

1 概念理解与深化

专题1 气体分子运动的统计规律

【练习与应用】

1. B

【解析】 题图中实线占百分比较大的分子速率较大,分子平均动能较大,根据温度是分子平均动能的标志,可知实线对应于氧气分子在 $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时的情形,选项 A 错误;题图中虚线占百分比较大的分子速率较小,所以对应于氧气分子平均动能较小的情形,选项 B 正确;温度降低,占百分比较大的分子速率变小,峰值向左移动,选项 C 错误;图纵坐标为单位速率区间的分子数占总分子数的百分比,无法得到氧气分子数,选项 D 错误。故选 B

2. D

【解析】 根据气体分子单位速率区间的分子数占总分子数的百分比随气体分子速率的变化曲线的意义可知,题图中两条曲线下面积相等,选项 A 正确;题图中虚线占百分比较大的分子速率较小,所以对应于氧气分子平均动能较小的情形,选项 B 正确;题图中实线占百分比较大的分子速率较大,分子平均动能较大,根据温度是分子平均动能的标志,可知实线对应于氧气分子在 $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时的情形,选项 C 正确;由分子速率分布图可知,与 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时相比, $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时的氧气分子速率出现在 $0\sim 400\text{ m/s}$ 区间内的分子数占总分子数的百分比较小,选项 D 错误。故选 D

3. 略

专题2 温度

【练习与应用】

1. B

【解析】 最高温度和最低温度分别为

$$T_1 = 273 + t_1 = (273 + 33)\text{ K} = 306\text{ K}$$

$$T_2 = 273 + t_2 = (273 + 22)\text{ K} = 295\text{ K}$$

最大温差为

$$\Delta T = T_1 - T_2 = 306\text{ K} - 295\text{ K} = 11\text{ K}$$

故选 B

2. AD

【解析】对于选项 AB,温标是温度的测量方法,不同的温标下,同一温度在数值表示上可能不同,故选项 A 正确,选项 B 错误;对于选项 CD,热力学温标是从理论上规定的,故选项 C 错误,选项 D 正确。故选 AD

3. B

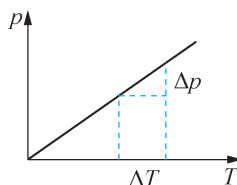
【解析】相同质量的不同物质,升高相同的温度,吸收的热量不同,故选项 A 错误;物体内能改变时温度不一定改变,比如零摄氏度的冰融化为零摄氏度的水,内能增加,故选项 B 正确;分子在永不停息地做无规则运动,可知任何物体在任何状态下都有内能,故选项 C 错误;物体的内能与分子数、物体的温度和体积三个因素有关,分子数和温度相同的物体不一定有相同的内能,故选项 D 错误

专题 3 气体实验定律

【练习与应用】

1. C

【解析】假设气体体积不变,均做等容变化。由于原来左右两边气体温度相同、压强相等,所以其 $p-T$ 图是重合的。如图所示,当环境温度升高至某温度过程中,气体压强增加同样的数值,故压强仍然相等,所以水银柱位置不变,选项 C 正确



第 1 题图

2. B

【解析】因为左、右两室气体压强之比为 5 : 3,所以拔出锁钉后活塞右移,左室气体对右室气体做功,外界温度恒定,则左、右室内能不变, $\Delta U=0$,但左室气体对外做功, $W<0$,根据热力学第一定律可知 $Q>0$,即左室气体吸热,选项 B 正确;同理可知,右室气体放热,选项 A 错误;右室气体对左室气体做负功,选项 C 错误;左室气体温度不变,则分子平均速率不变,选项 D 错误

3. (1) $T=295.8\text{ K}$ (2) 1.55

【解析】(1) 设室温为 T 时,室温下内部气体压强为 p_1

$$p_1 = p_0 + \rho g h_2 = 1.02 \times 10^5 \text{ Pa}$$

$$\frac{p_1}{T} = \frac{p_0}{T_0}$$

联立以上两式,解得 $T=295.8\text{ K}$ 。

(2) 以喷完液体后喷雾器内的气体为研究对象,设此时气体压强为 p_2 ,体积为 V_2 ,此气体经等温变化后,压强为 p_1 ,体积为 V_3 时,则

$$p_2 = p_0 + \rho gh \quad \text{①}$$

$$V_2 = Sh \quad \text{②}$$

$$h = h_1 + h_2 \quad \text{③}$$

由 $p_2 V_2 = p_1 V_3$, 解得同温同压下质量比等于体积比 $\frac{\Delta m}{m} = \frac{V_3 - V_0}{V_0} = 1.55$

4. (1) $1.24 \times 10^5 \text{ Pa}$ (2) 81.9 g

【解析】 (1) 由 $\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$

可得 $p_2 = \frac{T_2}{T_1} p_1 = \frac{273+37}{273+27} \times 1.2 \times 10^5 \text{ Pa} = 1.24 \times 10^5 \text{ Pa}$

(2) 设氮气在标准状况下的体积为 V ,

由 $\frac{1.2 \times 10^5 \times 60}{300} = \frac{1.0 \times 10^5}{273} V$ 得 $V = 65.52 \text{ L}$,

所以摩尔数 $n = \frac{65.52}{22.4} \text{ mol} = 2.925 \text{ mol}$,

所以氮气的质量为 $m = nM = 2.925 \times 28 \text{ g} = 81.9 \text{ g}$

(注:如果用 $pV = nRT$ 计算得 $n = 2.89 \text{ mol}$, 质量为 $m = 80.9 \text{ g}$ 也给分)

5. (1) $3200p_0$ (2) $120p_0$

【解析】 (1) 初始状态为 $p_1 = p_0, V_1 = nV_0, T_1 = T_0$,

击发瞬间 $T_2 = 8T_0, V_2 = V = 2.24 \times 10^{-3} \text{ L}$, 根据 $\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}$, 解得 $p_2 = 3200p_0$ 。

(2) 从初始状态 $p_3 = p_0, V_3 = 0.9nV_0, T_3 = T_0$, 变化到击发瞬间 $T_4 = 4T_0$,

$V_4 = V + 11V = 12 \times 2.24 \times 10^{-3} \text{ L}$,

根据 $\frac{p_3 V_3}{T_3} = \frac{p_4 V_4}{T_4}$, 解得 $p_4 = 120p_0$

专题4 热力学定律

【练习与应用】

1. 这种说法是错误的。本质在于可逆和不可逆的认识。自然界中一切自发过程都是不可逆过程;不平衡和耗散等因素的存在导致过程不可逆,只有当过程中的每一步,系统都无限接近平衡态,而且没有摩擦等耗散因素时,过程才是可逆的;不可逆过程并不是不能在反方向进行的过程,而是当可逆过程完成后,不能消除对外界的影响

2. D

【解析】 图(a)中迅速下压活塞,棉花会燃烧起来,说明做功可以改变物体的内能,使物体的温度升高,选项A错误;图(b)中重物下落会带动叶片转动,由于叶片对水做功而

使水的温度升高,选项 B 错误;图(c)中降落的重物使发电机发电,电流产生热量,向水传递热量使水的温度升高,选项 C 错误;做功和热传递都可以使物体的内能增加,选项 D 正确。故选 D

3. C

【解析】 对于选项 A、B,气闸舱 B 内为真空,打开阀门 K,A 中的气体进入 B 的过程中气体自由扩散,对舱壁不做功,同时系统对外界没有热交换,根据热力学第一定律 $\Delta U = W + Q$ 可知气体内能不变,选项 A、B 错误;对于选项 C,气体体积增大,温度不变,气体分子的密集程度减小,气体分子单位时间对 A 舱壁单位面积碰撞的次数减少,选项 C 正确;对于选项 D,根据熵增加原理可知,气闸舱 B 中气体不能自发地全部退回到座舱 A 中,即座舱 A 内气体的密度不可能自发地恢复到原来的密度,D 错误

4. B C

【解析】 燃烧汽油产生的内能一方面向机械能转化,同时通过热传递向空气转移,既不违背热力学第一定律,也不违背热力学第二定律;冷水倒入保温杯后,没有对外做功,同时也没有热传递,内能不可能减少,故违背热力学第一定律;某新型热机工作时将从高温热源吸收的热量全部转化为功,必然产生其他影响,故违背热力学第二定律;制冷机消耗电能工作时,从箱内低温环境中提取热量散发到温度较高的室内,发生了内能的转移,同时对外界产生了影响,既不违背热力学第一定律,也不违背热力学第二定律

专题 5 液体的表面张力

【练习与应用】

1. C

【解析】 托起针的是水的表面张力而不是浮力,选项 A 错误;选项 B、D 也是因为水的表面张力,所以 B、D 均错误,故选 C

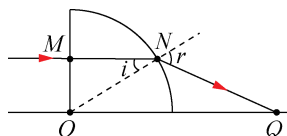
2. 由于海水水面有表面张力的作用,水珠之间相互吸引着,风很难把水珠刮起,只能形成海浪,所以海洋上的风只能带起少量的水沫,而沙漠中的沙子却不一样,沙粒之间几乎没有作用力,所以风能很容易刮起大量沙子

专题 6 折射定律 折射率

【练习与应用】

1. (1) $\sqrt{3}$ (2) $\frac{5R}{2c}$

【解析】 (1) 光路图如图所示,由几何关系 $\sin i = \frac{OM}{ON} = \frac{1}{2}$,



第 1 题图

可得 $i=30^\circ$, $MN=\frac{\sqrt{3}}{2}R$, 那么 $\tan \angle NQO = \frac{OM}{OQ-MN} = \frac{1}{\sqrt{3}}$,

所以 $\angle NQO=30^\circ$, 那么 $r=i+\angle NQO=60^\circ$ 。

因此, 透明介质的折射率为

$$n = \frac{\sin r}{\sin i} = \frac{\sin 60^\circ}{\sin 30^\circ} = \sqrt{3}$$

(2) 显然 $NQ=ON=R$, 光在介质中的传播速度 $v=\frac{c}{n}$,

则光束由 M 点传到 Q 点的时间为 $t = \frac{MN}{v} + \frac{NQ}{c} = \frac{5R}{2c}$

$$2. \frac{l}{2} \cdot \frac{\sqrt{n^2 - \sin^2 i}}{\sin i}$$

【解析】 设光线在介质上表面的折射角为 r ,

由折射定律 $n = \frac{\sin i}{\sin r}$ 得 $\sin r = \frac{\sin i}{n}$,

由几何关系可得介质的厚度

$$d = \frac{l}{2} \cot r = \frac{l}{2} \cdot \frac{\sqrt{1 - \sin^2 r}}{\sin r} = \frac{l}{2} \cdot \frac{\sqrt{n^2 - \sin^2 i}}{\sin i}$$

3. 30°

【解析】 作 BA 与轴线 OP 垂直, 则 $BA = \frac{D}{2} = \frac{\sqrt{2}}{2}R$,

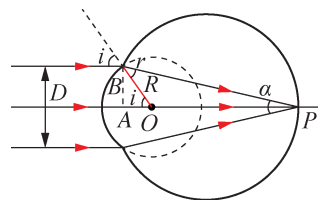
则 $\text{Rt}\triangle OAB$ 为等腰直角三角形, $\angle BOA = 45^\circ$,

设折射时入射角为 i , 折射角为 r , 由折射定律 $n = \frac{\sin i}{\sin r}$ 和

入射角 $i = \angle BOA = 45^\circ$, 可得 $\sin r = \frac{1}{2}$, 即 $r = 30^\circ$ 。

又因为在 $\triangle OPB$ 中, 有角度关系 $\frac{\alpha}{2} + r = i$,

所以 $\alpha = 2(i - r) = 30^\circ$



第3题图

专题7 光的干涉

【练习与应用】

1. A

【解析】 根据杨氏干涉条纹间距公式 $\Delta x = \frac{D}{d}\lambda$, 要使条纹间距变小, 则可以减小双缝

到光屏的距离,增大双缝间距离,或改用波长更短的单色光。故选 A

2. D

【解析】 反射光可看成是由 S 经平面镜成的像 S' 发出的。S' 和 S 构成一对相干光源,因此类似双缝干涉可以观察到明暗相间的干涉条纹,条纹方向与平面镜平行。类似的根据条纹间距的公式 $\Delta x = \frac{D}{d}\lambda$,将光源沿竖直方向靠近平面镜,相当于减小 S' 和 S 之间的距离 d,条纹间距会增大;将光屏沿水平方向远离平面镜时,相当于增大光源到光屏的距离 D,条纹间距增大

3. 频率 C $1.178 \times 10^{-2} \text{ m}$

【解析】 要产生干涉现象,两列波必须振动方向相同,频率相同,相位差恒定。根据波的叠加理论,C 处波峰与波谷相遇时,振动叠加相消,出现暗条纹,A、B 处振动叠加相长,出现亮条纹。由光程差条件可以得到光屏上 $x = \pm k\lambda \cdot \frac{D}{d}$ 处出现亮条纹,分别将 $k=1$ 与 $k=11$ 代入并相减,可得第 1 级与第 11 级亮条纹的距离为 $\Delta x = 10\lambda \cdot \frac{D}{d} = 1.178 \times 10^{-2} \text{ m}$

4. (1) 变大 变大 (2) A

【解析】 定性的分析,波长更长的单色光产生的干涉条纹更宽,对应环的半径也就越大;牛顿环是一种等厚干涉,换用半径更大的凸透镜,空气膜厚度的变化更平缓,条纹宽度变大,条纹的半径也变大。定量考虑,光程差 $\delta = 2h$,h 为空气膜厚度,亮条纹出现的条件为 $\delta = \pm k\lambda$,因此相邻条纹对应的厚度差为 $\Delta h = \frac{\lambda}{2} = 345 \text{ nm}$

专题 8 光的衍射

【练习与应用】

1. A

【解析】 大气中发生的光的散射现象是引起红日与蓝天的主要原因。由于空气和真空折射率差距很小,不同色光折射率差异也不大,色散效应不明显。而白光衍射的主要特征是一级一级的彩色亮纹,不止留有红色。最能引起人视觉的波长是 550 nm 左右的绿光

2. D

【解析】 提高分辨率应该避免衍射,选用波长更短的光或增大仪器口径。遥感要尽可能越过障碍物,即要容易发生衍射,应选用波长较长的光。衍射现象中光不再以走直线的形式传播,光路也不可逆

3. D

【解析】 根据题目提示可知,激光通过细丝后的现象类似单缝衍射,所以当条纹变宽时,细丝变细

专题 9 黑体辐射

【练习与应用】

1. 猎户 α 温度比太阳低,猎户 β 温度比太阳高

【解析】 根据色卡估算温度,猎户 α 温度比太阳低,猎户 β 温度比太阳高

2. $4.83 \times 10^{-7} \text{ m}$ 不是巧合,人眼对于这个波长最敏感才能最大限度利用太阳光看东西,这是进化和生存的需要

【解析】 根据维恩位移公式 $\lambda_m = \frac{b}{T} = \frac{2.898 \times 10^{-3}}{6000} \text{ m} \approx 4.83 \times 10^{-7} \text{ m}$

3. $2.51 \times 10^3 \text{ 个/m}^3$

【解析】 由单个光子能量 $E = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$ 得

光子的数密度 $\rho = \frac{\epsilon}{E} = \frac{\epsilon\lambda}{hc} = 2.51 \times 10^3 \text{ 个/m}^3$

4. $9.38 \times 10^{-6} \text{ m}$ 处于红外波段

【解析】 根据维恩位移公式

$$\lambda_m = \frac{b}{T} = \frac{2.898 \times 10^{-3}}{309} \text{ m} \approx 9.38 \times 10^{-6} \text{ m}$$

即处于红外波段

5. 橙色曲线温度高,蓝色曲线温度低

【解析】 由黑体实验规律可知,温度越高,辐射越强。橙色曲线温度高,蓝色曲线温度低

专题 10 光电效应

【练习与应用】

1. C

【解析】 光强相同则两束光的功率相同。在一定时间内,有 $Pt = Nh\nu$,则频率高的光子,其截止电压更大,同时单位时间内射入的光子数较少,产生的光电子也较少,因此饱和电流较小,图 C 能很好地符合这样的规律

2. B

【解析】 图 A,当反向电压与光子频率相同时,光强与单位时间的射入光子数成正

比,故与单位时间内发射的光电子成正比,即与光电流也成正比,选项 A 正确;图 B,由光电效应方程,截止电压时有 $h\nu = W + eU_0$,图线不过原点,选项 B 错误。图 C,光电子到达阳极时,有 $h\nu - W = eU + \frac{1}{2}mv^2$,而微观上,电流与电子的速度成正比,因此电流与反向电压的关系为 $I = A\sqrt{B-U}$ (A 、 B 为常量)。图 D,当光线照射阴极时,光电子迅速被激发达到稳定的电流,故选项 D 正确

3. $3.1 \times 10^3 \text{ eV}$ $1.44 \times 10^4 \text{ eV}$

【解析】 电子在匀强磁场中做匀速圆周运动时向心力等于洛伦兹力,有

$$m \frac{v^2}{r} = evB$$

$$v = \frac{erB}{m}$$

所以电子的最大初动能

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{e^2 r^2 B^2}{2m} = \frac{(1.6 \times 10^{-19})^2 \times (1.88 \times 10^{-4})^2}{2 \times 9.1 \times 10^{-31}} \text{ J} \approx 3.1 \times 10^3 \text{ eV}$$

入射光子的能量

$$\epsilon = h\nu = \frac{hc}{\lambda} = \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{7.1 \times 10^{-11} \times 1.6 \times 10^{-19}} \text{ eV} \approx 1.75 \times 10^4 \text{ eV}$$

根据爱因斯坦光电效应方程得金属的逸出功为

$$W = h\nu - E_k = 1.44 \times 10^4 \text{ eV}$$

4. $h\nu_0 - \frac{e^2 B^2 (R_2 - R_1)^2}{8m}$

【解析】 能通过磁场区的电子最小的轨迹圆内切于外极板 Q,且外切于内极板 P,则

$$R_3 = \frac{(R_2 - R_1)}{2} = \frac{mv}{eB}$$

$$v = \frac{eB(R_2 - R_1)}{2m}$$

根据爱因斯坦光电效应方程得金属的逸出功为

$$W = h\nu_0 - E_k = h\nu_0 - \frac{1}{2}mv^2 = h\nu_0 - \frac{e^2 B^2 (R_2 - R_1)^2}{8m}$$

专题 11 波粒二象性

【练习与应用】

1. A

【解析】 A. 电子双缝干涉实验中,刚开始时,电子落点是随机的,没有统计规律性,A 正确;

B. 如果让电子一个一个通过双缝,随着时间的延长,到达接受屏的电子数目逐渐增多,屏上电子的分布逐渐形成了衍射图样,呈现出电子的波动性,B 错误;

C. 入射电子能量越大,粒子性越明显,波动性越弱,C 错误;

D. 如果让电子一个一个通过双缝,这时接受屏上的点就会一个一个的出现,电子的落点是随机的,在任一时刻都无法预测下一个电子的落点,D 错误

2. 质子 一样长 质子

【解析】 根据德布罗意假设

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv} = \frac{h}{\sqrt{2mE_k}}$$

当动能相同时, $m_{\text{质}} > m_{\text{电}}$, 所以 $\lambda_{\text{质}} < \lambda_{\text{电}}$;

当动量相同时, 有 $\lambda_{\text{质}} = \lambda_{\text{电}}$;

当速度相同时, $m_{\text{质}} > m_{\text{电}}$, 所以 $\lambda_{\text{质}} < \lambda_{\text{电}}$

3. (a) 变小 (b) 变大 (c) 不变 (d) 不变

【解析】 (a) 电子沿着电场方向相反的方向运动,在电场力的作用下,速度增加,动量增加,根据德布罗意假设 $\lambda = \frac{h}{p}$, 德布罗意波长变小;

(b) 电子沿着电场方向相同的方向运动,在电场力的作用下,速度减小,动量减小,根据德布罗意假设 $\lambda = \frac{h}{p}$, 德布罗意波长变大;

(c) 电子沿磁场方向运动,不受洛伦兹力,速度不变,动量不变,根据德布罗意假设 $\lambda = \frac{h}{p}$, 德布罗意波长不变;

(d) 电子垂直磁场方向运动,在洛伦兹力作用下作匀速圆周运动,速度不变,动量不变,根据德布罗意假设 $\lambda = \frac{h}{p}$, 德布罗意波长不变

4. (1) $1.48 \times 10^4 \text{ eV}$ (2) $12.43 \times 10^4 \text{ eV}$

【解析】 显微镜能分辨的最小物体和使用的波长相当,即 $\lambda = 1.0 \times 10^{-11} \text{ m}$ 。

(1) 根据德布罗意假设

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

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

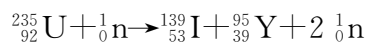
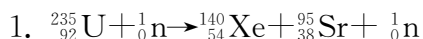
$$v = \frac{h}{m\lambda}$$

最小电子能量 $E_k = \frac{1}{2}mv^2$, 代入数据得 $E_k \approx 1.48 \times 10^4 \text{ eV}$;

(2) 光子能量 $\epsilon = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$, 代入数据得 $\epsilon \approx 12.43 \times 10^4 \text{ eV}$

专题 12 原子核 超重元素稳定岛

【练习与应用】



2. C A

【解析】核子和核子之间的相互作用可以用相互作用势能曲线来表示。在距离约为 1.0 fm 时, 是非常强的吸引力, 远大于正电荷之间的排斥力; 在距离约为 0.7 fm 时, 核力变成排斥力, 相互作用力几乎为零。

3. B

【解析】A. ${}_1^3\text{H} + {}_1^2\text{H} \rightarrow {}_2^4\text{He} + {}_0^1\text{n}$ 是轻核变成质量较大的原子核, 是核聚变反应, 故 A 正确;

B. 铀核裂变是铀核俘获一个中子后裂变成两个中等质量的原子核, 故 B 错误;

C. 核反应中质量数守恒, 电荷数守恒, He 原子核的质量数为 4, γ 是电磁波, 所以 X 原子核的质量数是 235, 故 C 正确;

D. 卢瑟福发现了质子的核反应方程为 ${}_2^4\text{He} + {}_7^{14}\text{N} \rightarrow {}_8^{17}\text{O} + {}_1^1\text{H}$, 故 D 正确

专题 13 质量亏损 核裂变和核聚变

【练习与应用】

1. (1) $1.56 \times 10^{13} \text{ kg}$ (2) 0.03%

【解析】(1) 每小时太阳辐射的能量

$$\Delta E = \Delta P t$$

根据相对论质能关系

$$\Delta M = \frac{\Delta E}{c^2} = \frac{\Delta Pt}{c^2} = \frac{3.9 \times 10^{26} \times 3\,600}{(3 \times 10^8)^2} \text{ kg} = 1.56 \times 10^{13} \text{ kg}$$

(2) 从开始燃烧到现在,质量损失百分比

$$\frac{1.56 \times 10^{13} \times 24 \times 365 \times 4.5 \times 10^9}{2.0 \times 10^{30}} \times 100\% \approx 0.03\%$$

2. $7.7 \times 10^{11} \text{ s}$ (约 24 417 年)

【解析】 1 kg 的氦中含氦原子数目为

$$N = \frac{1}{2.0136 \times 1.7 \times 10^{-27}} \approx 2.92 \times 10^{26} \text{ 个}$$

全部发生核聚变反应释放的能量为

$$\frac{2.92 \times 10^{26}}{2} \times 3.27 \times 1.6 \times 10^{-13} \text{ J} \approx 7.7 \times 10^{13} \text{ J}$$

能够使灯泡亮的时长为

$$\frac{7.7 \times 10^{13}}{100} = 7.7 \times 10^{11} \text{ s} \approx 24\,417 \text{ 年}$$

3. B

【解析】 A. 由图像可知,D 和 E 核子的平均质量大于 F 核子的平均质量,原子核 D 和 E 聚变成原子核 F 时,核子总质量减小,有质量亏损,要释放出核能,故 A 错误;

B. 由图像可知,A 的核子平均质量大于 B 与 C 核子的平均质量,原子核 A 裂变成原子核 B 和 C 时有质量亏损,要释放出核能,故 B 正确;

C. 光电子的最大初动能是由入射光的频率决定的,与入射光的强度无关,增加入射光的强度,光电子的最大初动能不变,故 C 错误;

D. 在核反应堆的铀棒之间插入镉棒是为了控制核反应速度,故 D 错误

2 知识应用与拓展

专题 14 热机与制冷机

【练习与应用】

1. B

【解析】 A. $A \rightarrow B$ 为等温过程,一定质量的理想气体的温度不变,内能不变,体积增大,气体对外做功,根据热力学第一定律可知气体从外界吸收热量,故 A 正确;

B. B→C 过程中为等容变化,一定质量的理想气体的压强减小,温度降低,分子的平均动能减小,气体分子的热运动变慢,故 B 错误;

C. C→D 过程为等温过程,一定质量的理想气体的压强增大,体积减小,分子密集程度增大,单位时间内碰撞单位面积器壁的分子数增多,故 C 正确;

D. D→A 过程为等容变化,一定质量的理想气体的压强增大,温度升高,气体分子的速率分布曲线发生变化,故 D 正确

2. AD

【解析】 氟利昂是一种既容易汽化又容易液化的物质;工作时电动压缩机使氟利昂蒸气压缩而液化,压入冰箱外的冷凝器管里将热量放出;冷凝器里的液态氟利昂,经过一段很细的毛细管进入冰箱内冷冻室的管子里,在这里迅速汽化,内能减小,从冰箱的内部吸收热量,使冰箱内部的温度降低。故选 AD

3. A

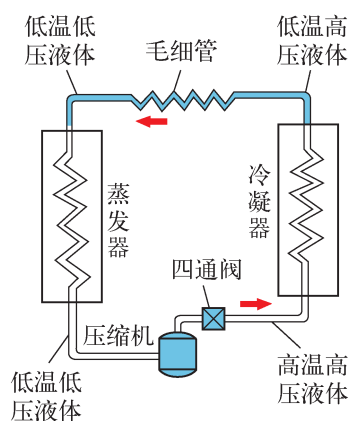
【解析】 热力学第二定律的克劳修斯表述为热量不能自发地从低温物体传到高温物体,电冰箱依靠压缩机实现了将热量从低温物体转移到高温物体,不违背热力学第二定律;制冷剂在蒸发器中由液态变成气态的过程中,体积膨胀,对外做功,故选 A

4. 单冷空调机和电冰箱都是制冷机,它们的工作原理基本相同。为了便于分析,我们以电冰箱为研究对象,认识它的基本结构和工作过程。

从右图可以知道,压缩机是空调机的“心脏”,它消耗电能对来自蒸发器的制冷剂蒸汽做功,使它变成高温高压的蒸汽。然后这些高温高压的蒸汽来到冷凝器,向低温的环境放热,同时自身被冷却而凝成低温高压的液体。

这些低温高压的液体制冷剂由过滤器滤掉水分和杂质,进入毛细管,经节流阀膨胀,变为低温低压的液体,随后进入空调机的蒸发器。在蒸发器内,这些低温低压的液态制冷剂在低压条件下迅速汽化,从外界(空调机内)吸收热量,使空调机的温度降低。这样就完成了一个制冷循环。

由此可见第二位同学的论点正确



电冰箱的制冷循环回路

第 4 题图

专题 15 生活中的毛细现象

【练习与应用】

【解析】 1. 液体润湿管壁情况:

冷端 1 2 热端

设外界大气压强为 p_0 , 则冷端的压强为

$$p_1 = p_0 - \frac{2\sigma_1}{R}$$

热端的压强

$$p_2 = p_0 - \frac{2\sigma_2}{R}$$

因为冷端的温度低于热端, 所以 $\sigma_1 > \sigma_2$, 故

$$p_1 < p_2$$

热端压强大于冷端压强, 将会推动液体向冷端移动。

液体不润湿管壁情况:



设外界大气压强 p_0 , 则冷端的压强为

$$p_1 = p_0 + \frac{2\sigma_1}{R}$$

热端的压强

$$p_2 = p_0 + \frac{2\sigma_2}{R}$$

因为冷端的温度低于热端, 所以 $\sigma_1 > \sigma_2$, 故

$$p_1 > p_2$$

冷端压强大于热端压强, 将会推动液体向热端移动

2. 不会

【解析】 毛细管高出水面的高度小于 h , 水不会不断流出, 因为水柱到达管口后, 水面的弯曲程度减小, 由弯曲水面所产生的表面张力提供的向上合力减小, 故不会有水流出。

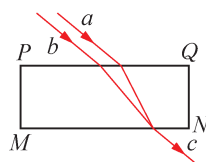
将同样粗细的弯管插入水中, 水同样不会不断流出, 因为弯管处的结构破坏了水原先在管中的球形液面, 表面张力附加压强将减小, 故不会有水流出

专题 16 彩虹与大气光现象

【练习与应用】

1. D

【解析】 由光路可逆性可以知道, a 、 b 两束光均不会发生全反射, 将光路补全, a 光偏转角度更大, 故折射率更大, 在玻璃中波速更小, 波长更短。因此发生干涉时, a 光的条纹间距比 b 光短。由图也可以发现, 当玻璃砖厚度减小时, 两束光不再合为一束



第 1 题图

2. B

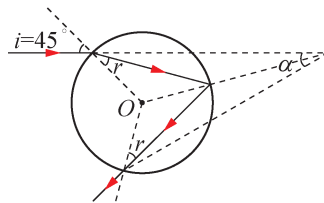
【解析】 由图可知, b 光偏转角度更大, 故折射率更大, 波长更短

3. (1) 30° (2) 红光 α 角更大

【解析】 (1) 紫光光路图如图所示,

由折射定律 $n = \frac{\sin i}{\sin r}$ 得 $r = 30^\circ$,

由几何关系可知 $\frac{\alpha}{2} = r - (i - r)$, 则 $\alpha = 4r - 2i = 30^\circ$ 。



第 3 题图

(2) 红光折射率比紫光小, 那么 $r_{\text{红}} > r_{\text{紫}}$, 于是 $\alpha_{\text{红}} > \alpha_{\text{紫}}$, 故红光偏转角更大

专题 17 钻石闪耀的奥秘

【练习与应用】

1. B

【解析】 入射光在 AC 表面上入射角为 45° , $\sin 45^\circ = \frac{1}{\sqrt{2}} > \frac{1}{n}$, 已经超过全反射临界角, 即会发生全反射, 光线传播方向改变 90° , 同理在 BC 表面也发生全反射, 最终出射光线与入射光线平行

2. 60°

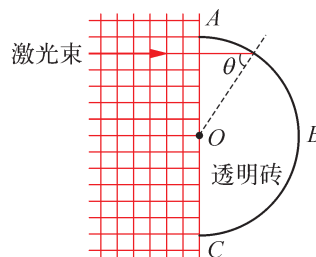
【解析】 光线在 AB 表面的入射角 $i = 90^\circ - \theta$, 要求不能射入空气, 则要发生全反射, 临界角 C 满足 $\sin C = \frac{1}{n} = \frac{1}{2}$, 故 $C = 30^\circ$, 发生全反射, 则 $i \geq C$, 所以 $\theta \leq 60^\circ$

3. 1.2

【解析】 根据题意作出光路图,

刚好能发生全反射时的条件 $n = \frac{1}{\sin \theta}$,

由几何关系 $\sin \theta = \frac{5}{6}$ 得 $n = 1.2$



第 3 题图

专题 18 光的波动性应用

【练习与应用】

1. ACD

【解析】 根据题目提示,被测样品 P 有“旋光性”,因此经偏振片 A 起偏后通过 P 的光线偏振方向与 A 不同,再通过与 A 透振方向相同的检偏器 B 后光强会比不放置 P 时减弱,而 A 或 B 中的一个转过 α 角后,B 的透振方向与光通过 P 后的偏振方向一致,到达 O 处的光强最大

2. C

【解析】 这属于等厚干涉,是膜的前后两表面反射的光叠加形成的干涉现象,条纹沿等厚线分布,大致水平,亮纹处发生相长干涉,暗纹处发生相消干涉,波长越长的光干涉条纹也越宽

3. B

【解析】 转动偏振镜时发现光有强弱变化,说明反射光是偏振光。日常生活中的反射与折射都会引起光的偏振,此处水面反射阳光,水面就起到类似起偏器的作用,而偏振镜片就起到检偏器的作用

专题 19 光子的动量 激光冷却

【练习与应用】

1. $\frac{1}{3} \times 10^{-7} \text{ Pa}$

【解析】 根据德布罗意假设,光子动量

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

光压

$$p = \frac{\overline{F}}{S} = \frac{n \cdot \Delta p}{S \Delta t} = \frac{n \cdot h\nu}{S c \Delta t} = \frac{P}{S c} = \frac{1 \times 10^{-3}}{1 \times 10^{-4} \times 3 \times 10^8} \text{ Pa} = \frac{1}{3} \times 10^{-7} \text{ Pa}$$

2. 风车转动不是因为光压,是热辐射导致风车转动的

3. 约 104 m/s 约 3 000 个

【解析】 1 个钠原子的质量为

$$m = \frac{22.989\,77 \times 10^{-3}}{6.02 \times 10^{23}} \text{ kg} = 3.818\,9 \times 10^{-26} \text{ kg}$$

单个钠原子动能为

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2$$

所以钠原子速度

$$v = \sqrt{\frac{2E_k}{m}} = \sqrt{\frac{2 \times 2.1 \times 10^{-22}}{3.678\,363\,2 \times 10^{-26}}} \text{ m/s} \approx 10^5 \text{ m/s}$$

单个光子的能量

$$\varepsilon = h\nu$$

使单个钠原子静止,需要吸收的光子的数目

$$mv = \frac{nh}{\lambda} = \frac{nh\nu}{c}$$

$$n = \frac{m\nu c}{h\nu} = 3\,025 (\text{个})$$

专题 20 原子结构模型

【练习与应用】

1. C

【解析】 A. 中大角度偏转的 α 粒子的电场力先做负功,后做正功,则其电势能先增大后减小,故 A 错误;

B. 图中的 α 粒子反弹是因为 α 粒子与金原子核之间的库伦斥力作用,并没有发生碰撞,故 B 错误;

C. 从绝大多数 α 粒子几乎不发生偏转,可以推测使粒子受到排斥力的核体积极小,所以带正电的物质只占整个院子的很小空间,故 C 正确;

D. 依据 α 粒子散射实验可以估算原子核的大小,故 D 错误

2. $2.3 \times 10^{-13} \text{ m}$

【解析】 α 粒子迎头飞向金原子核,散射角 $\theta = 180^\circ$,

最近距离由 $\frac{1}{2}mv^2 = \frac{2kZe^2}{r_m}$ 得 $r_m \approx 2.3 \times 10^{-13} \text{ m}$

3. 3.26 m/s

【解析】 光子能量

$$E = h\nu = E_2 - E_1 = hcR_H \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right) = 13.6 \times \left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{2^2} \right) \text{ eV} = 10.2 \text{ eV}$$

根据 $E^2 = p^2c^2 + E_0^2$,考虑光子的静止动量为 0,对应的动量为

$$p = \sqrt{\frac{E^2 - E_0^2}{c^2}} = \sqrt{\frac{E^2}{c^2}} = \frac{E}{c}$$

又光子动量 $p = mc$, 有动量守恒

$$mc = Mv$$

两式联立, 得

$$v = \frac{E}{Mc} = \frac{10.2 \times 1.602 \times 10^{-19}}{1.674 \times 10^{-27} \times 3 \times 10^8} \text{ m/s} \approx 3.26 \text{ m/s}$$

4. A

【解析】 电子跃迁时发出的光子能量为 $E = E_m - E_n$, 能量差 $E_3 - E_2$ 等于光子 b 的能量, 能量差 $E_2 - E_1$ 等于光子 c 的能量, 能量差 $E_3 - E_1$ 等于光子 a 的能量, 由玻尔理论可知 $E_3 - E_2 < E_2 - E_1$, 结合题图可知光子的能量关系为 $E_a = E_c - E_b$, 同时 $E_a > E_c > E_b$, 又 $E = \frac{hc}{\lambda}$

联立可得

$$\frac{1}{\lambda_a} = \frac{1}{\lambda_b} + \frac{1}{\lambda_c}, \lambda_a < \lambda_c < \lambda_b$$

故选项 A 正确, B 错误;

由玻尔理论氢原子的各个能级都是负值, 可知 $E_3 > E_2 > E_1$, 而且 $E_1 + E_2 \neq E_3$, 故 CD 错误

专题 21 半衰期 放射性测年法

1. A

【练习与应用】

【解析】 根据质能方程可知核反应中释放的能量为 $(m_1 - m_2 - m_3)c^2$, 故 A 正确; 根据三种射线的特点与穿透性, 可知 γ 射线的穿透本领比 β 粒子强, 故 B 错误; 半衰期具有统计意义, 对少数的原子核没有意义, 故 C 错误; 根据 β 衰变的本质可知, β 粒子是原子核内的一个中子转变为质子时产生的, 故 D 错误

2. $\frac{15}{16} \text{ N kg}$

【解析】 $4T$ 时间内发生衰变的元素 A 的质量

$$m = 1 - 1 \times \left(\frac{1}{2}\right)^4 \text{ kg} = \frac{15}{16} \text{ kg}$$

因为元素 A 衰变成元素 B, 且 A 的质量是 B 的质量的 N 倍,

则 $4T$ 时间内产生的元素 B 的质量

$$m' = \frac{15}{16} \text{ N kg}$$

3. (1) $\frac{1}{64} \mu\text{g}$ (2) 30 分钟 (3) 20 分钟

【解析】(1) 一小时后, 经历了 6 个半衰期, 剩余 ${}^{13}_7\text{N}$ 质量为 $1 \times \left(\frac{1}{2}\right)^6 = \frac{1}{64} \mu\text{g}$ 。

(2) 设经过 t 分钟后, 剩下 $0.1 \mu\text{g } {}^{13}_7\text{N}$

$$1 \times \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{10}} = 0.1$$

$$t \approx 30$$

所以约 30 分钟后, 剩余 $0.1 \mu\text{g } {}^{13}_7\text{N}$ 。

(3) 衰变方程 ${}^{13}_7\text{N} \rightarrow {}^{13}_6\text{C} + {}^0_1\text{e}$

设经过 t' 分钟后, ${}^{13}_6\text{C}$ 和 ${}^{13}_7\text{N}$ 的质量比为 3 : 1

$$1 - 1 \times \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t'}{10}} = 3 \times 1 \times \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t'}{10}}$$

$$t' = 20 \text{ min}$$

所以 20 分钟后, ${}^{13}_6\text{C}$ 和 ${}^{13}_7\text{N}$ 的质量比为 3 : 1

4. (1) 放出了 8 个 α 粒子 6 个 β 粒子 (2) 6×10^{23} 个

【解析】(1) 衰变方程为 ${}^{238}_{92}\text{U} \rightarrow {}^{206}_{82}\text{Pb} + 8\alpha + 6\beta$ 。

(2) 半衰期为 4.5×10^9 年, 经历了 9.0×10^9 年, 即经历了两个半衰期,

发生反应的 ${}^{238}_{92}\text{U}$ 核数量为 $\left(1 - \frac{1}{2^2}\right) \times 10^{23} = 7.5 \times 10^{22}$ 个,

放出 α 粒子 $8 \times 7.5 \times 10^{22} = 6 \times 10^{23}$ 个