数，中子数不同，核子数等于中子数和质子数之和，可知核子数不同。

【解答】解：A、氕（）、氘（）、氚（），具有相同的质子数，则核外电子数相同，故A正确；

B、氕（）、氘（）、氚（），具有相同的质子数，质量数不同，质量数等于质子数加中子数，则中子数不同，故B错误；

C、氕（）、氘（）、氚（），氢的三种同位素的核子数分别为1、2、3，中子数分别为0、1、2，所以它们的核子数和中子数都不相等，故C错误；

D、由于同位素的质子数和核外电子数相同，可知氢的三种同位素的核外电子数分别为1、2、3，中子数分别为0、1、2，所以它们的中子数和核外电子数都不相等，故D错误。

故选：A。

【点评】本题考查同位素，侧重概念的理解，把握“同”为质子数相同、核外电子数相同，但中子数不相同。

**2．原子的核式结构模型**

1911年，卢瑟福提出了自己的原子结构模型。他设想：原子中带正电部分的体积很小，但几乎占有全部质量，电子在正电体的外面运动。

**典例精讲**

**【例2.1】**（天津期末）一个原子核符号是Sr，关于这个原子核，下列说法中正确的是（　　）

A．核内有38个质子，有95个中子

B．核内有38个质子，有57个中子

C．核内有57个质子，有38个中子

D．核内有95个质子，有57个中子

【分析】掌握原子核的表示方法，知道38为电荷数，即核内的质子数；而95表示质量数，即质子数和中子数之和。

【解答】解：根据原子核的表示方法得质子数为38，质量数为95，故中子数为95﹣38＝57．故ACD错误，B正确

故选：B。

**【例2.2】**（宿迁期末）对原子的认识，错误的是（　　）

A．原子由原子核和核外电子组成

B．原子核的质量就是原子的质量

C．原子核的电荷数就是核中的质子数

D．原子序数等于核电荷与电子电荷大小的比值

【分析】原子由原子核与核外电子组成，原子核由质子与中子组成。

【解答】解：A、原子由原子核和核外电子组成，故 A正确

B、原子核的质量与电子的质量和就是原子的质量，故B错误

C、原子核的电荷数就是核中的质子数，故C正确

D、原子序数等于核电荷与电子电荷大小的比值，故D正确。

本题选错误的，故选：B。

**【例2.3】**（上海）原子核内部有（　　）

A．质子 B．α粒子 C．电子 D．光电子

【分析】根据原子核的微观结构以及组成分析解答即可。

【解答】解：原子核是由核子组成的，核子包括质子与中子。所以质子是原子核的组成部分，α粒子、电子光电子都表示原子核的组成部分，故A正确，BCD错误

故选：A。

**【例2.4】**（离石区校级期末）氢有三种同位素，分别是氕（H）、氘（H）、氚（H），则下列说法中正确的是（　　）

A．它们的质子数相等 B．它们的核外电子数相等

C．它们的核子数相等 D．它们的化学性质相同

【分析】同位素具有相同的电荷数，中子数不同，核子数等于中子数和质子数之和，可知核子数不同。

【解答】解：AB、具有相同的质子数，核外电子数相同，故AB正确

C、质量数不同，质量数等于核子数，故C错误

D、同位素原子的最外层电子数相同，则同一元素的各种同位素的化学性质相同，故D正确

故选：ABD。

**三、玻尔原子模型**

**1．氢原子光谱**

⑴ 经典理论的困难

① 按照经典物理学，核外电子受到原子核的库仑引力的作用，不可能是静止的，它一定在以一定的速度绕核运动。既然电子在做周期性运动，它的电磁场就在周期性地变化，而周期性变化的电磁场会激发电磁波。也就是说，它将把自己绕核转动的能量以电磁波的形式辐射出去。因此，电子绕核转动这个系统是不稳定的，电子会失去能量，最后一头栽到原子核上。但事实不是这样，原子是个很稳定的系统。

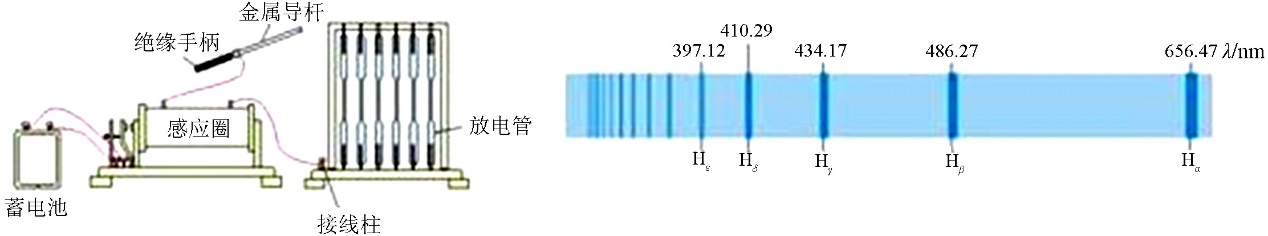
② 根据经典电磁理论，电子辐射电磁波的频率，就是它绕核转动的频率。电子越转能量越小，它离原子核就越来越近，转的也就越来越快。这个变化是连续的，也就是说，我们应该看到原子辐射的各种频率的光，即原子的光谱应该总是连续的，而实际上看到的是分立的线状谱。

⑵ 光谱

用光栅和棱镜可以把各种颜色的光按波长展开，获得光的波长（频率）和强度分布的记录，即光谱。用摄谱仪可以得到光谱的照片，有些光谱是一条条的亮线，这样的光谱叫做线状谱；有些光谱看起来是连在一起的光带，这样的光谱叫做连续谱。

⑶ 氢原子光谱

玻璃管中稀薄气体的分子在强电场的作用下会电离，成为自由移动的正负电荷，于是气体变成导体，导电时会发光。这样的装置叫做气体放电管。从氢气放电管可以获得氢原子光谱。



1885年，巴耳末对当时已知的，在可见光区的四条谱线做了分析，发现这些谱线的波长能够用一个公式表示，如果采用波长的倒数，这个公式可以写做

 、、

式中叫做里德伯常量，实验测得的值为。

**典例精讲**

**【例1.1】**（綦江区校级月考）氢原子光谱在可见光区域内有四条谱线Hα、Hβ、Hγ、Hδ，都是氢原子中电子从量子数n＞2的能级跃迁到n＝2的能级发出的光，它们在真空中的波长由长到短，可以判定（　　）

A．Hα对应的前后能级之差最小

B．Hα的粒子性最显著

C．Hδ的频率最大

D．用Hγ照射某一金属能发生光电效应，则Hβ也一定能

【分析】由波长与频率关系，可判定四条谱线的频率高低，从而确定其的能量大小，再结合跃迁过程中，释放能量即为前后能级之差，并由能量大小，来判定频率的高低；最后依据入射光的频率不小于极限频率时，才会发生光电效应现象。

【解答】解：A、四条谱线Hα、Hβ、Hγ和Hδ，在真空中的波长由长到短，根据γ，可知，四条谱线Hα、Hβ、Hγ和Hδ的能量也是由小到大，

而△E＝Em﹣En＝hγ，则Hα对应的前后能级之差最小，故A正确；

B、Hα的波长最大，则频率最小，粒子性最弱。故B错误；

C、Hδ的波长最小，则频率最大，故C正确；

D、若用Hγ照射某一金属能发生光电效应，由于Hβ的能量小于Hγ，即Hβ的频率小于Hγ，依据光电效应发生条件，其入射频率不小于极限频率则Hβ不一定能，故D错误；

故选：AC。

**【例1.2】**（大名县校级月考）有关氢原子光谱的说法正确的是（　　）

A．氢原子的光谱是连续谱

B．氢原子光谱说明氢原子只发出特定频率的光

C．氢原子光谱说明氢原子能级是分立的

D．巴耳末公式反映了氢原子辐射电磁波波长的连续特性

【分析】氢原子的光谱是由一些不连续的亮线组成的；氢原子光谱说明氢原子只发出特定频率的光；氢原子光谱说明氢原子能级是分立的；巴耳末公式反映了氢原子辐射电磁波波长的不连续特性。

【解答】解：A、氢原子的光谱是由一些不连续的亮线组成的，不是连续谱。故A错误；

B、氢原子光谱说明氢原子只发出特定频率的光，故B正确；

C、氢原子光谱说明氢原子能级是分立的，故C正确；

D、巴耳末公式反映了氢原子辐射电磁波波长的不连续特性，故D错误。

故选：BC。

**【例1.3】**（七星区校级期中）电子的运动受波动性的支配，对于氢原子的核外电子，下列说法不正确的是（　　）

A．氢原子的核外电子可以用确定的坐标描述它们在原子中的位置

B．电子绕核运动时，可以运用牛顿运动定律确定它的轨道

C．电子绕核运动的“轨道”其实是没有意义的

D．电子轨道只不过是电子出现的概率比较大的位置

【分析】最新的原子理论指出，原子中电子不能用确定的坐标描述，但是它们在空间各处出现的几率是有一定规律的，是一种概率波．描述电子在原子核外空间的一定轨道上绕核做高速圆周运动的原子模型是玻尔原子模型．

【解答】解：AB、微观粒子的波动性是一种概率波，对应微观粒子的运动，牛顿运动定律已经不适用了，所以氢原子的核外电子不能用确定的坐标描述它们在原子中的位置，故AB不正确；

CD、电子的“轨道”其实是没有意义的，电子轨道只不过是电子出现的概率比较大的位置，故CD正确；

本题选择错误的，故选：AB。

**【例1.4】**（东湖区校级月考）下列说法中正确的是（　　）

A．氢原子吸收一个光子跃迁到激发态后，在向低能级跃迁时，辐射出光子的频率可能小于原吸收光子的频率

B．Th（钍）核衰变为Pa（镤）核时，衰变前Th核质量大于衰变后Pa核与β粒子的总质量

C．α粒子散射实验的结果证明原子核是由质子和中子组成的

D．原子核的比结合能越大，则原子核中核子的平均质量（原子核的质量除以核子数）就越大，平均每个核子的质量亏损就越多，原子核越稳定

【分析】氢原子由激发态向低能级跃迁时放出光子的种类可能不止一种，故放出光子的频率不一定等于入射光子的频率；核反应过程中质量数守恒但反应前后存在质量亏损；α粒子散射实验的结果证明原子的核式结构；原子核的比结合能越大，则原子核中核子的平均质量（原子核的质量除以核子数）越小。

【解答】解：A、氢原子吸收一个光子跃迁到激发态后，在向低能级跃迁时放出光子的种类可能不止一种，故放出光子的频率不一定等于入射光子的频率。故A正确；

B、核反应过程中质量数守恒但反应前后存在质量亏损。根据爱因斯坦质能方程，亏损的质量转化为能量。故B正确；

C、α粒子散射实验的结果证明原子的核式结构，故C错误；

D、原子核的比结合能越大，则原子核中核子的平均质量（原子核的质量除以核子数）越小，故D错误。

故选：AB。

#### 2．玻尔的原子模型

⑴ 轨道量子化与定态

首先，玻尔认为原子中的电子在库仑引力的作用下绕原子核做圆周运动，服从经典力学的规律。但不同的是：

① 电子的轨道是量子化的

电子的轨道半径不是任意的，只能取某些分立的数值，电子在这些轨道上绕核的转动是稳定的，不产生电磁辐射。

② 原子的能量也是量子化的

当电子处在不同的轨道上运动时，原子处于不同的状态，在不同的状态下原子有不同的能量。这些量子化的能量值，叫做能级。

这些具有确定能量的稳定状态，叫做定态。

能量最低的状态叫做基态，其他的状态叫做激发态。

⑵ 频率条件

①原子由一个能量态变为另一个能量态的过程，称为跃迁。这里的“跃”字，包含着“不连续”的意思。

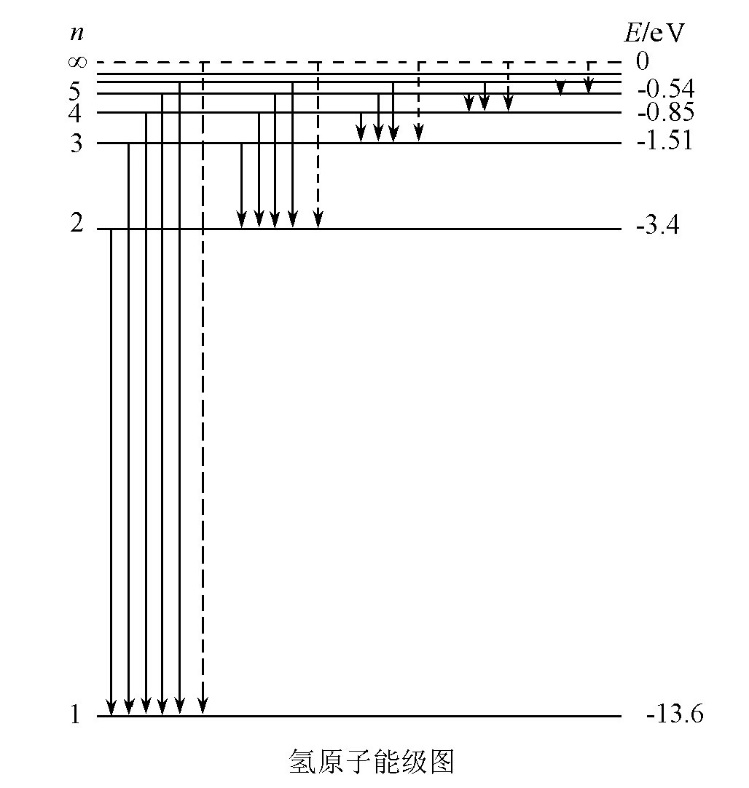
②当原子从高能态（能量为）跃迁到低能态（能量为）时，会放出能量为的光子。这个光子的能量由前后两个能级的能量差决定，即。这个式子称为频率条件，又称辐射条件。

③当原子吸收光子时，会从低能态跃迁到高能态，吸收光子的能量同样由频率条件决定。（只有能量等于两能级间能量差的特定光子才能被吸收）

⑶ 玻尔理论对氢光谱的解释

从玻尔的基本假设出发，运用经典电磁学和经典力学的理论，可以计算氢原子中电子的可能轨道半径及相应的能量。

按照玻尔理论可以推导出巴耳末公式，并从理论上算出里德伯常数，这样得到的结果与实验值符合的很好。同样，玻尔理论也能很好地解释甚至预言氢原子的其他谱线系。



是能量单位，代表一个电子经1伏特电场加速后获得的动能，。

**3．玻尔模型的局限性**

玻尔的原子理论第一次将量子观念引入原子领域，成功解释了氢原子光谱的实验规律。但对于稍微复杂一点的原子如氦原子，玻尔理论就无法解释它的光谱现象。这说明玻尔理论还没有完全揭示微观粒子运动的规律。它的不足之处在于保留了经典粒子的观念，仍然把电子的运动看做经典力学描述下的轨道运动。

**随堂练习**

**一．选择题（共10小题）**

1．（沙坪坝区校级期中）下图为α粒子散射实验的原子核和两个α粒子的径迹，其中符合物理原理的是（　　）

A． B．

C． D．

2．（南开区一模）下列关于物质结构的叙述不正确的是（　　）

A．质子的发现表明了原子核是由质子和中子组成的

B．天然放射性现象的发现表明了原子核内部是有复杂结构的

C．电子的发现表明了原子内部是有复杂结构的

D．α粒子散射实验是原子核式结构模型的实验基础

3．（青浦区二模）为卢瑟福提出原子核式结构模型提供依据的实验是（　　）

A．α粒子散射实验 B．光电效应实验

C．α粒子轰击氮核实验 D．α粒子轰击铍核实验

4．（新疆模拟）根据卢瑟福提出的原子核式结构模型解释α粒子散射实验，使少数α粒子发生大角度偏转的作用力是金原子核对α粒子的（　　）

A．库伦斥力 B．库伦引力 C．万有引力 D．核力

5．（赤峰模拟）氢原子从n＝6跃迁到n＝1能级时辐射出频率为Y1的光子，从n＝5跃迁到n＝1能级时辐射出频率为Y2的光子，下列说法正确的是（　　）

A．频率为Y1与频率为Y2的光子的能量相等

B．频率为Y1的光子的能量较小

C．Y1光子比Y2光子的波动性更显著

D．做光电效应实验时，频率为Y1的光产生的光电子的最大初动能较大

6．（章贡区校级模拟）以下关于近代物理内容的叙述中，正确的是（　　）

A．原子核发生一次β衰变，该原子外层就一定失去一个电子

B．天然放射现象中发出的α、β、γ三种射线本质都是电磁波

C．对不同的金属，若照射光频率不变，光电子的最大初动能与金属逸出功成线性关系

D．根据玻尔原子理论，一群氢原子从第3能级向低能级跃迁过程会发出6种不同频率的光子

7．（合肥二模）下列说法正确的是（　　）

A．中子与质子结合成氘核时吸收能量

B．卢瑟福的α粒子散射实验证明了原子核是由质子和中子组成的

C．入射光照射到某金属表面发生光电效应，若仅减弱该光的强度，则仍可能发生光电效应

D．根据玻尔理论，氢原子的电子由外层轨道跃迁到内层轨道，原子的能量减少，电子的动能增加

8．（罗庄区校级月考）下列说法中正确的是（　　）

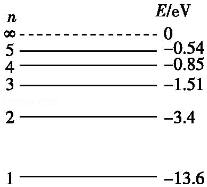
A．发生a衰变时，新核与原来的原子核相比，中子数减少了4

B．用不可见光照射金属一定比用可见光照射同种金属产生的光电子的初动能大

C．由玻尔理论可知，氢原子辐射出一个光子后，其电势能减小，核外电子的动能增大，原子总能量不变

D．比结合能小的原子核结合成或分解成比结合能大的原子核时一定放出核能

9．（红塔区校级月考）图为氢原子的能级示意图。关于氢原子跃迁，下列说法中不正确的是（　　）



A．一群处于量子数n＝5激发态的氢原子，它向低能级跃迁时，最多可产生10种不同频率的光子

B．处于n＝3激发态的氢原子吸收具有1.87 eV能量的光子后被电离

C．用12 eV的光子照射处于基态的氢原子，氢原子仍处于基态

D．氢原子从高能级向低能级跃迁时，动能增大，电势能增大

10．（浙江模拟）下列说法正确的是（　　）

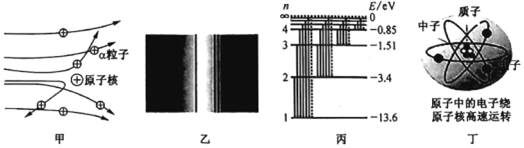
A．原子核的结合能越大，原子核越稳定

B．某些原子核能够放射出β粒子，说明原子核内有β粒子

C．核泄漏污染物Cs能够产生对人体有害的辐射，核反应方程式为Cs→Ba+X，X为电子

D．若氢原子从n＝6能级向n＝1能级跃迁时辐射出的光不能使某金属发生光电效应，则氢原子从n＝6能级向n＝2能级跃迁时辐射出的光能可能使该金属发生光电效应

**二．多选题（共3小题）**

11．（灵丘县期末）下列关于四幅图的描述正确的是（　　）

A．图甲：卢瑟福通过分析α粒子散射实验结果，发现了质子和中子

B．图乙：原子的特征谱线，由于原子光谱只与原子结构有关，因此可以把某种原子的光谱当作该原子的“指纹”来进行光谱分析

C．图丙：玻尔理论指出氢原子能级是分立的，所以原子发射光子的频率也是不连续的

D．图丁：原子中的电子绕原子核高速运转时，运行轨道的半径是任意的

12．（黔南州期末）下列说法中正确的是（　　）

A．黑体辐射电磁波的强度按波长的分布只与黑体的温度有关

B．按照波尔理论，氢原子核外电子从半径较大的轨道跃迁到半径较小的轨道时，电子的动能增加，原子的能量减小

C．在相同速率情况下，利用质子流比利用电子流制造的显微镜将有更高的分辨率

D．对于同种金属产生光电效应时，逸出光电子的最大初动能Ek与入射光的频率成正比

E．粒子散射实验表明了原子核具有复杂的结构

13．（花溪区校级月考）相对论和量子理论是现代物理学两大支柱。量子理论的核心观念是“不连续”。关于量子理论，以下说法正确的是；（　　）

A．普朗克为解释黑体辐射，首先提出“能量子”的概念，他被称为“量子之父”

B．爱因斯坦实际上是利用量子观念和能量守恒解释了光电效应

C．康普顿效应证明光具有动量，证明光具有波动性

D．玻尔的能量量子化和电子轨道量子化的观点和现代量子理论是一致的

**三．计算题（共2小题）**

14．（锡山区校级期中）有大量的氢原子吸收某种频率的光子后从基态跃迁到n＝3的激发态，已知氢原子的能级公式：En（n＝1，2，3，L），氢原子处于基态时的能量为E1。

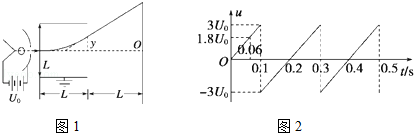
（1）则吸收光子的频率v是多少？

（2）当这些处于激发态的氢原子向低能级跃迁发光时，可发出几条谱线？辐射光子的能量分别为多少？

15．（西区校级月考）在氢光谱中，氢原子的核电子从量子数n大于2的轨道跃迁到n＝2的轨道上，产生的光谱谱线叫巴耳末线系。试根据玻尔原子理论，求氢原子的核外电子从第3能级跃迁到第2能级时，放出的光子的能量和波长。已知氢原子第一能级的能量E1＝﹣13.6ev，普朗克常量h＝6.63×10﹣34J•s，光在真空中的传播速度C＝3.0×108m/s。

**四．解答题（共2小题）**

16．（望城县校级期中）如图1所示，热电子由阴极飞出时的初速度忽略不计，电子发射装置的加速电压为U0，电容器板长和板间距离均为L＝10cm，下极板接地，电容器右端到荧光屏的距离也是L＝10cm，在电容器两极板间接一交变电压，上极板的电势随时间变化的图象如图2所示．（每个电子穿过平行板的时间都极短，可以认为电子穿过平行板的过程中电压是不变的）求：



（1）电子在刚进入偏转电场时的速度，（用电子质量m，电量q，电压U0表示）

（2）在t＝0.06s时刻，电子打在荧光屏上的何处；

（3）荧光屏上有电子打到的区间有多长？

17．（渭滨区校级期末）设氢原子处于基态时电子的轨道半径为r1，动能为Ek1，处于第n能级时电子的轨道半径为rn，动能为Ekn，已知rn＝n2r1，试用库伦定律和牛顿运动定律证明：Ekn．

**随堂练习**

**参考答案与试题解析**

**一．选择题（共10小题）**

1．（沙坪坝区校级期中）下图为α粒子散射实验的原子核和两个α粒子的径迹，其中符合物理原理的是（　　）

A． B．

C． D．

【分析】在卢瑟福α粒子散射实验中，大多数粒子沿直线前进，少数粒子辐射较大角度偏转，极少数粒子甚至被弹回。

【解答】解：α粒子在靠近金原子核时，离核越近，所受库仑斥力越大，偏转角度越大，故C正确，ABD错误；

故选：C。

2．（南开区一模）下列关于物质结构的叙述不正确的是（　　）

A．质子的发现表明了原子核是由质子和中子组成的

B．天然放射性现象的发现表明了原子核内部是有复杂结构的

C．电子的发现表明了原子内部是有复杂结构的

D．α粒子散射实验是原子核式结构模型的实验基础

【分析】天然放射现象说明原子核内部有复杂结构；α粒子散射实验说明了原子的核式结构模型，汤姆生发现电子知原子内部有复杂结构。

【解答】解：A、质子的发现与原子核是由质子和中子组成的没有关联，故A不正确；

B、天然放射现象说明原子核内部有复杂结构，故B正确；

C、汤姆生发现电子，知道原子还可以再分，表明了原子内部是有复杂结构的，故C正确；

D、α粒子散射实验说明原子的核式结构模型，故D正确；

本题选择不正确的，故选：A。

3．（青浦区二模）为卢瑟福提出原子核式结构模型提供依据的实验是（　　）

A．α粒子散射实验 B．光电效应实验

C．α粒子轰击氮核实验 D．α粒子轰击铍核实验

【分析】根据物理学史和常识解答，记住著名物理学家的主要贡献即可。

【解答】解：A、卢瑟福根据α粒子散射实验的现象，提出了原子核式结构模型，故A正确；

B、光电效应实验说明光具有粒子性，故B错误；

CD、都是人工转变的核反应，故CD错误。

故选：A。

4．（新疆模拟）根据卢瑟福提出的原子核式结构模型解释α粒子散射实验，使少数α粒子发生大角度偏转的作用力是金原子核对α粒子的（　　）

A．库伦斥力 B．库伦引力 C．万有引力 D．核力

【分析】这是因为原子核带正电荷且质量很大，α粒子也带正电荷，由于同种电荷相互排斥库仑力和α粒子被质量较大的原子核弹回。

【解答】解：α粒子和电子之间有相互作用力，它们接近时就有库仑引力作用，但由于电子的质量只有α粒子质量的，粒子与电子碰撞就像一颗子弹与一个灰尘碰撞一样，α粒子质量大，其运动方向几乎不改变，只有是原子核对α粒子的库仑斥力，其力较大，且原子核质量较大，导致极少数α粒子发生大角度偏转，故A正确，BCD错误。

故选：A。

5．（赤峰模拟）氢原子从n＝6跃迁到n＝1能级时辐射出频率为Y1的光子，从n＝5跃迁到n＝1能级时辐射出频率为Y2的光子，下列说法正确的是（　　）

A．频率为Y1与频率为Y2的光子的能量相等

B．频率为Y1的光子的能量较小

C．Y1光子比Y2光子的波动性更显著

D．做光电效应实验时，频率为Y1的光产生的光电子的最大初动能较大

【分析】能级间跃迁辐射光子的能量等于能级之差，根据能级差的大小比较光子能量，从而比较出光子的频率。频率大，波长小，并由，即可确定波长的长短，最后根据光电效应方程，得出光的频率与光电子最大初动能关系。

【解答】解：AB、氢原子从n＝6的能级跃迁到n＝1的能级的能级差大于从n＝5的能级跃迁到n＝1的能级时的能极差，根据Em﹣En＝hγ，知，频率为Y1的光子的能量大于频率为Y2的光子的能量，故AB错误；

C、由，可知，Y1光子的波长比Y2光子小，因此Y2光子的波动性更显著，故C错误；

D、做光电效应实验时，由光电效应方程，Ekm＝hγ﹣W，频率越高的，光电子的最大初动能增大，因此频率为Y1的光产生的光电子的最大初动能较大，故D正确；

故选：D。

6．（章贡区校级模拟）以下关于近代物理内容的叙述中，正确的是（　　）

A．原子核发生一次β衰变，该原子外层就一定失去一个电子

B．天然放射现象中发出的α、β、γ三种射线本质都是电磁波

C．对不同的金属，若照射光频率不变，光电子的最大初动能与金属逸出功成线性关系

D．根据玻尔原子理论，一群氢原子从第3能级向低能级跃迁过程会发出6种不同频率的光子

【分析】根据光电效应的条件判断不能发生光电效应的原因；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；根据光电效应方程Ekm＝hv﹣W0进行分析；根据玻尔理论分析。

【解答】解：A、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A错误；

B、天然放射现象的射线中，只有γ射线是电磁波，α射线是氦核，β射线是高速的电子流，故B错误；

C、根据爱因斯坦光电效应方程Ekm＝hγ﹣W0，对于不同种金属，若照射光频率不变，Ek与金属的逸出功成线性关系，故C正确；

D、大量的氢原子从第4能级向低能级跃迁时会发出3种不同频率的光子，故D错误；

故选：C。

7．（合肥二模）下列说法正确的是（　　）

A．中子与质子结合成氘核时吸收能量

B．卢瑟福的α粒子散射实验证明了原子核是由质子和中子组成的

C．入射光照射到某金属表面发生光电效应，若仅减弱该光的强度，则仍可能发生光电效应

D．根据玻尔理论，氢原子的电子由外层轨道跃迁到内层轨道，原子的能量减少，电子的动能增加

【分析】卢瑟福的α粒子散射实验揭示了原子的核式结构模型；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；中子与质子结合成氘核的过程中有质量亏损，释放能量；电子绕核运动时，半径减小，电场力做正功，势能减小，总能量减小；根据库仑力提供向心力可分析动能变化。

【解答】解：A、中子与质子结合成氘核的过程中有质量亏损，释放能量，故A错误；

B、卢瑟福的α粒子散射实验揭示了原子的核式结构模型，故B错误；

C、根据光电效应方程知，EKM＝hγ﹣W0知，入射光的频率不变，若仅减弱该光的强度，则仍一定能发生光电效应，故C正确；

D、电子由外层轨道跃迁到内层轨道时，放出光子，总能量减小；根据km，可知半径越小，动能越大，故D正确；

故选：D。

8．（罗庄区校级月考）下列说法中正确的是（　　）

A．发生a衰变时，新核与原来的原子核相比，中子数减少了4

B．用不可见光照射金属一定比用可见光照射同种金属产生的光电子的初动能大

C．由玻尔理论可知，氢原子辐射出一个光子后，其电势能减小，核外电子的动能增大，原子总能量不变

D．比结合能小的原子核结合成或分解成比结合能大的原子核时一定放出核能

【分析】当入射光的频率大于金属的极限频率，则可发生光电效应，根据光电效应方程判断光电子最大初动能与什么因素有关；根据电荷数守恒、质量数守恒得出质量数和电荷数的变化，从而得出中子数的变化；由高能级向低能级跃迁，辐射光子，根据轨道半径的变化判断动能的变化，根据能量和动能的变化判断电势能的变化；比结合能小的原子核结合成或分解成比结合能大的原子核时，根据爱因斯坦质能方程判断是释放核能还是吸收能量。

【解答】解：A、发生α衰变时，电荷数少2，质量数少4，知中子数少2．故A错误。

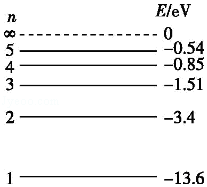
B、根据爱因斯坦光电效应方程Ekm＝hγ﹣W0，入射光的频率越大，光电子的最大初动能也越大；不可见光的频率有比可见光大的，也有比可见光小的。故B错误。

C、由玻尔理论可知，氢原子的核外电子由较高能级跃迁到较低能级时，要释放一定频率的光子，能量减小，轨道半径减小，根据km 知，电子的动能增大，由于能量等于电子动能和电势能的总和，则电势能减小。故C错误。

D、比结合能小的原子核结合成或分解成比结合能大的原子核时会出现质量亏损，根据爱因斯坦质能方程得知，一定释放核能。故D正确。

故选：D。

9．（红塔区校级月考）图为氢原子的能级示意图。关于氢原子跃迁，下列说法中不正确的是（　　）



A．一群处于量子数n＝5激发态的氢原子，它向低能级跃迁时，最多可产生10种不同频率的光子

B．处于n＝3激发态的氢原子吸收具有1.87 eV能量的光子后被电离

C．用12 eV的光子照射处于基态的氢原子，氢原子仍处于基态

D．氢原子从高能级向低能级跃迁时，动能增大，电势能增大

【分析】根据向低能级跃迁时，一群原子可以发出 种不同频率的光子，若一个氢原子时需根据可能性分析；求出原子吸收光子后跃迁的最高能级，能级差最小的放出的光子能量最小，从而即可求解。

【解答】解：A、一群处于n＝5激发态的氢原子，依据C10，向低能级跃迁时最多可发出种10不同频率的光，故A正确；

B、处于n＝3激发态的氢原子的能级为﹣1.51eV，它吸收具有1.87eV＞1.51eV能量的光子后被电离，故B正确；

C、处于基态的氢原子若吸收一个12eV的光子后的能量为：﹣13.6eV+12eV＝﹣1.6eV．由于不存在该能级，所以用12eV的光子照射处于基态的氢原子时，电子不可能跃迁到n＝2能级，故C正确；

D、氢原子中的电子从高能级向低能级跃迁时轨道半径减小，该过程中电场力做正功，电势能减小；

根据，可知动能增大，故D不正确。

本题选择不正确的，故选：D。

10．（浙江模拟）下列说法正确的是（　　）

A．原子核的结合能越大，原子核越稳定

B．某些原子核能够放射出β粒子，说明原子核内有β粒子

C．核泄漏污染物Cs能够产生对人体有害的辐射，核反应方程式为Cs→Ba+X，X为电子

D．若氢原子从n＝6能级向n＝1能级跃迁时辐射出的光不能使某金属发生光电效应，则氢原子从n＝6能级向n＝2能级跃迁时辐射出的光能可能使该金属发生光电效应

【分析】根据衰变的本质分析；根据核反应的过程中质量数守恒与电荷数守恒判断；依据比结合能越大，原子核越稳定；根据光电效应方程结合光电效应的条件即可分析。

【解答】解：A、原子核的比结合能越大，原子核越稳定，故A错误；

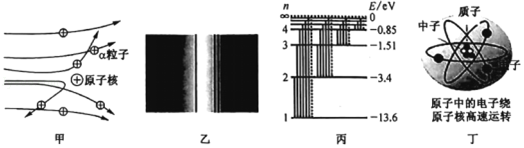
B、原子核能够放射出β粒子，是由于原子核内发生β衰变，其中的中子转化为质子而放出的电子，故B错误；

C、根据量子说守恒与电荷数守恒可知，核反应方程式Cs→Ba+X中，可以判断X的质量数为0，电荷数为：z＝55﹣56＝﹣1，所以X为电子，故C正确；

D、根据玻尔理论可知，氢原子从n＝6能级向n＝1能级跃迁时减小的能量大于氢原子从n＝6能级向n＝2能级跃迁时减小的能量，所以氢原子从n＝6能级向n＝1能级跃迁时辐射出的光子的能量大于氢原子从n＝6能级向n＝2能级跃迁时辐射出的光的能量，根据光电效应发生的条件可知，若氢原子从n＝6能级向n＝1能级跃迁时辐射出的光不能使某金属发生光电效应，则氢原子从n＝6能级向n＝2能级跃迁时辐射出的光也不能使该金属发生光电效应，故D错误。

故选：C。

**二．多选题（共3小题）**

11．（灵丘县期末）下列关于四幅图的描述正确的是（　　）

A．图甲：卢瑟福通过分析α粒子散射实验结果，发现了质子和中子

B．图乙：原子的特征谱线，由于原子光谱只与原子结构有关，因此可以把某种原子的光谱当作该原子的“指纹”来进行光谱分析

C．图丙：玻尔理论指出氢原子能级是分立的，所以原子发射光子的频率也是不连续的

D．图丁：原子中的电子绕原子核高速运转时，运行轨道的半径是任意的

【分析】每种原子都有自己的特征谱线，故光谱分析可鉴别物质。玻尔理论指出氢原子能级是分立的，所以原子发射光子的频率也是不连续的；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；根据玻尔理论知道，运行轨道的半径是定态的。

【解答】解：A、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，发现质子，中子是查德韦克发现的，故A错误；

B、每种原子都有自己的特征谱线，故可以根据原子光谱来鉴别物质的成分，故B正确；

C、玻尔理论指出氢原子能级是分立的，所以原子发射光子的频率也是不连续的，故C正确；

D、由玻尔理论知道，电子的轨道不是任意的，电子有确定的轨道，故D错误；

故选：BC。

12．（黔南州期末）下列说法中正确的是（　　）

A．黑体辐射电磁波的强度按波长的分布只与黑体的温度有关

B．按照波尔理论，氢原子核外电子从半径较大的轨道跃迁到半径较小的轨道时，电子的动能增加，原子的能量减小

C．在相同速率情况下，利用质子流比利用电子流制造的显微镜将有更高的分辨率

D．对于同种金属产生光电效应时，逸出光电子的最大初动能Ek与入射光的频率成正比

E．粒子散射实验表明了原子核具有复杂的结构

【分析】A、黑体辐射时波长越短，温度越高时，其辐射强度越强；

B、氢原子核外电子轨道半径越大则能量越大；

C、相同速率情况下，质量越大的，动量越大，则波长越小，衍射现象不明显，则分辨率高；

D、根据光电效应方程，Ek＝hγ﹣W，可知，最大初动能 Ek与照射光的频率的关系，动能越小；

E、粒子散射实验说明原子具有核式结构．

【解答】解：A、由黑体辐射规律可知，辐射电磁波的强度按波长的分布只与黑体的温度有关，故A正确；

B、库仑力对电子做正功，所以动能变大，电势能变小（电势能转为动能）而因为放出了光子，总能量变小，故B正确；

C、相同速率情况下，质子流的动量大于电子流，根据λ，可知质子流的波长比利用电子流小，衍射现象不明显，则有更高的分辨率，故C正确；

D、根据光电效应方程，Ek＝hγ﹣W，可知，逸出光电子的最大初动能 Ek与照射光的频率成线性关系。故D错误。

E、粒子散射实验说明原子具有核式结构，不能说明原子核具有复杂结构，故E错误；

故选：ABC。

13．（花溪区校级月考）相对论和量子理论是现代物理学两大支柱。量子理论的核心观念是“不连续”。关于量子理论，以下说法正确的是；（　　）

A．普朗克为解释黑体辐射，首先提出“能量子”的概念，他被称为“量子之父”

B．爱因斯坦实际上是利用量子观念和能量守恒解释了光电效应

C．康普顿效应证明光具有动量，证明光具有波动性

D．玻尔的能量量子化和电子轨道量子化的观点和现代量子理论是一致的

【分析】普朗克通过研究黑体辐射提出能量子的概念，成为量子力学的奠基人之一，玻尔原子理论成功地解释了氢原子光谱的实验规律，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；康普顿效应表明光子除了具有能量之外还具有动量；不确定关系告诉我们电子的动量是不能准确测量的。

【解答】解：A、普朗克为解释黑体辐射，首先提出“能量子”的概念，他被称为“量子之父”，故A正确；

B、爱因斯坦实际上是利用量子观念和能量守恒解释了光电效应，故B正确；

C、康普顿效应表明光子具有动量，证明光有粒子性，故C错误；

D、玻尔原子理论第一次将量子观念引入原子领域，提出了定态和跃迁的概念，成功地解释了氢原子光谱的实验规律，且只能解释氢原子光谱，与现代的量子理论不一致的，故D错误；

故选：AB。

**三．计算题（共2小题）**

14．（锡山区校级期中）有大量的氢原子吸收某种频率的光子后从基态跃迁到n＝3的激发态，已知氢原子的能级公式：En（n＝1，2，3，L），氢原子处于基态时的能量为E1。

（1）则吸收光子的频率v是多少？

（2）当这些处于激发态的氢原子向低能级跃迁发光时，可发出几条谱线？辐射光子的能量分别为多少？

【分析】（1）根据Em﹣En＝hv求出吸收光子的频率；

（2）根据数学组合公式 求出氢原子可能发射不同频率光子的种数，再由第（1）公式，即可求解辐射光子的能量。

【解答】解：（1）据跃迁理论：E3﹣E1＝hv，

而E3，

解得：v。

（2）由于是大量原子，可从n＝3跃迁到n＝1，

从从n＝3跃迁到从n＝2，再从从n＝2跃迁到从n＝1，故应有三条谱线，

光子能量分别为△E1＝E3﹣E1，

△E2＝E3﹣E2，

△E3＝E2﹣E1，

即△E1，

△E2，

△E3。

答：（1）则吸收光子的频率v是；

（2）当这些处于激发态的氢原子向低能级跃迁发光时，可发出3条谱线，辐射光子的能量分别为，，。

15．（西区校级月考）在氢光谱中，氢原子的核电子从量子数n大于2的轨道跃迁到n＝2的轨道上，产生的光谱谱线叫巴耳末线系。试根据玻尔原子理论，求氢原子的核外电子从第3能级跃迁到第2能级时，放出的光子的能量和波长。已知氢原子第一能级的能量E1＝﹣13.6ev，普朗克常量h＝6.63×10﹣34J•s，光在真空中的传播速度C＝3.0×108m/s。

【分析】能级间跃迁辐射或吸收的能量等于两能级间的能级差，能级差越大，辐射的光子频率越高，波长越小，从而即可求解。

【解答】解：设从第3能级跃迁到第2能级时释放出的光子的能量为E，波长为λ，则有：

E＝E3﹣E2＝E1（），

且E；

代入数据解得：

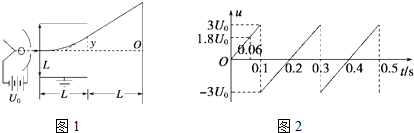
E＝1.89eV，

则有：λ＝6.58×10﹣7m；

答：氢原子的核外电子从第3能级跃迁到第2能级时，放出的光子的能量1.89eV和波长为6.58×10﹣7m。

**四．解答题（共2小题）**

16．（望城县校级期中）如图1所示，热电子由阴极飞出时的初速度忽略不计，电子发射装置的加速电压为U0，电容器板长和板间距离均为L＝10cm，下极板接地，电容器右端到荧光屏的距离也是L＝10cm，在电容器两极板间接一交变电压，上极板的电势随时间变化的图象如图2所示．（每个电子穿过平行板的时间都极短，可以认为电子穿过平行板的过程中电压是不变的）求：



（1）电子在刚进入偏转电场时的速度，（用电子质量m，电量q，电压U0表示）

（2）在t＝0.06s时刻，电子打在荧光屏上的何处；

（3）荧光屏上有电子打到的区间有多长？

【分析】（1）根据动能定理求出电子刚进入偏转电场时的速度．

（2）电子在偏转电场中做类平抛运动，根据偏转电压求出加速度，结合垂直电场方向做匀速直线运动求出运动的时间，从而得出偏转位移与偏转电压的关系，得出偏转位移的大小．根据粒子出偏转电场时反向延长线经过中轴线的中点，结合相似三角形求出打在光屏上的位置．

（3）通过第（2）问中偏转位移与偏转电压的关系得出在电场中的最大偏转位移，从而通过相似三角形，结合几何关系求出得出电子打到光屏上的区间长度．

【解答】解：（1）设电子经电压U0加速后的速度为v，根据动能定理得：

qU0mv2

所以v．

（2）经偏转电场偏转后偏移量yat2••（）2

所以y，

由题图知t＝0.06 s时刻U偏＝1.8U0，

代入数据解得y＝4.5 cm．

设打在屏上的点距O点距离为Y，

根据相似三角形得，

代入数据解得Y＝13.5 cm．

（2）由题知电子偏移量y的最大值为，所以当偏转电压超过2U0时，电子就打不到荧光屏上了．

则在偏转电场中的最大偏移为．

根据得，Y

所以荧光屏上电子能打到的区间长为2Y＝3L＝30 cm．

答：（1）电子在刚进入偏转电场时的速度为．

（2）打在屏上的点位于O点正上方，距O点13.5 cm

（3）荧光屏上有电子打到的区间有30 cm．

17．（渭滨区校级期末）设氢原子处于基态时电子的轨道半径为r1，动能为Ek1，处于第n能级时电子的轨道半径为rn，动能为Ekn，已知rn＝n2r1，试用库伦定律和牛顿运动定律证明：Ekn．

【分析】通过电子在轨道上受库仑引力作用做匀速圆周运动，由库仑定律和牛顿第二定律推导出电子的动能大小，从而得知 电子动能与量子数的关系．

【解答】证明：电子在轨道上受库仑引力作用做匀速圆周运动，由库仑定律和牛顿第二定律得，

电子的动能∝

又已知

得，

即．

证毕．