

# 2023 北京十一学校高二（下）期中

## 物 理（B 卷）

一、本题共 12 小题，每小题 3 分，共 36 分。在每小题给出的四个选项中，有的小题只有一个选项是正确的，有的小题有多个选项是正确的。全部选对的得 3 分，选不全的得 2 分，有选错或不答的得 0 分。

1. 下列说法中正确的是（ ）

- A. 物体吸收热量后，温度一定升高
- B. 物体温度改变时，物体分子的平均动能不一定改变
- C. 当分子间的距离变小时，分子间作用力有可能减小
- D. 第一类永动机无法制成是因为其违背了能量守恒定律

2. 关于核衰变和核反应的类型，下列表述正确的有

- A.  ${}_{92}^{238}\text{U} \rightarrow {}_{90}^{234}\text{Th} + {}_2^4\text{He}$  是  $\alpha$  衰变
- B.  ${}_{7}^{14}\text{N} + {}_2^4\text{He} \rightarrow {}_{8}^{17}\text{O} + {}_1^1\text{H}$  是  $\beta$  衰变
- C.  ${}_{1}^2\text{H} + {}_{1}^3\text{H} \rightarrow {}_{2}^4\text{He} + {}_0^1\text{n}$  是轻核聚变
- D.  ${}_{34}^{82}\text{Se} \rightarrow {}_{36}^{82}\text{Kr} + 2{}_{-1}^0\text{e}$  是重核裂变

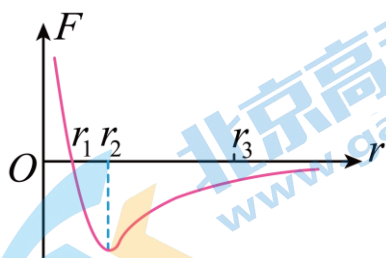
3. 关于原子和原子核的描述，下列说法正确的是（ ）

- A. 用加温、加压或改变其化学状态的方法不能改变原子核衰变的半衰期
- B.  $\alpha$  射线与  $\gamma$  射线在电场和磁场中都不会发生偏转
- C.  $\beta$  射线为原子的核外电子电离后形成的电子流
- D. 在  $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$  这三种射线中， $\gamma$  射线的穿透能力最强， $\alpha$  射线的电离能力最强

4. 物理学是一门以实验为基础的科学，任何理论的建立都离不开实验，下面给出了几个在物理学发展史上有重要地位的物理实验，以及与之相关的物理学发展史的说法，其中正确的是（ ）

- A. 光电效应实验表明光具有粒子性
- B.  $\alpha$  粒子散射实验是原子核式结构理论的实验基础
- C. 电子的发现揭示了原子不是构成物质的最小微粒
- D. 氢原子光谱的实验研究说明原子核有内部结构

5. 将甲分子固定在坐标原点  $O$ ，乙分子位于  $x$  轴上，甲、乙分子间作用力与距离关系如图所示，若把乙分子从  $r_3$  处由静止释放，则仅在分子力作用下（ ）



- A. 乙分子从  $r_3$  向  $O$  运动过程中，只受到分子引力作用

- B. 乙分子从  $r_3$  到  $r_2$  做加速运动，从  $r_2$  向  $O$  做减速运动
- C. 乙分子从  $r_3$  到  $r_1$  过程中，乙分子的动能一直增大
- D. 乙分子从  $r_1$  向  $O$  运动过程中，两分子的势能一直增大

6. 根据玻尔理论，氢原子辐射出一个光子后，下列判断正确的是 ( )

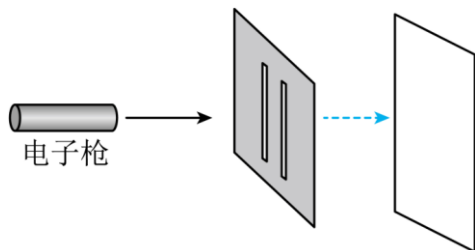
- A. 电子绕核旋转的轨道半径减小
- B. 电子的动能增大
- C. 氢原子的电势能增大
- D. 氢原子的能级减小

7. 2020年3月3日，国家卫健委、国家中医药管理局印发《关于印发新型冠状病毒肺炎诊疗方案（试行第七版）的通知》，指出新型冠状病毒的传播途径：经呼吸道飞沫和密切接触传播是主要的传播途径，在相对封闭的环境中长时间暴露于高浓度气溶胶情况下存在经气溶胶传播的可能。气溶胶粒子是悬浮在大气中的微小颗粒，如云、雾、细菌、尘埃、烟尘等。气溶胶中的粒子具有很多动力学性质，比如布朗运动等。

关于封闭环境中的气溶胶粒子，下列说法正确的是 ( )

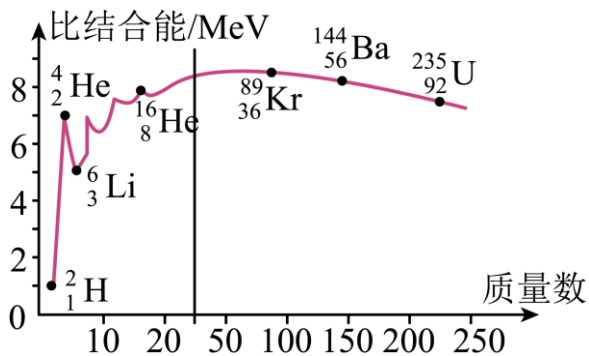
- A. 在空气中会缓慢下沉到地面
- B. 在空气中会缓慢上升到空中
- C. 在空气中做无规则运动
- D. 受到的空气分子作用力的合力始终等于其所受到的重力

8. 电子双缝干涉实验是近代证实物质波存在的实验。如图所示，电子枪持续发射的电子动量为  $1.2 \times 10^{-23} \text{ kg} \cdot \text{m/s}$ ，然后让它们通过双缝打到屏上。已知电子质量取  $9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$ ，普朗克常量取  $6.6 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ ，下列说法正确的是 ( )



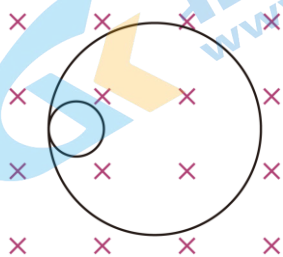
- A. 发射电子的动能约为  $8.0 \times 10^{-15} \text{ J}$
- B. 发射电子的物质波波长约为  $5.5 \times 10^{-11} \text{ m}$
- C. 只有成对电子分别同时通过双缝才能发生干涉
- D. 如果电子是一个一个发射的，仍能得到干涉图样

9. 原子核的比结合能曲线如图所示，根据该曲线，下列判断中正确的有



- A.  ${}^4_2\text{He}$  核的结合能约为 14 MeV
- B.  ${}^4_2\text{He}$  核比  ${}^6_3\text{Li}$  核更稳定
- C. 两个  ${}^2_1\text{H}$  核结合成  ${}^4_2\text{He}$  核时释放能量
- D.  ${}^{235}_{92}\text{U}$  核中核子的平均结合能比  ${}^{89}_{36}\text{Kr}$  核中的大

10. 在匀强磁场中有一个原来静止是碳 14 原子核，它放射出的粒子与反冲核的径迹是两个内切的圆，两圆的直径之比为 7:1，如图所示，那么碳 14 的衰变方程为 ( )



- A.  ${}^{14}_6\text{C} \rightarrow {}^0_1\text{e} + {}^{14}_5\text{B}$
- B.  ${}^{14}_6\text{C} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^{10}_4\text{Be}$
- C.  ${}^{14}_6\text{C} \rightarrow {}^2_1\text{H} + {}^{14}_5\text{B}$
- D.  ${}^{14}_6\text{C} \rightarrow {}^0_{-1}\text{e} + {}^{14}_7\text{N}$

11. 原子从一个能级跃迁到一个较低的能级时，有可能不发射光子，例如在某种条件下，铬原子的  $n=2$  能级上的电子跃迁到  $n=1$  能级上时并不发射光子，而是将相应的能量转交给  $n=3$  能级上的电子，使之能脱离原子，这一现象叫做俄歇效应，以这种方式脱离了原子的电子叫做俄歇电子，已知铬原子的能级公式可简化表示为  $E_n = -\frac{A}{n^2}$ ，式中  $n=1,2,3,\dots$  表示不同能级， $A$  是正的已知常数，上述俄歇电子的动能是

- ( )
- A.  $\frac{5A}{16}$
- B.  $\frac{13A}{36}$
- C.  $\frac{23A}{36}$
- D.  $\frac{31A}{36}$

12. 在物理学中，只要等式成立，方程的两边应该具有相同的量纲，利用量纲分析，有时不用具体求解问题，就可以分析导出物理关系。例如，求一个物体在重力加速度  $g$  的影响下，下落高度  $h$  所需的时间，我们只需要构造一个表示时间的量，利用  $g$  和  $h$ ，唯一可行的方法是  $T = a \left( \frac{h}{g} \right)^{\frac{1}{2}}$ ，其中  $a$  是一个尚不确定的

系数，它是无量纲的，无量纲系数是不重要的，我们不必写出，通常，一个物理量的量纲表达为四个基本量： $M$  (质量)， $L$  (长度)  $T$  (时间)  $K$  (温度) 的量纲。任意物理量  $x$  的量纲被记为  $[x]$ ，如速度  $v$  的量

纲可表示为 $[v] = LT^{-1}$ ，根据以上描述，以质量、长度、时间和温度的量纲来表示普朗克常数 $h$ ，其形式应为（ ）

A.  $[h] = ML^2T^{-1}$

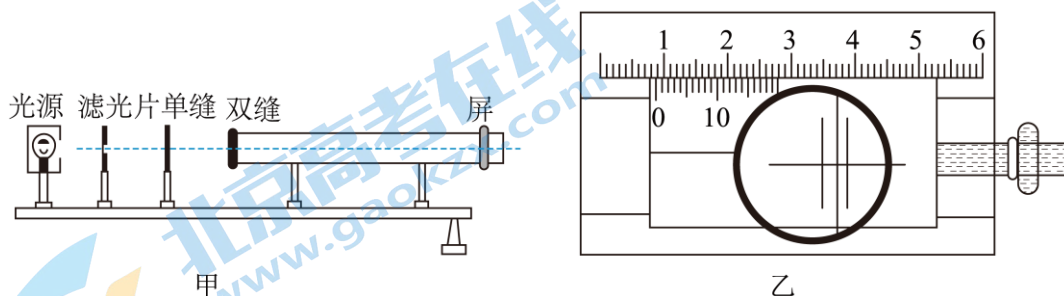
B.  $[h] = ML^2T^{-2}$

C.  $[h] = MLT^2$

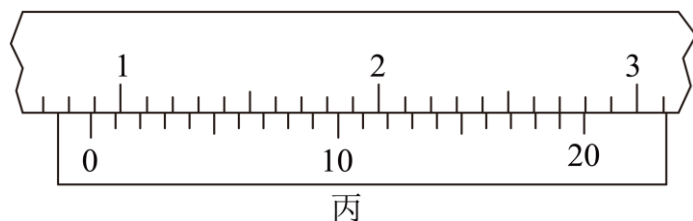
D.  $[h] = ML^2T^2$

二、本题共 2 小题，共 18 分。

13. 在“用双缝干涉测光的波长”实验中，将双缝干涉实验仪按照要求安装在光具座上，如图甲所示。从仪器注明的规格可知，像屏与双缝屏间的距离  $l=600\text{mm}$ ，选用缝间距  $d=0.20\text{mm}$  的双缝屏。调整实验装置，观察到双缝干涉条纹。



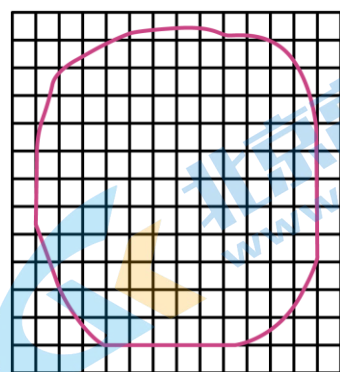
(1) 选用带有 20 分度游标尺的测量头（如图乙所示）测量相邻两条亮条纹间的距离，转动测量头的手轮，使分划板的中心刻线对齐某一条亮条纹（将这一条纹选定为第 1 亮条纹）的中心，此时游标尺上的示数为  $x_1=1.15\text{mm}$ ；继续转动测量头的手轮，使分划板的中心刻线对齐第 6 亮条纹的中心，此时游标尺上的示数情况如图丙所示，其读数为  $x_2=$ \_\_\_\_\_  $\text{mm}$ ；



(2) 利用上述测量结果，经计算可得两个相邻明纹（或暗纹）间的距离  $\Delta x=$ \_\_\_\_\_  $\text{mm}$ ；

(3) 由公式  $\lambda=$ \_\_\_\_\_（用题中所给物理符号表示），可得通过单缝的光波波长  $\lambda=$ \_\_\_\_\_  $\text{m}$ 。

14. 在“用油膜法估测分子大小”实验中，所用的酒精油酸溶液的浓度为 1000mL 溶液中有纯油酸 0.6mL，用注射器测得 1mL 上述溶液为 80 滴，把 1 滴该溶液滴入盛水的浅盘内，让油膜在水面上尽可能散开，测得油酸薄膜的轮廓形状和尺寸如图所示，图中每一小方格的边长为 1cm。





(1) 该实验中的理想化假设有\_\_\_\_\_。

- A. 将油酸形成的膜看成单分子层油膜
- B. 不考虑各油酸分子间的间隙
- C. 考虑了各油酸分子间的间隙
- D. 将油酸分子看成球形

(2) 实验测出的油膜面积是\_\_\_\_\_  $\text{m}^2$ ；油酸分子的直径是\_\_\_\_\_  $\text{m}$ 。(结果保留两位有效数字)

(3) 关于该实验的误差分析，下列正确的是\_\_\_\_\_。

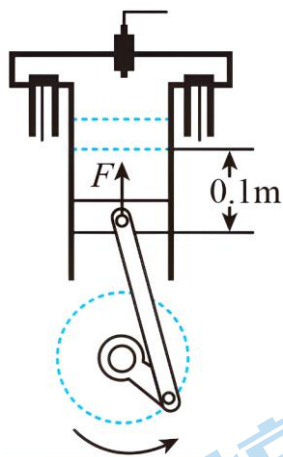
- A. 在配置溶液时，不小心把酒精倒多了一点，导致溶液的实际浓度比计算值小一些，这将导致油酸分子直径的测量值偏大
- B. 上午配制的溶液，放置到下午某班级物理课堂上做实验，将会导致油酸分子直径的测量值偏小
- C. 若痱子粉在浅水盘中撒的太多，将会导致油酸分子直径的测量值偏小
- D. 若在实验准备过程中浅水盘清洗得不干净，留有少量油酸残余，在接下来的实验中将会导致油酸分子直径的测量值偏大

**三、本题包括 5 小题，共 46 分。解答应写出必要的文字说明、方程式和重要的演算步骤。只写出最后答案的不能得分，有数值计算的题，答案中必须明确写出数值和单位。**

15. 活塞在汽缸内往复运动时，从汽缸的一端运动到另一端的过程，叫做一个冲程。普通内燃机大多为四冲程内燃机，分为吸气冲程、压缩冲程、做功冲程和排气冲程。

(1) 如图所示，活塞在“压缩冲程”某段时间内向上移动的距离为  $0.1\text{m}$ ，已知这段时间内，气体内能增加了  $200\text{J}$ ，压缩气体向汽缸传递了  $25\text{J}$  的热量，求该过程中活塞对气体所做的功；

(2) “压缩冲程”后，气体被点燃，形成的高压气体对活塞做功，进入“做功冲程”，该过程中，气体推动活塞向下移动  $0.1\text{m}$ ，其做的功相当于  $1 \times 10^4\text{N}$  的恒力使活塞移动相同距离所做的功，该做功过程气体传递给汽缸的热量为  $30\text{J}$ ，求此做功过程气体内能的变化量。



16. 现代科学研究表明，太阳可以不断向外辐射能量，其来源是它内部的核聚变反应，其中主要的核反应方程是 4 个质子和 2 个负电子聚合在一起，形成一个氦原子核，并释放核能，在地球上与太阳光垂直的表面上，单位面积接收到的太阳能辐射功率  $P$ ，已知普朗克常量为  $h$ ，光速为  $c$ ，太阳到地球之间的距离为  $r$ ，若太阳“释放的核能”最后都以可见光的形式辐射，其平均频率为  $\nu$ ，球面面积公式  $S=4\pi r^2$ 。

- (1) 写出太阳的核聚变反应方程；
- (2) 求地球上与太阳光垂直且面积为  $S$  的平面，在  $t$  时间内接收到的太阳辐射光子个数；
- (3) 求太阳每年由于核聚变所减少的质量。（设一年的时间为  $t_0$ ）

17. 经典理论认为，氢原子核外电子在库仑力作用下绕固定不动的原子核做圆周运动。已知电子电荷量的大小为  $e$ ，质量为  $m$ ，静电力常量为  $k$ ，取无穷远为电势能零点，系统的电势能可表示为  $E_p = -\frac{ke^2}{r}$ ，其中  $r$  为电子与氢原子核之间的距离。

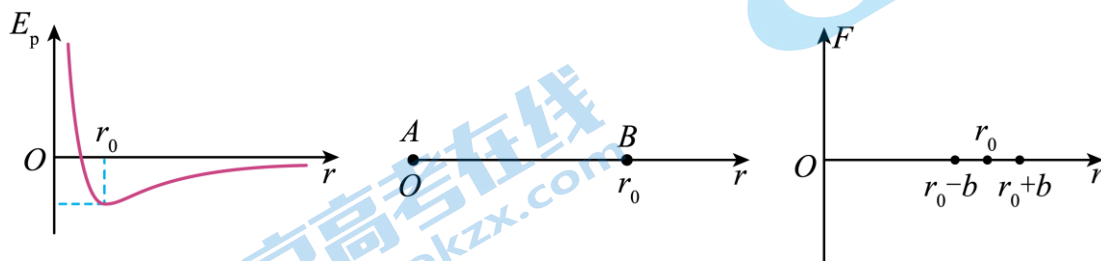
- (1) 设电子在半径为  $r_1$  的圆轨道上运动，求氢原子的能量；
- (2) 计算电子在半径为  $r_1$  的圆轨道上运动时，形成的等效电流的大小；
- (3) 在玻尔的氢原子理论中，他仍然认为氢原子中的电子在库仑力作用下绕原子核做圆周运动，但不同的是，电子运行的轨道半径不是任意的，只有当半径的大小符合一定条件时，这样的轨道才是可能的，也就是说电子的轨道是量子化的，这些轨道满足如下的量子化条件  $mv_n r_n = n \frac{h}{2\pi}$ ，其中  $n = 1, 2, 3, \dots$  称为轨道量子数， $r_n$  为相应的轨道半径， $v_n$  为电子在该轨道上做圆周运动的速度大小， $h$  为普朗克常量，求氢原子中电子运动各可能轨道的半径及电子在这些轨道上运动时氢原子的能量。

18. 研究分子势能是微观领域中研究物体内能的重要部分，已知某物体中两个分子之间的势能  $E_p$  与两者之间距离  $r$  的关系曲线如图所示。

- (1) 定性说明  $E_p - r$  曲线斜率的大小及正负的物理意义；
- (2) 某双原子分子系统中两原子在其平衡位置附近振动时，可做如下近似：如图乙所示，原子  $A$  固定不动，原子  $B$  做简谐运动，其振动的范围为  $r_0 - b \leq r \leq r_0 + b$ ，其中  $b$  远小于  $r_0$ ，在  $r = r_0$  点附近， $E_p$  随  $r$  变化的规律可近似写作  $E_p = E_{p0} + \frac{k}{2}(r - r_0)^2$ ，式中  $E_{p0}$  和  $k$  均为常量。

①请结合简谐运动的知识：回复力与位移满足  $F = -kx$  的关系，在图丙中画出原子  $B$  在上述区间振动过程中受力随距离  $r$  变化的图线（规定向右为正方向）；

②求  $B$  原子在振动过程中的最大动能。



19. 光电效应和康普顿效应深入地揭示了光的粒子性的一面.前者表明光子具有能量，后者表明光子除了具有能量之外还具有动量。

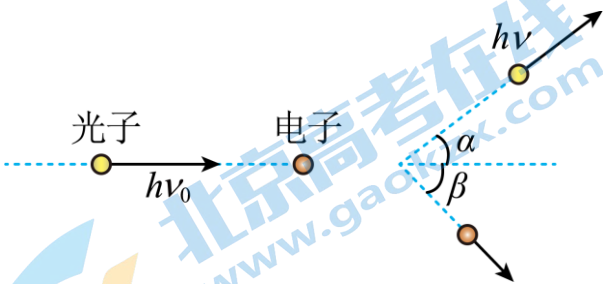
- (1) 由狭义相对论可知，一定的质量  $m$  与一定的能量  $E$  相对应： $E = mc^2$ ，其中  $c$  为真空中光速。已知某单色光的频率为  $\nu$ ，波长为  $\lambda$ ，该单色光光子的能量  $E = h\nu$ ，其中  $h$  为普朗克常量。试借用质子、电子

等粒子动量的定义：动量 = 质量 × 速度，推导该单色光光子动量表达式。

(2) 康普顿在研究 X 射线与物质散射实验时，他假设 X 射线中的单个光子与轻元素中的电子发生弹性碰撞，而且光子和电子、质子这样的实物粒子一样，既具有能量，又具有动量。现设一光子与一静止的电子发生了弹性斜碰，如图所示，碰撞前后系统能量守恒，且动量守恒定律遵循矢量法则，在互相垂直的两个方向上，作用前后的动量也守恒。

① 若入射光子的波长为  $\lambda_0$ ，与静止电子发生斜碰后，光子的偏转角为  $\alpha = 37^\circ$ ，电子沿与光子的入射方向成  $\beta = 45^\circ$  飞出，求碰撞后光子的波长  $\lambda$  和电子的动量  $p$  ( $\sin 37^\circ = 0.6$ ， $\cos 37^\circ = 0.8$ )；

② 光子与固体靶中的电子（电子的动能很小，初状态可认为静止）发生碰撞后，波长如何变化？试从理论上定性说明。



## 参考答案

一、本题共 12 小题，每小题 3 分，共 36 分。在每小题给出的四个选项中，有的小题只有一个选项是正确的，有的小题有多个选项是正确的。全部选对的得 3 分，选不全的得 2 分，有选错或不答的得 0 分。

1. 【答案】CD

【解析】

【详解】A. 根据热力学第一定律有

$$\Delta U = Q + W$$

可知，物体吸收热量后如果同时对外做功，且所做的功大于吸收的热量时，则物体的温度将降低，故 A 错误；

B. 温度是物体分子平均动能的标志，温度越高分子的平均动能就越大，因此物体温度改变时，物体分子的平均动能一定改变，故 B 错误；

C. 当分子间的距离变小时，分子间作用力有可能增大，也有可能减小，故 C 正确；

D. 第一类永动机无法制成是因为其违背了能量守恒定律，故 D 正确。

故选 CD。

2. 【答案】AC

【解析】

【详解】A、 ${}_{92}^{238}\text{U} \rightarrow {}_{90}^{234}\text{Th} + {}_2^4\text{He}$  方程是  $\alpha$  衰变方程，选项 A 正确；

B、 ${}_{7}^{14}\text{N} + {}_2^4\text{He} \rightarrow {}_8^{17}\text{O} + {}_1^1\text{H}$  方程是人工转变方程，选项 B 错误；

C、 ${}_1^2\text{H} + {}_1^3\text{H} \rightarrow {}_2^4\text{He} + {}_0^1\text{n}$  方程是轻核聚变方程，选项 C 正确；

D、 ${}_{34}^{82}\text{Se} \rightarrow {}_{36}^{82}\text{Kr} + 2 {}_{-1}^0\text{e}$  方程是  $\beta$  衰变方程，选项 D 错误。

点睛：解答本题需要掌握：正确应用质量数和电荷数守恒正确书写核反应方程；明确裂变和聚变反应特点，知道  $\alpha$ 、 $\beta$  衰变现象，并能正确书写其衰变方程。

3. 【答案】AD

【解析】

【详解】A. 原子核的半衰期只与原子核本身有关，用加温、加压或改变其化学状态的方法不能改变原子核衰变的半衰期，A 正确；

B.  $\alpha$  射线带正电，在电场和磁场中会发生偏转， $\gamma$  射线不带电，在电场和磁场中不会发生偏转，B 错误；

C.  $\beta$  射线为原子的核内一个中子转化为一个质子和一个电子，电子被释放出来，C 错误；

D. 在  $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$  这三种射线中， $\alpha$  射线的电离能力最强，D 正确。

故选 AD。

4. 【答案】ABC

【解析】



【详解】A. 光具有波粒二象性，光电效应实验证实了光具有粒子性，故 A 正确；

B.  $\alpha$  粒子散射实验表明了原子具有核式结构，故 B 正确；

C. 电子的发现表明了原子不是构成物质的最小微粒，故 C 正确；

D. 氢原子光谱的实验研究不能说明原子核有内部结构，放射性现象的发现才是，故 D 错误。

故选 ABC。

5. 【答案】CD

【解析】

【详解】A. 乙分子从  $r_3$  向  $O$  运动过程中，分子力先表现为引力，后表现为斥力，故 A 错误；

BC. 根据分子间距离与分子力的图像可知， $r_3$  到  $r_2$  分子力整体表现为引力且随着分子间距离的减小而增大，从  $r_2$  到  $r_1$ ，分子间作用力仍然整体表现为引力，但随着分子间距离的减小分子力也逐渐减小，直至当  $r = r_1$  时，分子力减小为零，因此可知，乙分子从  $r_3$  到  $r_1$  过程中，动能一直增大，即乙分子一直在做加速运动，到  $r = r_1$  处时动能达到最大，故 B 错误，C 正确；

D. 根据分子间距离与分子力的图像可知， $r_1$  向  $O$  运动过程中，分子力一直在增大，且整体表现为斥力，因此乙分子从  $r_1$  向  $O$  运动过程中，分子力始终做负功，分子动能始终减小，分子势能始终增大，所以乙分子从  $r_1$  向  $O$  运动过程中，两分子的势能一直增大故，故 D 正确。

故选 CD。

6. 【答案】ABD

【解析】

【详解】AD. 氢原子辐射出一个光子后，从高能级向低能级跃迁，氢原子的能量减小，能级降低，轨道半径减小，故 AD 正确；

BC. 氢原子的能量减小，根据

$$k \frac{e^2}{r} = m \frac{v^2}{r}$$

可得，轨道半径减小，电子的速率增大，因此其动能增大，又因为氢原子的能量减小，则可知氢原子的电势能减小，故 B 正确，C 错误。

故选 ABD

7. 【答案】C

【解析】

【分析】

【详解】ABC. 封闭环境中的气溶胶粒子的运动属于布朗运动，所以在空气中做无规则运动，AB 错误，C 正确。

D. 做布朗运动的粒子受力不平衡，所以才能做无规则运动，D 错误。

故选 C。

8. 【答案】BD

【解析】

【详解】A. 根据动量的大小与动能的关系可知发射电子的动能约为

$$E_k = \frac{P^2}{2m} = \frac{(1.2 \times 10^{-23})^2}{2 \times 9.1 \times 10^{-31}} \text{ J} \approx 8.0 \times 10^{-17} \text{ J}$$

故 A 错误;

B. 发射电子的物质波波长约为

$$\lambda = \frac{h}{P} = \frac{6.6 \times 10^{-34}}{1.2 \times 10^{-23}} \text{ m} \approx 5.5 \times 10^{-11} \text{ m}$$

故 B 正确;

CD. 物质波也具有波粒二象性, 故电子的波动性是每个电子本身的性质, 则每个电子依次通过双缝都能发生干涉现象, 只是需要大量电子显示出干涉图样, 故 C 错误, D 正确;

故选 BD。

9. 【答案】BC

【解析】

【详解】A. 由图知  ${}^4_2\text{He}$  核的比结合能约为 7 MeV, 所以结合能约为

$$4 \times 7 = 28 \text{ MeV}$$

故 A 错误;

B.  ${}^4_2\text{He}$  核比  ${}^6_3\text{Li}$  核的比结合能大, 所以  ${}^4_2\text{He}$  核比  ${}^6_3\text{Li}$  核更稳定, 故 B 正确;

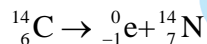
C. 两个  ${}^2_1\text{H}$  核结合成  ${}^4_2\text{He}$  核时, 即由比结合能小的反应生成比结合能大的释放能量, 故 C 正确;

D. 由图知  ${}^{235}_{92}\text{U}$  核中核子的平均结合能比  ${}^{89}_{36}\text{Kr}$  核中的小, 故 D 错误。

10. 【答案】D

【解析】

【详解】碳 14 原子核在衰变的瞬间生成的两个新核动量守恒, 由两核速度方向相反, 根据两核在磁场中的轨迹是两个内切圆, 再结合左手定则可知, 两新核的电性一定相反, 则可知碳 14 原子核发生的是  $\beta$  衰变, 则根据衰变过程中质量数守恒和电荷数守恒有



故选 D。

11. 【答案】C

【解析】

【详解】根据铬原子的能级公式可知, 铬原子在  $n=1$ ,  $n=2$ ,  $n=3$  时的能量分别为

$$E_1 = -A, \quad E_2 = -\frac{A}{4}, \quad E_3 = -\frac{A}{9}$$

则可知铬原子从  $n=2$  能级跃迁回  $n=1$  能级时放出的能量为

$$\Delta E = E_2 - E_1 = \frac{3A}{4}$$

$n = 3$  能级的铬原子电离需要的能量为

$$E = 0 - E_3 = \frac{A}{9}$$

因此  $n = 3$  能级的铬原子电离后获得的动能为

$$E_k = \Delta E - E = \frac{23A}{36}$$

故选 C。

12. 【答案】A

【解析】

【详解】一份量子等于  $h\nu$ ，即

$$\varepsilon = h\nu$$

得

$$h = \frac{\varepsilon}{\nu}$$

$\varepsilon$  的单位是 J， $\nu$  的单位是 Hz，根据

$$1\text{J} = 1\text{N}\cdot\text{m} = 1\text{kg}\cdot(\text{m}/\text{s}^2)\cdot\text{m}, \quad 1\text{Hz} = 1\text{s}^{-1}$$

可得  $h$  的单位等同于  $\text{kg}(\text{m}^2/\text{s})$ ，即可得

$$[h] = \text{ML}^2\text{T}^{-1}$$

故选 A。

二、本题共 2 小题，共 18 分。

13. 【答案】 ①. 8.95 ②. 1.56 ③.  $\frac{\Delta x d}{l}$  ④.  $5.2 \times 10^{-7}$

【解析】

【详解】(1) [1]由图丙可知，主尺刻度为 8mm，游标尺为 20 分度，最小分度值为 0.05mm，游标尺刻度第 19 格与主尺刻度对齐，则游标尺读数为

$$0.05 \times 19\text{mm} = 0.95\text{mm}$$

可得

$$x_2 = 8\text{mm} + 0.95\text{mm} = 8.95\text{mm}$$

(2) [2]由题意可得

$$\Delta x = \frac{x_2 - x_1}{5} = 1.56\text{mm}$$

(3) [3][4]根据条纹间距宽度的公式

$$\Delta x = \frac{l}{d} \lambda$$

代入数据可得

$$\lambda = \frac{\Delta x d}{l} = \frac{1.56 \times 0.20}{600} \times 10^{-3} \text{ m} = 5.2 \times 10^{-7} \text{ m}$$

14. 【答案】 ①. ABD ②.  $0.012\text{m}^2$  ③.  $6.3 \times 10^{-10} \text{ m}$  ④. AB##BA

【解析】

【详解】(1) [1] “用油膜法估测分子大小”的实验中，我们的实验依据是将油酸形成的膜看成单分子层油膜同时不考虑各油酸分子间的间隙以及将油酸分子看成球形。

故选 ABD。

(2) [2] 根据图中油膜所形成的面积，不足半格的舍去，超过半格的记为一格，估算得到油膜的面积有 120 格，而由于每一格的边长为  $1\text{cm}$ ，则油酸薄膜的面积为  $120\text{cm}^2$ ，即为

$$S = 0.012\text{m}^2;$$

[3] 1 滴油酸酒精溶液的体积为

$$V = \frac{1}{80} \text{ mL}$$

油酸占有酸溶液的体积分数为

$$\eta = \frac{0.6}{1000}$$

则可得 1 滴酒精油酸溶液中油酸的体积为

$$V' = \frac{1}{80} \times \frac{0.6}{1000} \text{ mL} = 7.5 \times 10^{-12} \text{ m}^3$$

由此可得油酸分子的直径为

$$d = \frac{V'}{S} = \frac{7.5 \times 10^{-12}}{0.012} \text{ m} = 6.25 \times 10^{-10} \text{ m}$$

结果保留两位有效数字为

$$d = 6.3 \times 10^{-10} \text{ m}$$

(3) [4] A. 在配置溶液时，不小心把酒精倒多了一点，导致溶液的实际浓度比计算值小一些，这将导致油酸的实际体积分数减小，即油酸的实际体积偏小，则油酸分子直径的测量值偏大，故 A 正确；

B. 由于酒精具有挥发性，上午配制的溶液，放置到下午某班级物理课堂上做实验时，油酸的浓度增大，体积分数变大，导致所得油酸的实际体积增大，则会导致油酸分子直径的测量值偏小，故 B 正确；

C. 若痱子粉在浅水盘中撒的太多，油酸将不能在潜水盘中充分散开，导致油酸的实际面积减小，将会导致油酸分子直径的测量值偏大，故 C 错误；

D. 若在实验准备过程中浅水盘清洗得不干净，留有少量油酸残余，则会导致油酸薄膜的面积偏大，在接下来的实验中将会导致油酸分子直径的测量值偏小，故 D 错误。

故选 AB。



三、本题包括 5 小题，共 46 分。解答应写出必要的文字说明、方程式和重要的演算步骤。只写出最后答案的不能得分，有数值计算的题，答案中必须明确写出数值和单位。

15. 【答案】(1) 225J；(2) 1030J

【解析】

【详解】(1) 由热力学第一定律

$$\Delta U = Q + W$$

因为气体向汽缸传递了 25J 的热量，故  $Q$  取负值，而向气体做功，故  $W$  取正值，由此可得压缩过程中活塞对气体做的功为

$$W = \Delta U - Q = 200\text{J} - (-25)\text{J} = 225\text{J}$$

(2) 由热力学第一定律

$$\Delta U_1 = Q_1 + W_1$$

由题意知气体对外做功

$$W_1 = Fs = 1 \times 10^4 \times 0.1\text{J} = 1 \times 10^3\text{J}$$

由于对外做功  $W_1$  取负值；又该做功过程气体传递给汽缸的热量为 30J，则  $Q_1 = 30\text{J}$ ，同样取负值，由此可得

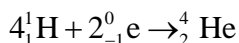
$$\Delta U_1 = -30\text{J} - 1000\text{J} = -1030\text{J}$$

$\Delta U_1$  取负值，表示内能减小，即该做功过程气体的内能减小了 1030J。

16. 【答案】(1)  $4_1^1\text{H} + 2_{-1}^0\text{e} \rightarrow {}_2^4\text{He}$ ；(2)  $\frac{SPt}{hv}$ ；(3)  $\frac{4\pi r^2 Pt_0}{c^2}$

【解析】

【详解】(1) 由题意可知，该核反应是 4 个质子和 2 个负电子聚合在一起而生成氦核，核反应方程可写为



(2) 设每秒内在地球上与太阳光垂直的每平方米的面积内光子的个数为  $n$ ，根据题意有

$$E_0 = Pt' = nhv$$

可得

$$n = \frac{Pt'}{hv}$$

$t'$  为单位时间，则上式可写成

$$n = \frac{P}{hv}$$

求地球上与太阳光垂直且面积为  $S$  的平面，在  $t$  时间内接收到的太阳辐射光子个数为

$$N = nSt = \frac{SPt}{hv}$$

(3) 设 1s 内太阳辐射的能量为  $E_1$ ，一年内太阳辐射的能量为  $E$ ，太阳每年由于核聚变减少的质量为

$\Delta m$ ，根据题意可知

$$E_1 = 4\pi r^2 P, \quad E = E_1 t_0 = 4\pi r^2 P t_0$$

根据爱因斯坦质能方程可得

$$E = \Delta E = \Delta m c^2$$

由此可得太阳每年因为辐射而减少的质量为

$$\Delta m = \frac{E}{c^2} = \frac{4\pi r^2 P t_0}{c^2}$$

17. 【答案】(1)  $-\frac{ke^2}{2}$ ; (2)  $\frac{e^2}{2\pi r_1} \sqrt{\frac{k}{mr_1}}$ ; (3)  $r_n = n^2 r_1$  ( $n=1,2,3,\dots$ ),  $E_n = -\frac{ke^2}{2r_n}$  ( $n=1,2,3,\dots$ )

【解析】

【详解】(1) 电子在半径为  $r_1$  的圆轨道上运动，根据牛顿第二定律有

$$k \frac{e^2}{r_1^2} = m \frac{v^2}{r_1}$$

而电子的动能

$$E_k = \frac{1}{2} m v^2$$

则氢原子的能量为

$$E = E_k + E_p = \frac{ke^2}{2r_1} - \frac{ke^2}{r_1} = -\frac{ke^2}{2}$$

(2) 设形成的等效电流的大小为  $I_1$ ，电子环绕氢原子核运行的周期为  $T_1$ ，则根据牛顿第二定律有

$$k \frac{e^2}{r_1^2} = m \frac{4\pi^2}{T_1^2} r_1$$

而形成的环形电流大小为

$$I_1 = \frac{e}{T_1}$$

联立解得

$$I_1 = \frac{e^2}{2\pi r_1} \sqrt{\frac{k}{mr_1}}$$

(3) 轨道满足量子化条件  $mv_n r_n = n \frac{h}{2\pi}$ ,  $n=1,2,3,\dots$

解得

$$\frac{v_n r_n}{v_1 r_1} = n$$

根据牛顿第二定律有

$$k \frac{e^2}{r_1^2} = m \frac{v_1^2}{r_1}$$

$$k \frac{e^2}{r_n^2} = m \frac{v_n^2}{r_n}$$

解得

$$v_n : v_1 = \sqrt{r_1} : \sqrt{r_n}$$

联立以上各式解得

$$r_n = n^2 r_1 \quad (n = 1, 2, 3, \dots)$$

电子在半径为  $r_n$  的圆轨道上运动，库仑力提供向心力，有

$$k \frac{e^2}{r_n^2} = m \frac{v_n^2}{r_n}$$

解得

$$E'_k = \frac{ke^2}{2r_n}$$

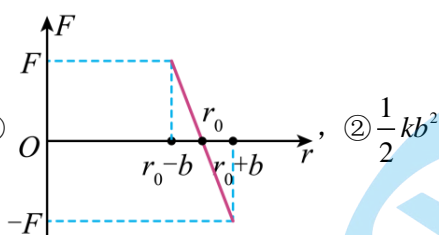
而

$$E'_p = -\frac{ke^2}{r_n}$$

则电子在这些轨道上运动时氢原子能量的表达式为

$$E_n = E'_k + E'_p = -\frac{ke^2}{2r_n} \quad (n = 1, 2, 3, \dots)$$

18. 【答案】(1) 见解析；(2) ①



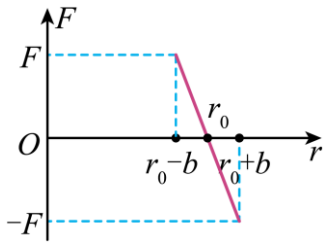
【解析】

【详解】(1) 当  $r = r_0$  时两分子间相互作用力 0，曲线斜率绝对值的大小表示分子间作用力的大小，曲线斜率为正时，分子力表现为引力，曲线斜率为负时，分子力表现为斥力。

(2) ①双原子分子系统中两原子在其平衡位置附近振动时，振动满足简谐振动，分子力与分子间距的变化满足

$$F = -kr \quad (r_0 - b \leq r \leq r_0 + b)$$

当分子到达  $r_0 + b$  时，此时分子间的回复力达到最大，且方向向左；当分子到达  $r_0 - b$  时，此时分子间的回复力同样达到最大，但方向向右，而取向右为正方向，则可得到如下图所示的两原子分子间的作用力随位置变化的关系图像



②有题意可知， $B$ 原子处于 $r_1 = r_0$ 处时，其动能最大，设为 $E_{k1}$ ，而当 $r_1 = r_0$ 时系统的势能有最小值，为

$$E_{p1} = E_{p0} + \frac{k}{2}(r - r_0)^2 = E_{p0}$$

$B$ 原子处于 $r_2 = r_0 - b$ 处时，系统的动能为0，势能最大，最大势能为

$$E_{p2} = E_{p0} + \frac{k}{2}(r_2 - r_0)^2 = E_{p0} + \frac{1}{2}kb^2$$

根据能量守恒定律得

$$E_{p1} + E_{k1} = E_{p2} + 0$$

解得

$$E_{k1} = \frac{1}{2}kb^2$$

19. 【答案】(1) 见解析， $p = \frac{h}{\lambda}$ ；(2) ① $\lambda = \frac{7}{5}\lambda_0$ ， $P = \frac{3\sqrt{2}}{7} \frac{h}{\lambda_0}$ ，②见解析

【解析】

【详解】(1) 由题意可得

$$E = mc^2$$

又

$$E = h \frac{c}{\lambda}$$

光子动量为

$$p = \frac{E}{c}$$

联立得

$$p = \frac{h}{\lambda}$$

(2) ①设光子入射的方向为 $x$ 轴，垂直于入射的方向为 $y$ 轴，入射的动量为 $p_0$ ， $x$ 方向上光子动量的分量为 $p_{0x}$ ， $y$ 方向上的分量为 $p_{0y}$ ，则

$$p_{0x} = \frac{h}{\lambda} \cos 37^\circ, \quad p_{0y} = \frac{h}{\lambda} \sin 37^\circ$$

设电子的动量在 $x$ 方向上的分量为 $p_x$ ， $y$ 方向上的分量为 $p_y$ ，则有



$$p_x = p \cos 45^\circ, \quad p_y = p \sin 45^\circ$$

光子在与电子作用前后  $x$ 、 $y$  方向动量分别守恒，则有

$$p_0 = p_{0x} + p_x, \quad p_{0y} = p_y$$

碰撞前后系统能量守恒，设碰撞前光子的能量为  $E_0$ ，碰撞后光子的能量为  $E'_0$ ，电子的能量为  $E$ ，则有

$$E_0 = h \frac{c}{\lambda_0}, \quad E'_0 = h \frac{c}{\lambda}, \quad E = pc$$

由能量守恒有

$$E_0 = E'_0 + E$$

联立以上各式，解得

$$\lambda = \frac{7}{5} \lambda_0, \quad p = \frac{3\sqrt{2}}{7} \frac{h}{\lambda_0}$$

②光子与静止得电子发生碰撞后，光子把一部分能量传递给了电子，即碰撞后光子的能量减小了，而光子的能量

$$E = h\nu = h \frac{c}{\lambda}$$

上式中，普朗克常量  $h$  和光在真空中的传播速度  $c$  均为定值，故光子能量减小，说明光子的波长变长了。

## 关于我们

北京高考在线创办于 2014 年，隶属于北京太星网络科技有限公司，是北京地区极具影响力的中学升学服务平台。主营业务涵盖：北京新高考、高中生涯规划、志愿填报、强基计划、综合评价招生和学科竞赛等。

北京高考在线旗下拥有网站门户、微信公众平台等全媒体矩阵生态平台。平台活跃用户 40W+，网站年度流量数千万量级。用户群体立足于北京，辐射全国 31 省市。

北京高考在线平台一直秉承 “精益求精、专业严谨” 的建设理念，不断探索 “K12 教育+互联网+大数据” 的运营模式，尝试基于大数据理论为广大中学和家长提供新鲜的高考资讯、专业的高考政策解读、科学的升学规划等，为广大高校、中学和教科研单位提供 “衔接和桥梁纽带” 作用。

平台自创办以来，为众多重点大学发现和推荐优秀生源，和北京近百所中学达成合作关系，累计举办线上线下升学公益讲座数百场，帮助数十万考生顺利通过考入理想大学，在家长、考生、中学和社会各界具有广泛的口碑影响力

未来，北京高考在线平台将立足于北京新高考改革，基于对北京高考政策研究及北京高校资源优势，更好的服务全国高中家长和学生。



微信搜一搜

北京高考资讯