

## 西南交通大学 2018—2019 学年第(一)学期期末试卷

课程代码 6111020 课程名称 大学物理 AII (A 卷) 考试时间 120 分钟

西南交通大学《大学物理》考试答题卡使用说明:

(1) 同学们在取得答题卡后, 请首先将条形码粘贴在答题卡上的贴条形码区, 再用黑色墨水笔在答题卡信息栏区域填写学号、姓名、班级、课程代码。凡答题卡中信息栏区域填写字迹不清、无法辨认的, 成绩无效。

(2) 必须严格按照要求做答题目。所有最终答案必须解答在答题卡上。单项选择题、判断题必须使用 2B 铅笔在答题卡上相应位置正确填涂信息点, 修改时必须用橡皮擦净。填空题、计算题必须用黑色墨水笔在答题卡指定区域内作答。不按规定要求填涂和作答的, 一律无效。

(3) 填涂技巧: 为保证光电阅读器准确无误地识别所涂的信息点, 填涂时必须用 2B 铅笔横向涂写数笔, 黑度以盖住信息点的区域: ☐ 为准。例如: 正确的填涂: ☒

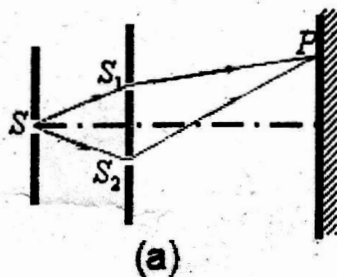
一、单项选择题: (每小题 2 分, 共 30 分。注意: 请在答题卡上用 2B 铅笔将正确的选项按要求填涂。例如: ☐ A ☒ B ☐ C ☐ D, 是将 ☒ B 涂黑, 表示选项 B 是正确的。其它位置处不得分)

B1. 一束自然光通过两个偏振片, 若两偏振片的偏振化方向间夹角由  $30^\circ$  转到  $60^\circ$ , 则转动前后透射光强度之比为

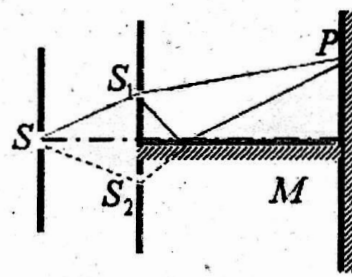
(A) 1 : 3

(C)  $\sqrt{3} : 1$ (B) 3 : 1  $(\frac{1}{2}I_0 \cos^2 30^\circ) : (\frac{1}{2}I_0 \cos^2 60^\circ)$ (D) 1 :  $\sqrt{3}$ 

B2. 在双缝干涉实验中, 屏幕上的 P 点处是明条纹, 如图 (a) 所示。若将缝  $S_2$  盖住, 并在  $S_1S_2$  连线的垂直平分面处放一介质反射面 M, 如图 (b) 所示, 则此时



(a)



(b)

(A) P 点处仍为明条纹

(B) P 点处为暗条纹

(C) 不能确定 P 点处是明条纹还是暗条纹

(D) 无干涉条纹

A3. 两块平板玻璃构成空气劈形膜, 左边为棱边, 用单色平行光垂直入射。若上面的平板玻璃以棱边为轴, 沿逆时针方向作微小转动, 则干涉条纹的

(A) 间隔变小, 并向棱边方向平移

(B) 间隔变大, 并向远离棱边方向平移

(C) 间隔不变, 向棱边方向平移

(D) 间隔变小, 并向远离棱边方向平移



B 4. 一束平行单色光垂直入射在光栅上, 当光栅常数  $a+b$  为下列哪种情况时 ( $a$  代表每条缝的宽度),  $k = 3, 6, 9$  等级次的主极大均不出现?

$$k = \frac{d}{a} k', \quad k' = 1, 2, 3, \dots$$

(A)  $a+b=2a$

(B)  $a+b=3a$

(C)  $a+b=4a$

(D)  $a+b=6a$

C 5. 若把牛顿环装置(都是用折射率为 1.52 的玻璃制成)由空气搬入折射率为 1.33 的水中, 则干涉条纹

(A) 中心暗斑变成亮斑

(B) 变疏

(C) 变密

(D) 间距不变

$$k \lambda: 2ne_k + \frac{\lambda}{2} = k\lambda$$

$$e_k = (k - \frac{1}{2}) \cdot \frac{\lambda}{2n}, \quad r_k = \sqrt{2Re_k}$$

D 6. 用频率为  $\nu$  的单色光照射某种金属时, 逸出光电子的最大动能为  $E_K$ ; 若改用频率为  $2\nu$  的单色光照射此种金属时, 则逸出光电子的最大动能为

(A)  $2E_K$

(B)  $2h\nu - E_K$

(C)  $h\nu - E_K$

(D)  $h\nu + E_K$

A 7. 已知粒子在一维矩形无限深势阱中运动, 其波函数为:

$$\psi(x) = \frac{1}{\sqrt{a}} \cos \frac{3\pi x}{2a} \quad (-a \leq x \leq a)$$

那么粒子在  $x = \frac{5a}{6}$  处出现的概率密度为

$$|\psi(\frac{5a}{6})|^2 = \left[ \frac{1}{\sqrt{a}} \cos\left(\frac{3\pi}{2a} \cdot \frac{5a}{6}\right) \right]^2$$

(A)  $\frac{1}{2a}$

(B)  $\frac{1}{a} = \frac{1}{2a}$

(C)  $\frac{1}{\sqrt{2a}}$

(D)  $\frac{1}{\sqrt{a}}$

C 8. 下列各组量子数中, 哪一组可以描述原子中电子的状态

(A)  $n=2, l=2, m_l=0, m_s=\frac{1}{2}$

(B)  $n=3, l=1, m_l=-2, m_s=-\frac{1}{2}$

(C)  $n=3, l=2, m_l=-1, m_s=\frac{1}{2}$

(D)  $n=2, l=1, m_l=0, m_s=0$

A 9. 两种不同的理想气体, 若它们的最概然速率相等, 则它们的

(A) 平均速率相等, 方均根速率相等

(B) 平均速率相等, 方均根速率不相等

(C) 平均速率不相等, 方均根速率相等

(D) 平均速率不相等, 方均根速率不相等

$$v_p = \sqrt{2RT/M}$$

$$\bar{v} = \sqrt{8RT/2M}, \quad \sqrt{\overline{v^2}} = \sqrt{3RT/M}$$

10. 以  $N$  表示分子总数,  $T$  表示气体温度,  $m$  表示气体分子的质量。当分子速率  $v$  确定后, 决定麦克斯韦速率分布函数  $f(v)$  的数值的因素是

$v$  能确定吗?

(A)  $m, T$

(B)  $N$

(C)  $N, m$

(D)  $N, T$



B 11. 容积恒定的容器内盛有一定量某种理想气体, 其分子热运动的平均自由程为  $\bar{\lambda}_0$ , 平均碰撞频率为  $\bar{Z}_0$ , 若气体的热力学温度降低为原来的  $1/4$  倍, 则此时分子平均自由程  $\bar{\lambda}$  和平均碰撞频率  $\bar{Z}$  分别为

(A)  $\bar{\lambda} = \bar{\lambda}_0, \bar{Z} = \bar{Z}_0$       $\bar{Z} = \sqrt{2} n \pi d^2 \bar{v}$

(B)  $\bar{\lambda} = \bar{\lambda}_0, \bar{Z} = \frac{1}{2} \bar{Z}_0$       $\bar{\lambda} = \frac{1}{\sqrt{2} n \pi d^2}$

(C)  $\bar{\lambda} = 2\bar{\lambda}_0, \bar{Z} = 2\bar{Z}_0$

(D)  $\bar{\lambda} = \sqrt{2}\bar{\lambda}_0, \bar{Z} = \frac{1}{2}\bar{Z}_0$       $\bar{v} = \sqrt{\frac{8RT}{\pi M}}$

12. “理想气体和单一热源接触作等温膨胀时, 吸收的热量全部用来对外做功。”对此说法, 有如下几种评论, 哪种是正确的?

- C (A) 不违反热力学第一定律, 但违反热力学第二定律  
(B) 不违反热力学第二定律, 但违反热力学第一定律  
(C) 不违反热力学第一定律, 也不违反热力学第二定律  
(D) 违反热力学第一定律, 也违反热力学第二定律

D 13. 用公式  $\Delta E = \frac{m}{M} C_V \Delta T$  (式中  $C_V$  为定体摩尔热容量, 视为常量,  $\frac{m}{M}$  为气体摩尔数) 计算理想气体内能增量时, 此式

- (A) 只适用于准静态的等体过程     (B) 只适用于一切等体过程  
(C) 只适用于一切准静态过程     (D) 适用于一切始末态为平衡态的过程

C 14. 一定量的气体作绝热自由膨胀, 设其内能增量为  $\Delta E$ , 熵增量为  $\Delta S$ , 则应有

- (A)  $\Delta E < 0, \Delta S = 0$      (B)  $\Delta E < 0, \Delta S > 0$   
(C)  $\Delta E = 0, \Delta S > 0$      (D)  $\Delta E = 0, \Delta S = 0$

B 15. 一平面简谐波沿  $Ox$  轴负方向传播, 波长为  $\lambda$ , 若  $P$  处 ( $x_P = \frac{3}{8}\lambda$ ) 质点的振动方程为

$y_P(t) = A \cos\left(2\pi\nu t + \frac{\pi}{2}\right)$ , 则该波的表达式为  $y = A \cos\left(2\pi\nu t + \frac{\lambda}{2} + 2\pi \frac{x - \frac{3}{8}\lambda}{\lambda}\right)$

(A)  $y(x, t) = A \cos\left(2\pi\nu t + \frac{2\pi}{\lambda}x + \frac{\pi}{4}\right)$

(B)  $y(x, t) = A \cos\left(2\pi\nu t + \frac{2\pi}{\lambda}x - \frac{\pi}{4}\right)$

(C)  $y(x, t) = A \cos\left(2\pi\nu t - \frac{2\pi}{\lambda}x + \frac{\pi}{4}\right)$

(D)  $y(x, t) = A \cos\left(2\pi\nu t - \frac{2\pi}{\lambda}x - \frac{\pi}{4}\right)$

二、判断题: (每小题 1 分, 共 11 分。注意: 请用 2B 铅笔在答题卡上将正确的选项正确填涂。

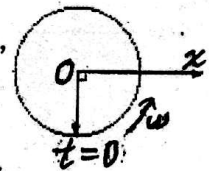
例如: ☐ T ☐ F, 是将 ☐ F 涂黑, 表示该叙述是错误的。其它位置处不得分)

- X 1. 如果系统的体积增加, 则系统一定对外做正功。  
✓ 2. 可逆热力学过程一定是准静态过程。  
X 3. 等温过程的摩尔热容为零。

- X 4. 已知一正循环过程的最高温度为  $T_1$ , 最低温度为  $T_2$ , 则其效率为  $\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}$ 。  
 ✓ 5. 两个简谐振动的合成振动不一定是简谐振动。  
 X 6. 自然光入射到介质分界面时, 如果入射角大于它的布儒斯特角, 则反射光为线偏振光。  
 ✓ 7. 光学仪器的分辨率与仪器的通光孔径成正比, 与入射光的波长成反比。  $\propto \frac{D}{\lambda}$   
 ✓ 8. 原子光谱存在自然宽度可以利用不确定关系  $\Delta E \cdot \Delta t \geq \hbar$  解释。  
 X 9. 描述微观粒子运动状态的波函数  $\Psi_2 = c\Psi_1$  ( $c$  为任意常数), 则  $\Psi_1$  与  $\Psi_2$  描述的粒子状态不同。  
 ✓ 10. 如果两种不同质量的低速微观粒子, 其德布罗意波长相同, 则这两种粒子的动量相同, 动能不同。  
 X 11. 激光全息照相技术主要是利用激光的方向性好这一优良特性。  $\lambda = \frac{h}{p}$   $E_k = \frac{p^2}{2m}$

三、填空题: (15 小题, 共 36 分。注意: 请在答题卡上将你的答案用黑色墨水笔填写在对应题号的横线上。若一小题中有多空, 则每个答案间用符号 ; 隔开。其它位置处不得分)

1. (本小题 2 分) 图中用旋转矢量法表示了一个简谐振动。旋转矢量的长度为 0.05 m, 旋转角速度  $\omega = 4\pi \text{ rad/s}$ 。此简谐振动以余弦函数表示的振动方程为  $x = \underline{\hspace{2cm}}$  (SI)。



$$x = 0.05 \cos(4\pi t - \frac{\pi}{2}) \text{ (SI)}$$

2. (本小题 3 分) 由波长为  $\lambda$  的两列分波合成形成的驻波, 两个相邻波节间各质点的振动振幅 不同 (选填: 相同、不同); 同一波节两侧的两个质点 (距离小于  $\frac{\lambda}{2}$ ) 振动方向 相反 (选填: 相同、相反); 两个相邻波腹之间的距离为  $\frac{\lambda}{2}$ 。

3. (本小题 3 分) 单缝夫琅和费衍射实验中, 屏上第一级明条纹中心所对应的单缝处波面可划分为 3 个半波带, 若将缝宽增大一倍, 原来第一级明条纹中心处将是第 3 级 暗 纹。

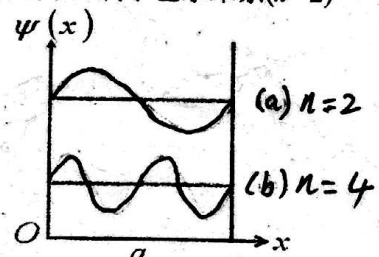
4. (本小题 2 分) 已知在迈克耳孙干涉仪中使用波长为  $\lambda$  的单色光。在干涉仪的可动反射镜移动距离  $d$  的过程中, 干涉条纹将移动  $\frac{2d}{\lambda}$  条。

5. (本小题 2 分) 当绝对黑体的温度从  $27^\circ\text{C}$  升到  $327^\circ\text{C}$  时, 其总的辐射本领  $M$  变为原来的 16 倍。

$$M_B(T) = \sigma T^4$$

6. (本小题 2 分) 按照玻尔理论, 已知氢原子系统基态能量为  $E_1$ , 若处于  $n=5$  的激发态时, 其能量为  $\frac{1}{25}E_1$ ; 当它从  $n=5$  的激发态跃迁回到各低能级态时, 可能辐射的光谱线中, 属于巴尔末系 ( $k=2$ ) 的共有 3 条。

7. (本小题 2 分) 在宽为  $a$  的一维无限深势阱中运动的粒子, 它的一个定态波函数如图(a)所示, 对应的总能量为  $4\text{eV}$ , 若它处于另一个波函数如图(b)的态上, 它的总能量是 16 eV, 粒子的基态能量是 1 eV。  $E_n = n^2 E_1$



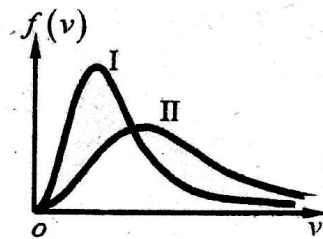
8. (本小题 3 分) 在本征半导体中掺入 五价元素 杂质即可成为 N 型半导体 (选填: N 型、P 型), 它的多数载流子是 电子 (选填: 电子、空穴), 在禁带中形成的杂质能级是 施主 能级 (选填: 施主、受主)。



9. (本小题2分) 在一个以匀速度  $u$  运动的容器中, 盛有分子质量为  $m$  的某种单原子理想气体。若使容器突然停止运动, 则气体状态达到平衡后, 其温度的增量  $\Delta T = \frac{mu^2}{3k}$

10. (本小题3分) 在  $p-V$  图上, (1) 系统的某一平衡态用 点 来表示; (2) 系统的某一准静态过程用 线 来表示; (3) 系统的某一准静态的循环过程用 闭合线 来表示。

11. (本小题2分) 图示的两条曲线分别表示氮、氧两种气体在相同温度  $T$  时分子按速率的分布, 其中曲线 I 表示 氧 气分子的速率分布曲线; 曲线 I 下的面积 等于 曲线 II 下的面积 (选填: 大于, 小于, 等于)。



$$v_p = \sqrt{\frac{2RT}{M}}$$

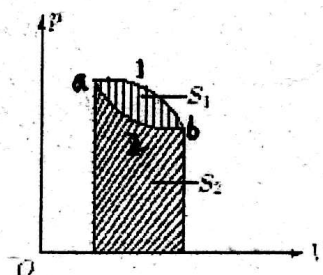
12. (本小题3分) 理想气体分子模型在气体分子运动理论中讨论不同问题时有所不同, 说明如下情况中使用的理想气体分子模型。

在压强和温度公式的推导中, 将理想气体分子视为 除碰撞瞬间外无相互作用的刚性质点

在能均分定律中, 将理想气体分子视为 除碰撞瞬间外无相互作用的刚性分子 (有形状)

在分子平均碰撞自由程的推导中, 将理想气体分子视为 除碰撞瞬间外无相互作用的刚性小球

13. (本小题2分) 如图所示, 已知图中画不同斜线的两部分的面积大小分别为  $S_1$  和  $S_2$ , 那么如果气体的膨胀过程为  $a \rightarrow 1 \rightarrow b$ , 则气体对外做功  $A = S_1 + S_2$ ; 如果气体进行  $a \rightarrow 2 \rightarrow b \rightarrow 1 \rightarrow a$  的循环过程, 则它对外做功  $A = -S_1$ 。



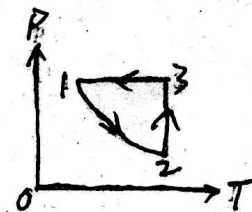
14. (本小题3分) 已知一定量的理想气体经历  $p-T$  图上所示的循环过程, 图中各过程的吸热、放热情况为:

(1) 过程  $1 \rightarrow 2$  中, 气体 吸热;

(2) 过程  $2 \rightarrow 3$  中, 气体 放热;

(3) 过程  $3 \rightarrow 1$  中, 气体 放热。(以上各空选填: 吸热、放热)

$$pV = \frac{m}{M} RT$$



15. (本小题2分) 一卡诺制冷机在  $27^\circ\text{C}$  和  $627^\circ\text{C}$  之间工作, 其制冷系数为  $\frac{T_2}{T_1 - T_2} = \frac{300}{900 - 300} = 0.5$

14.  $1 \rightarrow 2$ :  $p \downarrow, T \uparrow \therefore V \uparrow, Q = \Delta E + A \uparrow$   
 $2 \rightarrow 3$ : 等温:  $p \uparrow, V \downarrow, Q = A < 0$   
 $3 \rightarrow 1$ : 等压:  $T \downarrow, V \downarrow, Q = \frac{A}{< 0} + \frac{\Delta E}{< 0}$

四、计算题：(3 小题，共 23 分。注意：请在答题卡上用黑色墨水笔将解题过程书写在对应的题号处。其它位置处不得分。)

1. (本小题 5 分) 康普顿散射中，已知入射光的波长  $\lambda_0 = 2\lambda_c$  ( $\lambda_c$  是电子的康普顿波长)，当散射光与入射光方向成夹角  $\varphi = \frac{\pi}{3}$  时，请计算：

$$(1) \Delta\lambda = \lambda - \lambda_0 = 2\lambda_c \sin^2 \frac{\varphi}{2} = 0.5\lambda_c$$

$$\therefore \lambda = 2.5\lambda_c$$

(1) 散射光的波长  $\lambda$  (用  $\lambda_c$  来表示)：(3 分)

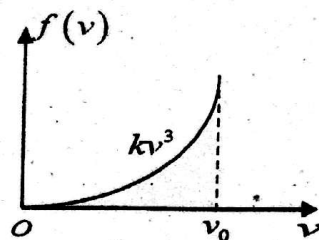
$$(2) E_k = mc^2 - m_0c^2 = \frac{hc}{\lambda_0} - \frac{hc}{\lambda}$$

(2) 反冲电子的动能  $E_k$  与散射光子的能量  $\varepsilon$  的比值。(2 分)

$$\therefore E_k = \frac{hc}{10\lambda_c} \cdot \varepsilon = \frac{hc}{\lambda} = \frac{2hc}{5\lambda_c} \therefore \frac{E_k}{\varepsilon} = \frac{1}{4}$$

2. (本小题 8 分) 已知某粒子系统中粒子的速率分布曲线如图所示，即

$$f(v) = \begin{cases} kv^3 & (0 < v < v_0) \\ 0 & (v_0 < v < \infty) \end{cases} \quad (1) \text{由 } \int_0^{v_0} f(v) dv = 1$$



求：(1) 比例常数  $k = ?$  (2 分)

$$(2) \bar{v^3} = \int_0^{v_0} v^3 f(v) dv = \frac{4}{7} v_0^3$$

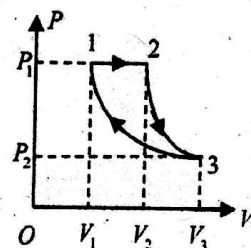
(3) 速率在  $0 \sim v_1$  之间的粒子占总粒子数的  $1/16$  时，速率  $v_1 = ?$  (答案均以  $v_0$  表示) (3 分)

$$(3) \text{由 } \int_0^{v_1} f(v) dv = \frac{1}{16} \Rightarrow v_1 = \frac{v_0}{2}$$

3. (本小题 10 分) 一定量的某种理想气体，开始时处于压强为  $P_1$ ，体积为  $V_1$  的

状态。经等压膨胀过程，体积变为  $V_2$ 。然后经绝热膨胀过程，体积变为  $V_3$ 。最后经

等温压缩过程回到始态。已知  $V_2 = 2V_1$ ，求：



(1) 各个过程中吸收的热量 (请用各状态压强  $P$ 、体积  $V$  及自由度  $i$  来表示)：(5 分)

(2) 此循环的效率 (要求简化出数据表示)。(5 分)

(提示： $\ln 2 = 0.693$ ， $\frac{\gamma}{\gamma-1} = \frac{C_p}{R} = 1 + \frac{i}{2}$ ，其中  $\gamma$  是泊松比， $i$  是自由度。)

$$\text{解：由 } P_1 V_1 = P_2 V_3 \text{ 以及 } P_1 (2V_1)^\gamma = P_2 V_3^\gamma \Rightarrow \left(\frac{V_3}{V_1}\right)^{\gamma-1} = 2^\gamma$$

$$(1) 1 \rightarrow 2: A_1 = P_1(V_2 - V_1) = P_1 V_1 \quad \Delta E_1 = \frac{i}{2} \frac{m}{M} R \Delta T = \frac{i}{2} P_1 V_1$$

$$Q_1 = A_1 + \Delta E_1 = \left(\frac{i}{2} + 1\right) P_1 V_1$$

$$2 \rightarrow 3: Q_2 = 0 \quad A_2 = \int_{V_2}^{V_3} P dV = \int_{V_2}^{V_3} \frac{P_1 (2V_1)^\gamma}{V^\gamma} dV = P_1 (2V_1)^\gamma \left( \frac{V_3^{1-\gamma} - (2V_1)^{1-\gamma}}{1-\gamma} \right) = \frac{i}{2} P_1 V_1$$

$$3 \rightarrow 1: Q_3 = A_3 = \int_{V_3}^{V_1} P dV = P_1 V_1 \ln \frac{V_1}{V_3} = -\left(\frac{i}{2} + 1\right) P_1 V_1 \ln 2$$

$$(2) A_{\text{总}} = A_1 + A_2 + A_3 = \left(\frac{i}{2} + 1\right) P_1 V_1 (1 - \ln 2)$$

$$\eta = \frac{A_{\text{总}}}{Q_1} = 1 - \ln 2 = 0.307$$