## 能量量子化

## 知识点：能量量子化

一、热辐射

1．概念：一切物体都在辐射电磁波，且辐射与物体的温度有关，所以叫热辐射．

2．特点：温度升高时，热辐射中波长较短的成分越来越强．

3．黑体：能够完全吸收入射的各种波长的电磁波而不发生反射．

二、能量子

1．概念：振动着的带电微粒的能量只能是某个最小能量值的整数倍，这个最小的能量值*ε*叫能量子．

2．大小：*ε*＝*hν*，其中*h*＝6.63×10－34 J·s.

3．爱因斯坦光子说：光是由一个个不可分割的能量子组成，能量大小为*hν*，光的能量子称作光子．

三、能级

原子的能量是量子化的，量子化的能量值叫能级．

原子从高能级向低能级跃迁时放出光子，光子的能量等于前后两个能级之差.

## 技巧点拨

一、热辐射　能量子

1．普朗克的能量子概念

(1)能量子：普朗克认为微观世界中带电粒子的能量是不连续的，只能是某一最小能量值的整数倍，当带电粒子辐射或吸收能量时，也只能以这个最小能量值为单位一份一份地吸收或辐射，这样的一份最小能量值*ε*叫作能量子，*ε*＝*hν*，其中*h*叫作普朗克常量，实验测得*h*＝6.63×10－34 J·s，*ν*为电磁波的频率．

(2)能量的量子化：在微观世界中能量不能连续变化，只能取分立值，这种现象叫作能量的量子化．量子化的基本特征就是在某一范围内取值是不连续的，即相邻两个值之间有一定距离．

2．爱因斯坦的光子说

光不仅在发射和吸收时能量是一份一份的，而且光本身就是由一个个不可分割的能量子组成的，这些能量子被称为光量子，简称光子．频率为*ν*的光子的能量为*ε*＝*hν*.

二、能级

1．原子的能量是量子化的，量子化的能量值叫能级．

2．原子从高能级向低能级跃迁时放出光子，光子的能量等于前后两个能级之差．

3．放出的光子的能量是分立的，所以原子的发射光谱是一些分立的亮线．

## 例题精练

1．（海淀区模拟）太阳辐射到地球表面的功率约为1400W/m2．其中包含了各种波长的红外线、可见光、紫外线等，以可见光部分最强。作为一种简化，我们认为太阳光全部是平均波长600nm（1nm＝10﹣9m）的黄绿光，每秒至少有5个这样的光子进入人眼才能引起视觉，人眼睛的瞳孔约为10mm2，则人眼能看到最远的与太阳相同的恒星与地球距离为多少倍的日地距离：（已知普朗克常数h＝6.63×10﹣34J•s）（　　）

A．9×104  B．9×107 C．9×1010 D．9×1014

【分析】设日地距离为r，则P0＝菁优网-jyeoo；设人眼到最远的与太阳相同的恒星的距离为R，则P1•S0t＝5菁优网-jyeoo，其中：P1＝菁优网-jyeoo由此分析解答。

【解答】解：设日地距离为r，则P0＝菁优网-jyeoo；设人眼到最远的与太阳相同的恒星的距离为R，则P1•S0t＝5菁优网-jyeoo，其中：

P1＝菁优网-jyeoo，解得：

P1＝菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo＝1.66×10﹣13W，则

菁优网-jyeoo9×107；故B正确，ACD错误。

故选：B。

【点评】本题考查了电磁波功率的计算。这种题型比较少见，对一般的学生并不容易。

## 随堂练习

1．（上饶县月考）两束能量相同的色光，都垂直地照射到物体表面，第一束光在某段时间内打在物体上的光子数与第二束光在相同时间内打到物体表面的光子数之比为5：4，则这两束光的光子能量和波长之比分别为（　　）

A．4：5　4：5 B．5：4　4：5 C．5：4　5：4 D．4：5　5：4

【分析】两束色光的能量相同，根据E＝NE0判断光子的能量之比；根据E0＝hv＝h菁优网-jyeoo判断光子的波长之比．

【解答】解：两束能量相同的色光，都垂直地照射到物体表面，在相同时间内打到物体表面的光子数之比为5：4，根据E＝NE0可得光子能量之比为4：5；

再根据E0＝hv＝h菁优网-jyeoo，光子能量与波长成反比，故光子波长之比为5：4；

故选：D。

【点评】本题关键是明确光子的频率决定光子的能量，光子数密度决定光的强度，基础题目．

# 综合练习

**一．选择题（共20小题）**

1．（石景山区一模）普朗克在1900年将“能量子”引入物理学，开创了物理学的新纪元。在下列宏观概念中，具有“量子化”特征的是（　　）

A．人的个数 B．物体所受的重力

C．物体的动能 D．物体的长度

【分析】普朗克最先提出能量的量子化，认为物理量只能以确定的大小一份一份地进行变化，由此来判定各个选项。

【解答】解：

依据普朗克量子化观点，能量是不连续的，是一份一份地进行变化，属于“不连续的，一份一份”的概念的是A，BCD都是连续的，故A正确，BCD错误。

故选：A。

【点评】该题关键是掌握普朗克量子化观点的基本内容，其关键判定依据是“不连续的，一份一份”这个特征。

2．（宜昌校级期中）下列宏观概念中，是量子化的有（　　）

A．物体的质量 B．弹簧振子的能量

C．汽车的个数 D．卫星绕地球运行的轨道

【分析】量子一词来自拉丁语quantus，意为“多少”，代表“相当数量的某事”．在物理学中常用到量子的概念，量子是一个不可分割的基本个体．例如，一个“光的量子”是光的单位．而量子力学、量子光学等等更成为不同的专业研究领域．

其基本概念是所有的有形性质也许是“可量子化的“．“量子化“指其物理量的数值会是一些特定的数值，而不是任意值．

【解答】解：汽车的个数的数值只能取正整数，不能取分数或小数，因而是不连续的，是量子化的。

其它三个物理量的数值都可以取小数或分数，甚至取无理数也可以，因而是连续的，非量子化的。

故选：C。

【点评】量子化在高中要求较低，只需明确量子化的定义，知道“量子化“指其物理量的数值会是一些特定的数值即可．

3．（金牛区校级月考）下列说法中不正确的是（　　）

A．普朗克曾经大胆假设：振动着的带电微粒的能量只能是某一最小能量值ε的整数倍，这个不可再分的最小能量值ε叫做能量子

B．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，要辐射一定频率的光子，同时电子的动能减小，电势能增大

C．α粒子散射实验中少数α粒子发生了较大偏转，这是卢瑟福猜想原子核式结构模型的主要依据之一

D．在光电效应实验中，用同种频率的光照射不同的金属表面，从金属表面逸出的光电子的最大初动能Ek越大，则这种金属的逸出功W0越小

【分析】普朗克首先提出了能量量子化的概念；

根据玻尔理论分析氢原子中动能的变化以及氢原子电势能的变化；

汤姆逊在发现电子后提出了枣糕式原子模型，卢瑟福在α粒子散射实验的基础上提出了原子核式结构模型；

根据光电效应方程分析光电效应的现象。

【解答】解：A、为解释黑体辐射现象，普朗克曾经大胆假设：振动着的带电微粒的能量只能是某一最小能量值ε的整数倍，这个不可再分的最小能量值ε叫做能量子，即能量的量子化，故A正确；

B、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，要辐射一定频率的光子，同时半径减小，电场力做正功，电势能减小；由库仑力提供向心力得：菁优网-jyeoo可知电子的动能增大，故B错误；

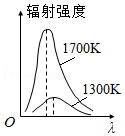
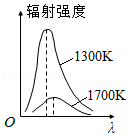
C、当α粒子穿过原子时，电子对α粒子影响很小，影响α粒子运动的主要是原子核，离核远则α粒子受到的库仑斥力很小，运动方向改变小，只有当α粒子与核十分接近时，才会受到很大库仑斥力，而原子核很小，所以α粒子接近它的机会就很少，因此只有少数α粒子发生较大偏转，卢瑟福正是对这些现象的认真研究提出了原子核式结构模型，故C正确；

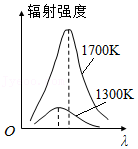
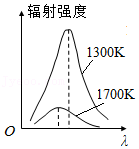
D、根据光电效应方程：Ekm＝hγ﹣W0，可知在光电效应实验中，用同种频率的光照射不同的金属表面，从金属表面逸出的光电子的最大初动能Ek越大，则这种金属的逸出功W0越小，故D正确。

本题选择不正确的，故选：B。

【点评】该题考查物理学史以及玻尔理论、光电效应，解决本题的关键熟悉物理学史，知道卢瑟福提出原子的核式结构模型。对于物理学史知识比较简单，只要我们经常看课本，了解记忆这些基础知识即可顺利解决，所以不能忽视课本。

4．（开封三模）下列描绘两种温度下黑体辐射强度与波长关系的图中，符合黑体辐射实验规律的是（　　）

A． B．

C． D．

【分析】要理解黑体辐射的规律：温度越高，辐射越强越大，温度越高，辐射的电磁波的波长越短。

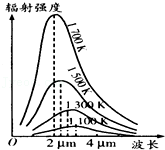
【解答】解：BD、黑体辐射以电磁辐射的形式向外辐射能量，温度越高，辐射越强越大，故B、D错误。

AC、黑体辐射的波长分布情况也随温度而变，如温度较低时，主要以不可见的红外光进行辐射，在500℃以至更高的温度时，则顺次发射可见光以至紫外辐射。即温度越高，辐射的电磁波的波长越短，故C错误、A正确。

故选：A。

【点评】本题主要是考查黑体辐射的规律，顺利解决本题，一定要熟练记忆本深刻理解教材的基本的内容，这是我们学好物理的捷径。

5．（武威校级期末）黑体辐射的实验规律如图所示，由图可知（　　）



A．随温度降低，各种波长的辐射强度都有增加

B．辐射强度与波长和温度没有关系

C．随温度升高，辐射强度的极大值向波长较短的方向移动

D．随温度降低，辐射强度的极大值向波长较短的方向移动

【分析】本题考查的是读图能力，由图可得出波长与辐射强度及温度之间的关系，知道温度升高时，辐射的极大值向波长较短的方向移动。

【解答】解：A、黑体辐射的强度与温度有关，温度越高，黑体辐射的强度越大。故AB错误。

C、随着温度的升高，黑体辐射强度的极大值向波长较短的方向移动。故C正确，D错误。

故选：C。

【点评】本题考查黑体辐射的性质，解题的关键是正确读数，只要认真分析是较为容易的找出答案的。

6．（湖州期末）如果下列四种粒子具有相同的速率，则德布罗意波长最大的是（　　）

A．电子 B．中子 C．质子 D．α粒子

【分析】德布罗意波长为λ＝菁优网-jyeoo，P是动量，h是普朗克常量。动量P＝mv。

【解答】解：德布罗意波长为λ＝菁优网-jyeoo

又P＝mv

解得：

λ＝菁优网-jyeoo

速率相等，即速度大小相同，电子的质量m最小，则电子的德布罗意波长最大。

故选：A。

【点评】本题关键记住德布罗意波的波长公式λ＝菁优网-jyeoo，明确P是粒子的动量，基础题。

7．（右玉县校级月考）普朗克在1900年将“能量子”引入物理学，开创了物理学的新纪元．人们在解释下列哪组实验现象时，都利用了“量子化”的观点（　　）

A．光电效应现象 氢原子光谱实验

B．光电效应现象 α粒子散射实验

C．光的折射现象 氢原子光谱实验

D．光的折射现象 α粒子散射实验

【分析】1900年普朗克为了克服经典理论解释黑体辐射规律的困难，引入了能量子概念，为量子理论奠下了基石．随后，爱因斯坦针对光电效应实验与经典理论的矛盾，提出了光量子假说，并在固体比热问题上成功地运用了能量子概念，为量子理论的发展打开了局面．1913年，玻尔在卢瑟福有核模型的基础上运用量子化概念，提出玻尔的原子理论，对氢光谱作出了满意的解释，使量子论取得了初步胜利．

【解答】解：普朗克最先提出能量的量子化，成功解释黑体辐射现象。爱因斯坦用量子理论解释光电效应。玻尔将量子理论引入原子理论，解释了氢原子光谱。

故选：A。

【点评】考查“量子化”的观点与认识，从而理解量子化与经典理论的不同．

8．下列说法中错误的是（　　）

A．为了克服经典物理学对黑体辐射现象解释的困难，德国物理学家普朗克提出了能量的量子化假说，解决了黑体辐射的理论困难，揭开了物理学崭新的一页

B．普朗克还提出了光量子理论，即光在传播过程中，能量是不连续的，它是数值分立的能量组成的

C．物质波理论揭示了物质（包括光和电子）的统一性

D．量子论认为原子处于一系列不连续的能量状态

【分析】普朗克提出了量子假说，第一次提出了不连续的概念，能量的量子化就是能量的不连续化，爱因斯坦从普朗克量子假说得到启发，提出了光子说的观点。

【解答】解：A、根据物理学史可知，为克服经典物理学对黑体辐射现象解释的困难，德国物理学家普朗克提出了能量的量子化假说，解决了黑体辐射的理论困难，揭开了物理学崭新的一页，故A正确；

B、爱因斯坦提出了光量子理论，即光在传播过程中能量是不连续的，它是数值分立的能量组成的，故B错误；

C、物质波理论认为宏观物体也具有波动性，即也具有波粒二象性，揭示了物质（包括光和电子）的统一性，故C正确；

D、玻尔原子理论认为，氢原子只能处于一系列不连续的能量状态中，在不同的能量状态中，电子在一系列不连续的轨道上运动，故D正确。

本题选择错误的，

故选：B。

【点评】本题比较简单考查了学生对物理学史的了解情况，在物理学发展的历史上有很多科学家做出了重要贡献，在学习过程中要了解、知道这些著名科学家的重要贡献，是解答类似问题的关键。

9．（宝鸡期末）以下宏观概念中，哪些是“量子化”的（　　）

A．物体的质量 B．物体的带电荷量

C．物体的动量 D．物体的温度

【分析】明确量子化的基本内容，知道所谓量子化就是指数据是分立的不连续的，即一份一份的。

【解答】解：所谓“量子化”一定是不连续的，是一份一份的，题中给出的选项中只有物体的带电荷量是一份一份的，其它均可以是连续的，故只有B为量子化，故ACD错误，B正确。

故选：B。

【点评】本题考查量子化的基本内容，要明确量子化在高中要求较低，只需明确量子化的定义即可。

10．（诸暨市校级期中）以下物理量中，谁属于“量子化”？（　　）

A．温度计测量的温度 B．天平测量的质量

C．人所感受到的时间 D．油滴所带电荷量

【分析】所谓量子化就是指数据是分立的不连续的，即一份一份的。

【解答】解：A、温度是可以连续改变的物理量，非量子化的，故A错误；

B、质量是可以连续改变的物理量，非量子化的，故B错误；

C、时间是可以连续改变的物理量，非量子化的，故C错误；

D、油滴所带电荷量是元电荷的整数倍，不连续，是量子化的，故D正确；

故选：D。

【点评】本题考查对量子化的认识，明确量子化在高中要求较低，只需明确量子化的定义即可。

11．（浙江）2020年12月我国科学家在量子计算领域取得了重大成果，构建了一台76个光子100个模式的量子计算机“九章”，它处理“高斯玻色取样”的速度比目前最快的超级计算机“富岳”快一百万亿倍。关于量子，下列说法正确的是（　　）



A．是计算机运算的一种程序

B．表示运算速度的一个单位

C．表示微观世界的不连续性观念

D．类似于质子、中子的微观粒子

【分析】量子是不可分割的最小的单元；能量子是表示能量的最小单元；量子表示微观世界的不连续性；量子不是实物粒子。

【解答】解：A、量子不是计算机的程序，量子是不可分割的最小的单元，故A错误；

B、量子最早由普朗克于1900年提出，普朗克假设物体发射出电磁辐射能量是一份一份的，其中每一份被他称作能量子，电磁辐射能量是其整数倍，所以量子是表示能量的单元，而非运算速度的单位，故B错误；

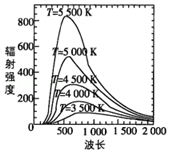
C、量子是不可分割的最小的单元，表示微观世界的不连续性，即通常所说的“量子化”，故C正确；

D、量子不是实物粒子，不是像质子、中子那样的微观粒子，故D错误。

故选：C。

【点评】本题以2020年12月我国科学家在量子计算领域取得了重大成果为情景载体，考查了量子化现象，要明确事物是不连续的，一份一份的。

12．（抚顺期末）如图为黑体辐射的强度与波长的关系图象，从图象可以看出，随着温度的升高，则（　　）



A．各种波长的辐射强度都有减少

B．只有波长短的辐射强度增加

C．辐射电磁波的波长先增大后减小

D．辐射强度的极大值向波长较短的方向移动

【分析】黑体辐射的强度与波长的关系图象，纵坐标表示辐射强度，横坐标表示波长，直接由图象分析即可得出。

【解答】解：A、B、C、D、由图象可以看出，随着温度的升高，各种波长的辐射强度都有增加，没有辐射强度减小的，且辐射强度的极大值向波长较短的方向移动，故ABC错误，D正确。

故选：D。

【点评】通过黑体辐射的强度与波长的关系图象，考生应牢记两大特点：①随着温度的升高，各种波长的辐射强度都有增加；②随着温度的升高，辐射强度的极大值向波长较短的方向移动。

13．（海淀区模拟）首次提出“微观粒子的能量是量子化的”这一观念，与下列物理常量相关的是（　　）

A．引力常量G B．普朗克常量h

C．静电力常量k D．阿伏加德罗常数NA

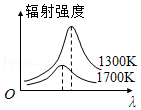
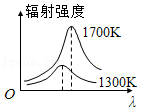
【分析】根据物理学史和常识解答，记住著名物理学家的主要贡献即可。

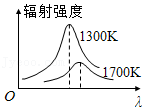
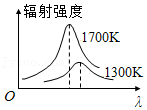
【解答】解：首次提出“微观粒子的能量是量子化的”这一观念，是普朗克的出的，并且这一观念只与普朗克常量h相关。故B正确ACD错误。

故选：B。

【点评】本题考查量子物理部分的物理学史，是常识性问题，对于物理学上重大发现、发明、著名理论要加强记忆，这也是考试内容之一。

14．（葫芦岛一模）普朗克在研究黑体辐射的基础上，提出了量子理论，下列关于描绘两种温度下黑体辐射强度与波长关系的图中，符合黑体符合实验规律的是（　　）

A． B．

C． D．

【分析】黑体辐射的实验规律为：温度越高，辐射越强，温度越高，辐射的电磁波的波长越短。由此分析。

【解答】解：AC、黑体辐射以电磁辐射的形式向外辐射能量，温度越高，辐射越强越大，故A、C错误。

BD、黑体辐射的波长分布情况随温度变化而改变，温度越高，辐射的电磁波的波长越短，辐射强度的极大值向波长缩短的方向移动，故B错误，D正确。

故选：D。

【点评】要顺利解决本题，一定要深刻理解并记牢教材的基本的内容，这是我们学好物理的捷径。

15．（沙坪坝区校级期中）以下宏观概念中，哪些是“量子化”的（　　）

A．物体的长度 B．人的个数

C．物体的动能 D．物体所受的重力

【分析】明确量子化的定义：所谓量子化就是指数据是分立的不连续的，即一份一份的。

【解答】解：人的个数是“量子化”的；而物体的长度、物体的动能以及物体所受的重力，都不是“量子化”的，故B正确，ACD错误。

故选：B。

【点评】本题考查对量子化的掌握，对于量子化问题高中要求很低，明确量子的意义即可。

16．（永昌县校级期中）下列各种说法中错误的是（　　）

A．普朗克在研究黑体的热辐射问题中提出了能量子假说

B．一束光照射到某种金属上不能发生光电效应，是因为该束光的照射时间太短

C．在光的单缝衍射实验中，狭缝越窄，光子动量的不确定量越大

D．任何一个运动物体都与一种波相对应，这就是物质波，物质波是概率波

【分析】（1）根据物理学史的知识，结合普朗克在研究黑体的热辐射问题中提出了能量子假设即可正确解答；

（2）每种金属都有一个极限频率，入射光的频率必须大于极限频率才能产生光电效应；

（3）根据不确定关系△p•△x＝菁优网-jyeoo可判断光子动量的不确定量与狭缝关系；

（4）任何一个运动着的物体，小到微观粒子大到宏观物体都有一种波与它对应，其波长λ＝菁优网-jyeoo，p为运动物体的动量，h为普朗克常量。

【解答】解：A、普朗克在研究黑体的热辐射问题中提出了能量子假说，故A正确；

B、一束光照射到某种金属上不能发生光电效应，是因为该束光的频率小于极限频率，故B错误；

C、根据不确定关系△p•△x＝菁优网-jyeoo知，狭缝越窄，光子动量的不确定量越大。故C正确；

D、无论是大到太阳、地球，还是小到电子、质子，都与一种波相对应，这就是物质波，物质波是概率波，故D正确；

本题选错误的，故选：B。

【点评】该题考查物理知识综合应用，解决这一类题目的关键是理清原子物理学史实，记住并理解相关的科学成就。

17．（昌平区期末）以下宏观概念中，属于“量子化”的是（　　）

A．物体的长度 B．物体所受的重力

C．物体的动能 D．人的个数

【分析】所谓量子化就是指数据是分立的不连续的，即一份一份的。

【解答】解：人的个数的数量只能取正整数，不能取分数或小数，因而是不连续的，是量子化的。

长度、力以及动能的数值都可以取小数或分数，甚至取无理数也可以，因而是连续的，非量子化的。故D正确ABC错误。

故选：D。

【点评】本题考查对量子化的认识，明确量子化在高中要求较低，只需明确量子化的定义即可。

18．（商丘期中）以下宏观概念中，哪些是“量子化”的（　　）

A．学生的个数 B．物体的质量 C．物体的动量 D．木棒的长度

【分析】所谓量子化就是指数据是分立的不连续的，即一份一份的。

【解答】解：A、学生的人数的数值只能取正整数，不能取分数或小数，因而是不连续的，是量子化的。故A正确；

BCD、物体的质量、物体的动量以及木棒的长度的数值都可以取小数或分数，甚至取无理数也可以，因而是连续的，非量子化的。故BCD错误。

故选：A。

【点评】量子化在高中要求较低，只需明确量子化的定义即可。

19．（高安市校级期末）以下宏观概念中，哪些是“量子化”的（　　）

A．物体的带电荷量 B．物体的质量

C．物体的动量 D．学生的温度

【分析】明确量子化的基本内容，知道所谓量子化就是指数据是分立的不连续的，即一份一份的。

【解答】解：A、物体的带电荷量只能是元电荷的整数倍，所以物体的带电荷量是量子化的。故A正确；

B、物体的质量的数值可以取小数或分数，甚至取无理数也可以，因而是连续的，非量子化的。故B错误；

C、物体的动量的数值可以取小数或分数，甚至取无理数也可以，因而是连续的，非量子化的。故C错误；

D、学生的温度的数值的数量也能取分数或小数，因而是连续的，不是量子化的。故D错误。

故选：A。

【点评】本题考查量子化的基本内容，要明确量子化在高中要求较低，只需明确量子化的定义即可。

20．（泾阳县期中）对黑体辐射电磁波的波长分布有影响的是（　　）

A．温度 B．材料 C．表面状况 D．质量

【分析】黑体辐射的强度与温度有关，温度越高，黑体辐射的强度越大，随着温度的升高，黑体辐射强度的极大值向波长较短的方向移动．

【解答】解：一般物体辐射电磁波的情况与温度有关，还与材料的种类及表面情况有关；但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，温度越高，黑体辐射的强度越大，随着温度的升高，黑体辐射强度的极大值向波长较短的方向移动。故A正确，B、C、D错误；

故选：A。

【点评】考查黑体辐射，黑体辐射为能量量子化奠定基础，本题难度不大，关键要牢记基本概念和基本规律，并能熟练运用．