

西南交通大学 2019—2020 学年第(一)学期期末试卷

课程代码 6111020 课程名称 大学物理 A II 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) 同学们在拿到答题卡后，请首先将条形码粘贴在答题卡上的贴条形码区，再用黑色笔迹笔在答题卡信息栏区域填写学号、姓名、班级、课程代码。凡答题卡中该栏目填写字迹不清、无法辨认的，成绩无效。

(2) 必须严格按照要求做答题目。单项选择题、判断题必须使用 2B 铅笔在答题卡上相应位置填涂信息点，修改时必须用橡皮擦净。填空题、计算题必须用黑色笔迹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。

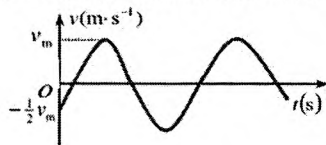
(3) 填涂技巧：为保证光电阅读器准确无误地识别所涂的信息点，填涂时必须用 2B 铅笔横向涂写数笔，黑度以盖住信息点的区域：☐ 为准。例如：正确填涂：☒

一、单项选择题：(每小题 3 分，共 36 分。注意：请用 2B 铅笔将答题卡上正确的选项正确填涂。例如：☐ A ☒ B ☐ C ☐ D，表示选项 B 是正确的。其它位置处不得分)

1. 一质点作简谐振动，其运动速度与时间的关系曲线如图所示。若质点的振动规律用余弦函数描述，则其初相位为 **【B】**

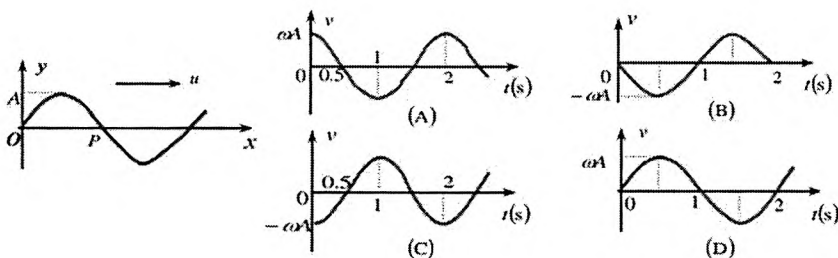
(A) $-\frac{2\pi}{3}$
(C) $-\frac{5\pi}{6}$

(B) $\frac{5\pi}{6}$
(D) $-\frac{\pi}{6}$



(选择题第 1 小题图)

2. 一简谐波沿 ox 轴正方向传播， $t=1s$ 时刻波形曲线如左下图所示，其周期为 2s。则 P 点处质点的振动速度 v 与时间 t 的关系曲线为 **【C】**



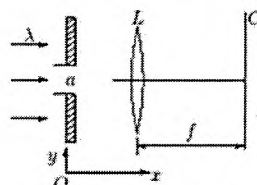
(选择题第 2 小题图)

3. 在相同时间内，一束波长为 λ 的单色光在空气中和玻璃中 **【C】**

- (A) 传播的路程相等，走过的光程相等。
- (B) 传播的路程相等，走过的光程不相等。
- (C) 传播的路程不相等，走过的光程相等。
- (D) 传播的路程不相等，走过的光程不相等。

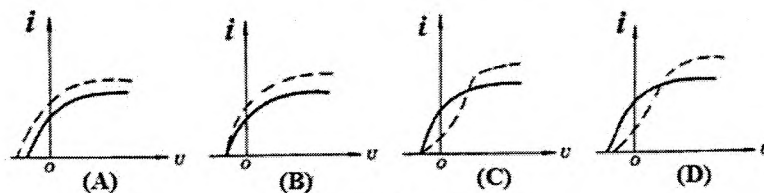
4. 在如图所示的夫琅禾费衍射装置中, 将单缝宽度 a 稍稍变窄, 同时使会聚透镜 L 沿 y 轴正方向作微小平移(单缝与屏幕位置不动), 则屏幕 C 上的中央衍射条纹将【A】

- (A) 变宽, 同时向上移动;
(B) 变宽, 同时向下移动;
(C) 变宽, 不移动;
(D) 变窄, 同时向上移动;



(选择题第4小题图)

5. 以一定频率的单色光照射在某种金属上, 测出其光电流曲线如图中实线所示。然后保持光的频率不变, 增大照射光强度, 测出其光电流曲线如图中虚线所示, 下图中正确为【B】



(选择题第5小题图)

6. 康普顿效应的主要特点为【D】

- (A) 散射光的波长均比入射光的波长短, 且随散射角增大而减小, 但与散射体的性质无关。
(B) 散射光的波长均与入射光的波长相同, 与散射角、散射体性质无关。
(C) 散射光中既有与入射光波长相同的, 也有比入射光波长长的和比入射光波长短的, 这与散射体的性质有关。
(D) 散射光中有些波长比入射光的波长短, 且随散射角增大而增大, 有些散射光波长与入射光波长相同。这都与散射体的性质无关。

7. 波长 $\lambda = 500\text{nm}$ 的光沿 x 轴正向传播, 若光的波长的不确定量 $\Delta\lambda = 10^{-4}\text{nm}$, 则利用不确定关系式 $\Delta x \Delta p \geq h$ 可得光子的 x 坐标的不确定量至少为【C】

- (A) 25 cm; (B) 50 cm; (C) 250 cm; (D) 500 cm。

8. 氢原子中处于 $3d$ 量子态的电子, 描述其量子态的四个量子数(n, l, m_l, m_s)可能取的值为【D】

- (A) $(3, 0, 1, \frac{1}{2})$ (B) $(1, 1, 1, -\frac{1}{2})$
(C) $(2, 1, 2, \frac{1}{2})$ (D) $(3, 2, 0, -\frac{1}{2})$

9. 下列各式中表示气体单个分子的平均平动动能的为(式中 M 为气体的质量, m 为气体分子质量, n 为气体分子数密度, N_A 为阿伏加得罗常量, M_{mol} 为气体的摩尔质量) 【A】

- (A) $\frac{3m}{2M} pV$ (B) $\frac{3M}{2M_{\text{mol}}} pV$
(C) $\frac{3}{2} npV$ (D) $\frac{3M_{\text{mol}}}{2M} N_A pV$

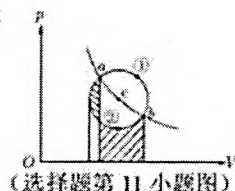
10. 速率分布函数 $f(v)$ 的物理意义为【B】

- (A) 具有速率 v 的分子占总分子数的百分比;

- (B) 速率分布在 v 附近的单位速率间隔中的分子数占总分子数的百分比;
 (C) 具有速率 v 的分子数;
 (D) 速率分布在 v 附近的单位速率间隔中的分子数。

11. 一定量的理想气体, 从 a 态出发经过①或②过程到达 b 态, acb 为等温线(如图), 则①、②两过程中外界对系统传递的热量 Q_1 、 Q_2 是 【A】

- (A) $Q_1 > 0$ 、 $Q_2 > 0$; (B) $Q_1 < 0$ 、 $Q_2 < 0$;
 (C) $Q_1 > 0$ 、 $Q_2 < 0$; (D) $Q_1 < 0$ 、 $Q_2 > 0$ 。



12. 理想气体的下列过程, 可能发生的是 【D】

- (A) 等体加热, 内能减少, 压强升高;
 (B) 等温压缩, 压强升高, 同时吸热;
 (C) 等压压缩, 内能增加, 同时吸热;
 (D) 绝热压缩, 压强升高, 内能增加。

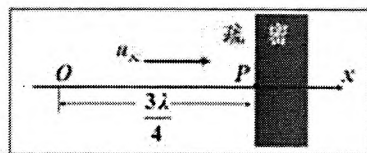
二、填空题: (16 小题, 共 34 分。注意: 请用黑墨水笔将正确的答案按答题卡上要求正确填出。其它位置处不得分)

1. (本小题 2 分) 两个同方向同频率的简谐振动, 其振动表达式分别为:

$x_1 = 3 \times 10^{-2} \cos(4t - \frac{1}{2}\pi)$ (SI) 和 $x_2 = 2 \times 10^{-2} \sin \pi(-4t)$ (SI), 则它们的合振动的振幅为 (SI), 初相位为 $5 \times 10^{-2} \text{ m}$; $-\frac{\pi}{2}$

2. (本小题 4 分) 一平面简谐行波的振幅为 A 、频率为 ν , 如图所示以波速 u 沿 $+x$ 方向传播, $t = 0$ 时原点 O 处 $\psi_0 = 0$, $v_0 > 0$,

则该平面波的波函数为 $y = A \cos[2\pi\nu(t - \frac{x}{u})]$, 当波传播到两种介质的分界面时将被反射, P 为反射点。那么, t 时刻反射波在 P 点的相位为 $2\pi\nu t + \pi$ 。



(填空题第 2 小题图)

$$\psi_1 = A \cos[2\pi\nu(t - \frac{x}{u}) - \frac{\pi}{2}] \text{ 或 } \psi_1 = A \cos[2\pi\nu(t - \frac{x}{u}) + \frac{3\pi}{2}]; 2\pi\nu t + \pi \text{ 或 } 2\pi\nu t - \pi$$

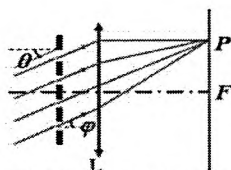
3. (本小题 2 分) 有一个光栅的每个透光缝宽度 a 。在光栅光谱中, 假如所有偶数级次的主极大都恰好在单缝衍射的暗纹方向上, 因而实际上不出现, 那么此光栅的光栅常数为 $2a$ 。

4. (本小题 2 分) 波长为 λ 的平行单色光垂直地照射到劈尖薄膜上, 劈尖薄膜上的折射率为 n , 第二条明纹与第五条明纹所对应的薄膜厚度之差为 $3\lambda/(2n)$ 。

5. (本小题 2 分) 在迈克尔逊干涉仪的一支光路中, 放入一片折射率为 n 的透明介质薄膜后, 测出两束光的光程差的改变量为一个波长 λ , 则薄膜的厚度是 $\frac{\lambda}{2(n-1)}$ 。

6. (本小题 2 分) 两个偏振片叠放在一起, 强度为 I_0 的自然光垂直入射其上, 不考虑偏振片的吸收和反射, 若通过两个偏振片后的光强为 $\frac{1}{8}I_0$, 则此两偏振片的偏振化方向间的夹角是_____; 若在两片之间再插入一片偏振片, 其偏振化方向与前后两片偏振片偏振化方向的夹角相等, 则通过三个偏振片后的透射光强为_____。(本题中角度取锐角) $\frac{\pi}{3}; \frac{9}{32}I_0$

7. (本小题 2 分) 如图所示: 波长 $\lambda=5000\text{\AA}$ 的光以 $\theta=30^\circ$ 照射到光栅常数 $d=2.5a=2\mu\text{m}$ 的光栅上。此时屏中心 F 处条纹的级次为_____。 -2 (或+2)



(填空题第 7 小题图)

8. (本小题 2 分) 氢原子光谱是一系列分离的线状光谱。在氢原子光谱中, 巴尔末线系在可见光区, 该线系的次波长为_____。(普朗克常数为 $h=6.63\times 10^{-34}\text{J}\cdot\text{s}$, $1\text{eV}=1.60\times 10^{-19}\text{J}$, 计算结果保留 3 位有效数字) $4.88\times 10^{-7}\text{m}$

9. (本小题 2 分) 按照原子的量子理论, 原子可以通过_____两种辐射方式发光, 而激光是由_____方式产生的。

自发辐射和受激辐射; 受激辐射

10. (本小题 2 分) 测量星球表面温度的方法之一, 是把星球看作绝对黑体而测定其最大单色辐出度的波长 λ_m , 现测得太阳的 $\lambda_{m1}=0.55\mu\text{m}$, 北极星的 $\lambda_{m2}=0.35\mu\text{m}$, 则太阳表面温度 T_1 与北极星表面温度 T_2 之比 $T_1:T_2=_____$ 。(计算结果保留 2 位有效数字)

0.64

11. (本小题 2 分) 设描述微观粒子运动的波函数为 $\psi(\vec{r}, t)$, 则 $\psi\psi^*$ 表示_____; 波函数 $\psi(\vec{r}, t)$ 必须满足归一化条件和标准条件, 其中标准条件为_____。

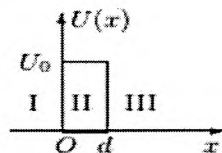
粒子 t 时刻在 $\vec{r}(x, y, z)$ 处出现的概率密度; 单值、有限、连续

12. (本小题 2 分) 两条绝热线_____ (选填: 可以、不可以) 相交。

不可以

13. (本小题 2 分) 一矩形势垒如图所示, 设 U_0 和 d 都不很大。在 I 区中向右运动的能量为 E 的微观粒子, 如果 $E < U_0$, 则粒子_____ (填有或者无) 概率穿透势垒 II 进入 III 区。

有



(填空题第 13 小题图)

14. (本小题 2 分) 氮气在标准状态下 (可被视作理想气体) 的分子平均碰撞频率为 $5.42\times 10^8\text{s}^{-1}$, 若温度不变, 气压降为 0.1atm , 则分子的平均碰撞频率变为_____ s^{-1} 。

5.42×10^7

15. (本小题 2 分) 在温度分别为 327°C 和 27°C 的高温热源和低温热源之间工作的热机, 理论上的最大

效率为_____。

50%

16. (本小题 2 分) 设有以下一些过程: (1) 两种不同气体在等温下互相混合。 (2) 理想气体在定体下降温。 (3) 液体在等温下汽化。 (4) 理想气体在等温下压缩。 (5) 理想气体绝热自由膨胀。 在这些过程中, 使系统的熵减少的过程是_____。 (2)、(4)

三、计算题: (3 小题, 共 30 分。注意: 请用黑墨水笔在将正确的解题过程书写在答题卡上相应题号区域。其它位置处不得分)

1. (本小题 10 分) 设一粒子沿 x 方向运动, 其波函数为,

$$\psi(x) = \begin{cases} Axe^{-bx} & b > 0, (x \geq 0) \\ 0 & (x \leq 0) \end{cases}.$$

求: (1) 归一化的波函数: (5 分)

$$(\text{参考 } \int_0^{\infty} (xe^{-bx})^2 dx = \frac{1}{4b^3})$$

(2) 粒子的概率密度函数: (2 分)

(3) 找到粒子的概率最大的位置。 (3 分)

解:

由波函数的归一化条件可知

$$\int_{-\infty}^{\infty} |\psi|^2 dx = 1 \dots\dots\dots (2 \text{分})$$

将 ψ 的表达式带入上式, 得

$$\int_0^{\infty} (Axe^{-bx})^2 dx = \frac{A^2}{4b^3} = 1$$

解得归一化因子

$$A = 2\sqrt{b^3} \dots\dots\dots (1 \text{分})$$

归一化波函数为

$$\psi(x) = \begin{cases} 2\sqrt{b^3} xe^{-bx} & (x \geq 0) \dots\dots\dots (1 \text{分}) \\ 0 & (x \leq 0) \dots\dots\dots (1 \text{分}) \end{cases}$$

(2) 概率密度为

$$|\psi(x)|^2 = \begin{cases} 4b^3 x^2 e^{-2bx} & , (x \geq 0) \dots\dots\dots (1 \text{分}) \\ 0 & , (x \leq 0) \dots\dots\dots (1 \text{分}) \end{cases}$$

(3)

令

$$\frac{d|\psi(x)|^2}{dx} = 0 \dots\dots\dots (2\text{分})$$

得

$$x(1-bx) = 0$$

有两个极值

其中 $x = 1/b$ 为发现粒子概率最大的位置 $\dots\dots\dots (1\text{分})$

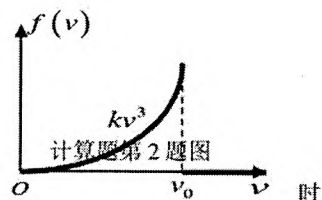
2. (本小题 10 分) 已知某粒子系统中粒子的速率分布曲线如图所示, 即

$$f(v) = \begin{cases} kv^3 & (0 < v < v_0) \\ 0 & (v_0 < v < \infty) \end{cases}$$

求: (1) 比例常数 $k = ?$ (4 分)

(2) 粒子的平均速率 $\bar{v} = ?$ (3 分)

(3) 速率在 $0 \sim v_1$ 之间的粒子占总粒子数的 $1/81$



$v_1 = ?$ (答案均以 v_0 表示) (3 分)

解:

(1) 由归一化条件 $\int_0^\infty f(v)dv = 1 \dots\dots\dots (2\text{分})$

$$\text{有 } \int_0^\infty f(v)dv = \int_0^{v_0} kv^3 dv = \frac{kv_0^4}{4} = 1 \dots\dots\dots (1\text{分})$$

$$\text{所以 } k = \frac{4}{v_0^4} \dots\dots\dots (1\text{分})$$

(2)

$$\bar{v} = \int_0^\infty vf(v)dv \dots\dots\dots (2\text{分})$$

$$= \int_0^{v_0} vkv^3 dv = k \frac{v_0^5}{5}$$

$$= \frac{4}{5} v_0 \dots\dots\dots (1\text{分})$$

$$(3) \frac{\Delta N}{N} = \int_0^{v_1} f(v)dv$$

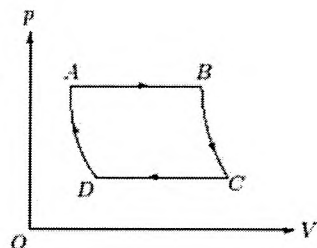
$$\frac{1}{81} = \int_0^{v_1} f(v)dv \dots\dots\dots (1\text{分})$$

$$\int_0^{v_1} f(v)dv = \int_0^{v_1} kv^3 dv = k \frac{v_1^4}{4} = \left(\frac{v_1}{v_0} \right)^4 \dots\dots\dots (1\text{分})$$

$$v_1 = \frac{1}{3} v_0 \dots\dots\dots (1\text{分})$$

3. (本小题 10 分) 一定量的理想气体经历如图所示的循环过程, $A \rightarrow B$ 和 $C \rightarrow D$ 等压过程, $B \rightarrow C$ 和 $D \rightarrow A$ 是绝热过程。已知: $T_C = 300\text{K}$, $T_B = 400\text{K}$ 。

试求: 此循环的效率。



计算题第 3 题图

解:

$$Q_{AB} = \mu C_p (T_B - T_A) \dots\dots\dots (1\text{分})$$

$$Q_{BC} = 0$$

$$Q_{CD} = \mu C_p (T_D - T_C) \dots\dots\dots (1\text{分})$$

$$Q_{DA} = 0$$

$$\eta = 1 - \frac{|Q_{CD}|}{Q_{AB}} \dots\dots\dots (2\text{分})$$

$$= 1 - \frac{T_C - T_D}{T_B - T_A} \dots\dots\dots (1\text{分})$$

根据绝热过程方程得到

$$p_A^{\gamma-1} T_A^{-\gamma} = p_D^{\gamma-1} T_D^{-\gamma} \dots\dots\dots (1\text{分})$$

$$p_B^{\gamma-1} T_B^{-\gamma} = p_C^{\gamma-1} T_C^{-\gamma} \dots\dots\dots (1\text{分})$$

$$\because p_A = p_B, \quad p_C = p_D$$

$$\therefore \frac{T_A}{T_B} = \frac{T_D}{T_C} \dots\dots\dots (1\text{分})$$

故

$$\begin{aligned} \eta &= 1 - \frac{T_C - T_D}{T_B - T_A} = 1 - \frac{T_C(1 - T_D/T_C)}{T_B(1 - T_A/T_B)} \\ &= 1 - \frac{T_C}{T_B} \dots\dots\dots (1\text{分}) \\ &= 25\% \dots\dots\dots (1\text{分}) \end{aligned}$$