

摩尔气体常量  $R = 8.31 J / (mol \cdot K)$ ; 玻尔兹曼常量  $k = 1.38 J / K$

普朗克常量  $h = 6.63 \times 10^{-34} J \cdot s$ ; 基本电荷  $e = 1.60 \times 10^{-19} C$ ;

真空光速  $c = 3 \times 10^8 m / s$ ; 电子静质量  $m_0 = 9.11 \times 10^{-31} kg$ ;

一、单选题 (每题 3 分, 共 30 分)

1. 设有下列过程:

① 用活塞缓慢地压缩绝热容器中的理想气体 (设活塞与器壁无摩擦);

② 用缓慢旋转的叶片使绝热容器中的水温上升;

③ 气体绝热自由膨胀;

④ 一滴墨水在水杯中缓慢的弥散开;

其中是可逆过程的为

[ ]

(A) ②④ (B) ①② (C) ①③ (D) ①

2. 一瓶氢气和一瓶氮气密度相同, 分子平均平动动能相同, 而且都处于平衡状态, 则它们为

[ ]

(A) 温度相同、压强相同。

(B) 温度、压强都不同。

(C) 温度相同, 但氢气的压强大于氮气的压强。

(D) 温度相同, 但氢气的压强小于氮气的压强。

3. 一个封闭的圆筒形容器, 其内部被导热且不漏气的可移动活塞隔成 A、B 两部分。

最初活塞位于圆筒的正中央, 在活塞的两侧各自充以理想气体, 使气体的状态量分别为

$(p_A, T_A)$  和  $(p_B, T_B)$ , 则平衡时活塞两侧长度的比值  $l_A / l_B$  为

[ ]

(A)  $p_A T_A / (p_B T_B)$

(B)  $p_A T_B / (p_B T_A)$

(C)  $p_B T_B / (p_A T_A)$

(D)  $p_B T_A / (p_A T_B)$

4. 用下列两种方法: (1) 使高温热源的温度  $T_1$  升高  $\Delta T$ ; (2) 使低温热源的温度  $T_2$  降低同样的值  $\Delta T$ , 可使卡诺热机的效率分别升高  $\Delta \eta_1$  和  $\Delta \eta_2$ , 两者相比

(A)  $\Delta \eta_1 > \Delta \eta_2$  (B)  $\Delta \eta_1 = \Delta \eta_2$  (C)  $\Delta \eta_1 < \Delta \eta_2$  (D) 无法确定哪个大

5. 在加热黑体的过程中, 黑体单色辐出度的峰值波长由  $0.8 \mu m$  变到  $0.4 \mu m$ , 则其辐射出射度增大为原来的

[ ]

(A) 2 倍

(B) 4 倍

(C) 8 倍

(D) 16 倍

6. 气缸内盛有一定量的氢气(可视作理想气体), 当温度不变而压强增大一倍时, 氢气分子的平均碰撞频率  $\bar{Z}$  和平均自由程  $\bar{\lambda}$  的变化情况是: [ ]

- (A)  $\bar{Z}$  和  $\bar{\lambda}$  都增大一倍. (B)  $\bar{Z}$  和  $\bar{\lambda}$  都减为原来的一半.  
 (C)  $\bar{Z}$  增大一倍而  $\bar{\lambda}$  减为原来的一半. (D)  $\bar{Z}$  减为原来的一半而  $\bar{\lambda}$  增大一倍.

7. 关于热功转换和热量传递过程, 下列叙述正确的是: [ ]

(1) 功可以完全变为热量, 而热量不能完全变为功;

(2) 一切热机的效率都只能小于 1; ✓

(3) 热量不能从低温物体向高温物体传递;

(4) 热量自发从高温物体向低温物体传递是不可逆的. ✓

(A) 只有(2)、(4)正确.

(B) 只有(2)、(3)、(4)正确.

(C) 只有(1)、(3)、(4)正确.

(D) 全部正确.

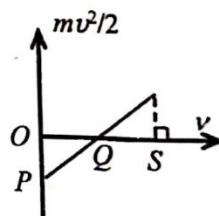
8. 光电效应中发射的光电子最大初动能随入射光频率  $\nu$  的变化关系如图所示, 则普朗克常量等于下列各量中的哪一个? [ ]

(A)  $OQ$

(B)  $OP$

(C)  $OP/OQ$

(D)  $QS/OS$



9. 在康普顿散射实验中, 入射 X 射线的波长为  $\lambda_0 = 3.0 \times 10^{-3} \text{ nm}$ , 在散射角为  $60^\circ$  方向上, 两种散射 X 射线波长的差值为  $\Delta\lambda = \lambda - \lambda_0$ . 若改用波长为  $\lambda'_0 = 2.0 \times 10^{-2} \text{ nm}$  的 X 射线重复上述实验, 在散射角为  $60^\circ$  方向上两种散射 X 射线波长的差值为  $\Delta\lambda'$ , 则有 [ ]

(A)  $\Delta\lambda' > \Delta\lambda$

(B)  $\Delta\lambda' = \Delta\lambda$

(C)  $\Delta\lambda' < \Delta\lambda$

(D) 条件不足, 无法确定

10. 一质量为  $m$  的粒子被限制在宽度为  $a$  的一维无限深方势阱(在  $0 < x < a$  范围内, 势能函数  $E_p = 0$ ) 中, 其基态所对应的量子数为  $n=1$ . 当该粒子处于量子数  $n=14$  的激发态, 其概率密度最大的各点中, 距离  $x=0$  最近的是 [ ]

(A)  $x = a/2$

(B)  $x = a/7$

(C)  $x = a/14$

(D)  $x = a/28$

## 二、填空题 (共 27 分)

11. (3 分) 在证明电子波动性的戴维孙-革末实验中, 当加速电压为  $U$  时, 不考虑相对论效应, 打到镍晶体上的电子的德布罗意波长为  $\lambda =$  \_\_\_\_\_.  
 (已知电子的电量为  $e$ , 质量为  $m$ )

12. (5 分) 已知电子被限制在宽度为  $a$  的一维无限深方势阱中运动, 其基态波函数为

$$\psi(x) = \sqrt{\frac{2}{a}} \sin \frac{\pi}{a} x \quad (0 \leq x \leq a), \text{ 那么电子在 } x = a/4 \text{ 处出现的概率密度为 } \underline{\hspace{2cm}};$$

电子处在  $x = a/4$  到  $x = a/2$  处之间的概率为 \_\_\_\_\_.

13. (本题 4 分)

在温度为  $T$  的平衡态下, 某理想气体的气体分子的平均速率为  $450\text{m/s}$ , 则在此温度下气体分子的最概然速率为\_\_\_\_\_  $\text{m/s}$ 、方均根速率为\_\_\_\_\_  $\text{m/s}$ 。

14. (本题 3 分)

$1\text{mol}$  某单原子分子理想气体初始时的体积为  $V$ 、温度为  $T$ , 经历一热力学过程后体积变为  $2V$ 、温度变为  $2T$ , 则气体在这一过程中的熵变为\_\_\_\_\_。

15. (4 分) 已知  $f(v)$  为麦克斯韦速率分布函数,  $v_p$  为分子的最概然速率。

则  $\int_0^{v_p} f(v)dv$  表示\_\_\_\_\_;

速率  $0 < v < v_p$  的分子的平均速率表达式为\_\_\_\_\_。

16. (本题 3 分)

动能分别为  $16\text{eV}$  和  $49\text{eV}$  的电子的德布罗意波长之比为\_\_\_\_\_。

17. (本题 5 分)

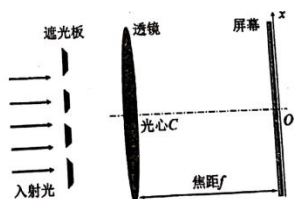
根据氢原子的玻尔理论, 氢原子在主量子数为  $n=2$  和  $n=3$  的定态时, 电子轨道运动的速率

之比为  $v_2:v_3 = \underline{\hspace{2cm}}$ , 圆轨道半径之比为  $r_2:r_3 = \underline{\hspace{2cm}}$ 。

三、计算题 (共 43 分)

18. (本题 14 分)

如图所示, 在一遮光板上有三条等距离、等宽度的平行狭缝, 每条透光缝的宽度为  $2\mu\text{m}$ , 相邻两缝之间不透光部分的宽度为  $3\mu\text{m}$ , 在遮光板后放有一焦距为  $f$  的凸透镜。现以波长为  $\lambda = 600\text{nm}$  的平行单色光垂直照射遮光板, 问: (1) 在置于透镜焦平面的屏幕上一共可以观察到多少条明条纹? (2) 若只允许中间的狭缝透光, 屏幕上一共可以观察到多少条暗纹?



19. (14 分) 在康普顿散射实验中, 若入射光子的波长  $\lambda_0 = 3 \times 10^{-3}\text{nm}$ , 反冲电子的速度  $v = 0.6c$ , 求: (1) 反冲电子的德布罗意波长  $\lambda_e$ ; (2) 散射光子的波长  $\lambda$ ; (3) 散射角的余弦。

(电子的相对论质量  $m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - (v/c)^2}}$ , 结果均保留三位有效数字)

20. (本题 15 分)

如图所示, 一定量 (刚性) 双原子分子理想气体所经历的循环过程是由直线过程  $AB$ 、等体过程  $BC$  和等压过程  $CA$  构成的。求: (1) 理想气体在  $AB$  过程中内能的改变量  $\Delta E$ 、对外界所做的功  $W$  和从外界吸收的热量  $Q$ ; (2) 在一个循环中理想气体对外界所做净功; (3) 循环的效率; (4)  $AB$  过程的摩尔热容。

