

工科物理 BII 期末试卷 (A)

院(系)_____ 班级_____ 学号_____ 姓名_____

题号	一	二	三	四	五	六	卷面总成绩
得分							

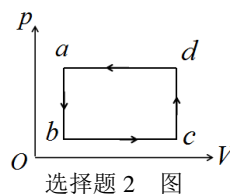
一、单项选择题 (每题 2 分, 共 40 分)

1. 1mol 刚性双原子分子理想气体和 1mol 刚性单原子分子理想气体在相同温度下的平均总动能之比和内能之比分别是 ()

- (A) 5/3, 5/3; (B) 3/5, 3/5; (C) 1, 5/3; (D) 1, 1。

2. 如图所示的循环过程 $abcda$, 由等容过程、等压过程、等容过程和等压过程构成, 其中吸热过程为 ()

- (A) ab, cd ; (B) bc, cd ;
(C) ab, da ; (D) cd, da 。



3. 关于卡诺正循环, 其效率可以用下面的公式计算, $\eta = 1 - \frac{Q_2}{Q_1} = \frac{A}{Q_1}$, 下列说法错误的是 ()

- (A) Q_1 为单次循环过程中工质从高温热库吸收的热量;
(B) Q_2 为单次循环过程中工质向低温热库传递的热量;
(C) $A = Q_1 - Q_2$ 为单次循环过程中工质对外界做的总功;
(D) $A = Q_1 - Q_2$ 为单次循环过程中等温吸热过程工质对外界做的功。

4. 关于热力学第二定律的宏观表述, 下列说法正确的是 ()

- (A) 热量不能从低温物体向高温物体传递;
(B) 热量全部用来对外界做功是不可能的;
(C) 气体的绝热自由膨胀是不可逆的;
(D) 平衡态可以自发地向非平衡态转变。

5. 关于驻波, 以下说法错误的是 ()

- (A) 伴随能量的长距离传播; (B) 两相邻波节之间各个质点同相位;
(C) 波节静止不动; (D) 波腹振幅最大。

6. 一个总能量为 E 的弹簧振子在光滑水平面上做简谐振动。当振子处于最大位移的一半处时, 其动能瞬时值为 ()

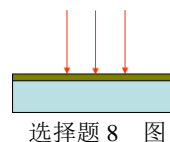
- (A) $E/4$; (B) $3E/4$; (C) $E/2$; (D) $E/3$ 。

7. 平面简谐波在弹性媒质中传播, 某质元在从平衡位置向最大位移处运动的过程中, 关于其能量的说法, 正确的是 ()

- (A) 它的动能转换成弹性势能;
(B) 它的弹性势能转换成动能;
(C) 它从相邻的一段质元获得能量, 其能量逐渐增大;
(D) 它把自己的能量传给相邻的一段质元, 其能量逐渐减小。

8. 如图所示, 平行光垂直入射到厚度均匀的薄膜上, 则从薄膜上表面可能看到的干涉图样是 ()

- (A) 亮或暗, 无条纹; (B) 中心为暗斑的牛顿环;
(C) 明暗相间条纹; (D) 中心为亮斑的牛顿环。



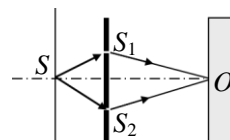
选择题 8 图

9. 一端固定, 另一端自由的棒中有驻波存在, 其中三个最大波长之比为 ()

- (A) 6:3:2; (B) 3:2:1; (C) 15:5:3; (D) 5:3:1。

10. 如图所示, 杨氏双缝干涉实验中, 使单缝光源 S 的位置沿竖直方向略向上移, 则屏上的干涉条纹间距 ()

- (A) 变大; (B) 不变; (C) 减小; (D) 不确定。



选择题 10 图

11. 由强度相同的自然光和线偏振光组成的混合光, 垂直通过偏振片, 以此入射光束为轴旋转偏振片, 测得透射光强度的最大值和最小值之比为 ()

- (A) 5:1; (B) 3:1; (C) 2:1; (D) 4:1。

12. 当一束光以某角度自空气斜入射至折射率 $n = 1.5$ 的厚玻璃表面时, 发现没有反射光, 下列说法错误的是 ()

- (A) 入射光是线偏振光; (B) 入射角是布儒斯特角;
(C) 折射光是线偏振光; (D) 入射角小于 45° 。

13. 下列关于洛伦兹变换的说法中错误的是 ()

- (A) 该变换与伽利略变换表达的时空观没有本质的差别;
(B) 该变换保证麦克斯韦方程组在不同惯性系中具有相同的形式;
(C) 该变换在低速情况下应能转化为在经典力学中有效的伽利略变换;
(D) 该变换必须满足爱因斯坦的两个基本原理。

14. 关于相对论时空观, 下列说法正确的是 ()

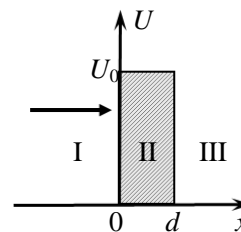
- (A) 在一惯性系中, 两个同时的物理事件, 在另一惯性系中一定不同时;
(B) 在一惯性系中, 两个同时的物理事件, 在另一惯性系中一定同时;
(C) 在一惯性系中, 两个同时又同地的物理事件, 在另一惯性系中一定同时又同地;
(D) 在一惯性系中, 两个同时不同地的物理事件, 在另一惯性系中只可能同时不同地。

15. 康普顿散射中, 下列关于散射的 X 射线波长说法正确的是 ()

- (A) 波长变化量与入射光强度有关; (B) 波长变化量与散射角有关;
(C) 波长变化量与散射物质有关; (D) 波长变化量与入射波长有关。

16. 一势垒如图所示, U_0 和 d 都不是很大。对于能量 $E < U_0$ 的微观粒子, 在从 I 区向右运动的过程中 ()

- (A) 粒子有一定的概率穿透势垒 II 进入 III 区;
(B) 粒子进入 II 区的概率和进入 III 区的概率均一定为零;
(C) 粒子有一定的概率进入 II 区, 但进入 III 区的概率一定为零;
(D) 以上说法都不对。

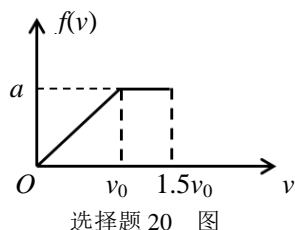


选择题 16 图

17. 氢原子的基态波函数为 $\Psi_{100} = (\pi a_0^3)^{-\frac{1}{2}} e^{-\frac{r}{a_0}}$, 其中 a_0 为常数, 电子处于半径为 () 处的径向概率密度 (单位厚度球壳内的概率) 最大。

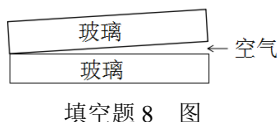
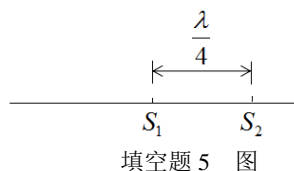
- (A) $3a_0$; (B) $2a_0$; (C) a_0 ; (D) 0。

18. 处于基态的氢原子，电子可能具有的量子数是 ()
 (A) $(1, 0, 0, 1/2)$; (B) $(1, 1, 0, 1/2)$;
 (C) $(2, 1, 0, 1/2)$; (D) $(2, 0, 0, 1/2)$ 。
19. 关于电子的自旋，以下说法错误的是 ()
 (A) 原子中的电子不但具有轨道角动量，而且具有自旋角动量;
 (B) 电子有自旋角动量是卢瑟福实验证实的;
 (C) 电子的自旋角动量的空间取向是量子化的;
 (D) 电子的自旋角动量的大小是量子化的。
20. 设某种气体的速率分布曲线如右图所示，其平均速率为 ()
 (A) $\frac{11}{9}v_0$; (B) $1.2v_0$;
 (C) $\frac{23}{24}v_0$; (D) $1.5v_0$ 。

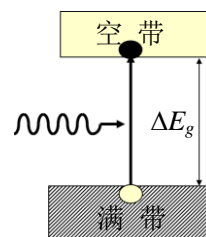


二、填空题 (每空 2 分, 共 36 分)

1. 单原子分子理想气体的过程方程设为 $p = aV + b$ (SI), (a, b 均为常数), 则气体在体积由 1 m^3 变化到 2 m^3 的过程中, 对外界做的功为_____。
2. 在孤立系中所进行的自然过程总是沿着熵_____的方向进行, 它是不可逆的。(填“增大”、“减小”或“不变”)
3. 平行光管发出的单色光波长可以在 $400 \sim 700 \text{ nm}$ 的范围内连续调节。利用此单色光垂直照射空气中一厚度为 400 nm 的薄膜。设薄膜的折射率为 1.30 , 则当波长为_____nm 时, 透射光干涉加强。
4. 质点的运动可以分解为两个在同一直线上的简谐运动, 其表达式分别为 $x_1 = 2 \cos(2t + \frac{\pi}{4})$ (SI) 和 $x_2 = 2 \cos(2t + \frac{3\pi}{4})$ (SI), 则该质点的振幅为_____ m, 初相为_____。
5. 两相干波源 S_1 和 S_2 相距 $\lambda/4$ (λ 为波长), S_1 的相位比 S_2 的相位超前 $\pi/2$ 。在二者的连线上 S_1 左侧的各点, 两列波各自引起的简谐振动的相位差是_____。
6. 一光源发出波长为 760 nm 的红色相干光, 照射在双缝上, 双缝的间距为 0.38 mm , 在距双缝 1.0 m 的屏上观测干涉图样, 则相邻明纹之间的距离为_____cm。
7. 两个发光星体之间的角距离为 $1.0 \times 10^{-7} \text{ rad}$, 二者均辐射波长为 500 nm 的单色光, 则当望远镜物镜的口径为_____m 时, 恰好能分辨此两星的像。
8. 两块折射率均为 1.60 的平板玻璃之间形成顶角为 $1.0 \times 10^{-4} \text{ rad}$ 的空气劈尖。用波长 6000 \AA 的单色光垂直照射该劈尖, 反射光干涉产生等厚干涉条纹。则从左向右数第四条暗纹的中心距棱边的距离为_____cm。
9. 光速不变原理的内容是_____。
10. 两艘太空船 A 和 B 的固有长度均为 L_0 米, 沿长度方向同向匀速飞行。飞船 B 上仪器测得飞船 A 的船头和船尾通过 B 船船头所需的时间间隔为 τ_0 , 则飞船 B 相对 A 的速度大小为_____倍光速。



11. 真空中的光速为 c ，电子静止质量为 m_0 ，静止电子经过电压 U 加速后，其总能量为_____。
12. 对于微观粒子，设其 x 方向的坐标的不确定量为 Δx ， x 方向的动量的不确定量为 Δp_x 。则 x 方向坐标和动量的不确定关系是_____。
13. 加热黑体，使其最大单色辐射出射度的波长减小一半，则黑体的总辐射出射度增加到原来的_____倍。
14. 设普朗克常数为 h ，微观粒子的动量为 p ，则其相应的德布罗意波的波长为_____。
15. 在波函数的统计诠释中， $\Psi(\vec{r})$ 为归一化波函数， $|\Psi(\vec{r})|^2$ 的物理意义是_____。
16. 在氢原子的巴尔末线系中，光子的最小能量为_____。（已知氢原子的基态能量为 E_1 ）
17. 某半导体的能带结构如图所示，能隙宽度为 ΔE_g ，若通过光激发载流电子，则需要的光波长最大为_____。



填空题 17 图

三、计算题（5 分）

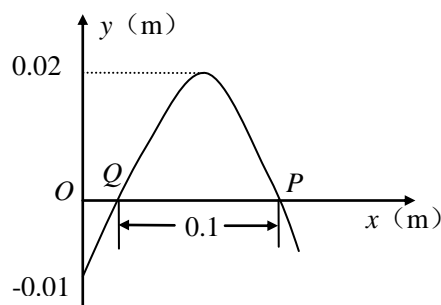
一杯温度为 T_1 、质量为 m 的开水，置于和外界绝热的室内，自然冷却到室温，室温恒定为 T_2 。设水的比热为 c 。在该冷却过程中，水的熵变是多少？空气的熵变是多少？水和空气的总熵变是多少？

四、计算题（6 分）

已知一沿 x 轴正向传播的一维简谐波，周期 $T = 2 \text{ s}$ 。 $t = 0 \text{ s}$ 时的波形如图所示，此时 P 和 Q 处的质点均处于各自的平衡位置。

求（请使用国际单位制）：

- （1） Q 点处质点振动的初相；
- （2）该波的波函数（请表示为余弦函数）；
- （3） O 点和 Q 点之间的距离。



计算题四 图

五、计算题（8 分）

一光栅有 5000 条缝，每缝宽度 $a = 0.01 \text{ mm}$ ，光栅常数为 $d = 0.04 \text{ mm}$ 。用波长 $\lambda = 500 \text{ nm}$ 的平行单色光垂直入射该光栅，光栅后放一焦距为 50 cm 的透镜，观察屏位于透镜的焦平面处。请以米为单位，求：（1）观察屏上单缝衍射中央包线（即单缝衍射中央亮纹）的宽度；（2）观察屏上相邻干涉主极大的间距；（3）观察屏上干涉主极大的宽度；（4）单缝衍射中央包线内干涉主极大的条数。

六、计算题（5 分）

一质量为 m 的粒子处于一维无限深方势阱中，势阱宽度为 a 。（1）试定性画出粒子处于基态时的概率密度分布和粒子处于第一激发态时的概率密度分布；（2）如果粒子从基态跃迁到第一激发态，需要的能量是多少？

北京科技大学 2020 — 2021 学年度第一学期

工科物理 BII 期末试题 A 答案及评分标准

一、单项选择题（每题 2 分，共 40 分）

ABDCABDACBBDACBACABC

二、填空题（每空 2 分，共 36 分）

1. $\frac{3}{2}a+b$;

2. 增大;

3. 520;

4. $2\sqrt{2}, \frac{\pi}{2}$;

5. π ;

6. 0.2;

7. 6.1;

8. 0.9;

9. 在所有惯性系中，光在真空中的速度大小为常数 c ;

10. $\left[1 + \left(\frac{c\tau_0}{L_0}\right)^2\right]^{-1/2}$ 或者 $\sqrt{\frac{L_0^2}{L_0^2 + (c\tau_0)^2}}$;

11. $eU + m_0c^2$;

12. $\Delta x \cdot \Delta p_x \geq \frac{\hbar}{2}$;

13. 16;

14. h/p ;

15. 粒子在 \bar{r} 处单位体积中出现的几率;

16. $-\frac{5}{36}E_1$;

17. $hc/\Delta E_g$.

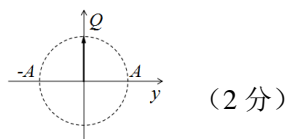
三、计算题（5 分）

$$\Delta S_{\text{水}} = \int_{T_1}^{T_2} \frac{dQ}{T} = \int_{T_1}^{T_2} \frac{cm dT}{T} = cm \ln \frac{T_2}{T_1} \quad (2 \text{ 分}) \quad \Delta S_{\text{空气}} = \int_1^2 \frac{dQ}{T} = \frac{Q}{T_2} = \frac{cm(T_1 - T_2)}{T_2} \quad (2 \text{ 分})$$

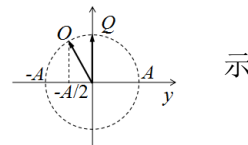
$$\Delta S_{\text{总}} = \Delta S_{\text{水}} + \Delta S_{\text{空气}} = cm \ln \frac{T_2}{T_1} + \frac{cm(T_1 - T_2)}{T_2} \quad (1 \text{ 分})$$

四、计算题（6 分）

(1) $t=0$ 时, Q 点的旋转矢量如图, 此时相位为 $\pi/2$;



(2) $\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{2} = \pi$, $k = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{2\pi}{0.2} = 10\pi$, $t=0$ 时 O 点的旋转矢量如图所



即原点的初相为 $\varphi_0 = \frac{2\pi}{3}$ 。波函数为 $y=0.02\cos(\pi t-10\pi x+2\pi/3)$ m (2 分)

(3) O 、 P 两点的相位差为 $\pi/6$, 因此 O 、 P 之间的距离为 $\frac{\pi}{6} \lambda = \frac{\pi}{2\pi} 0.2 = \frac{1}{60}$ m = 0.0167 m = $\frac{5}{3} \times 10^{-2}$ m. (2

分)

五、计算题（8 分）

(1) 单缝衍射暗纹条件: $a \sin \theta = k' \lambda$, 正负1级暗纹之间为中央亮纹。所以中央亮纹的角宽度为 $\frac{2\lambda}{a}$,

$$\Delta x = f \frac{2\lambda}{a} = 50 \times 10^{-2} \frac{2 \times 500 \times 10^{-9}}{0.01 \times 10^{-3}} = 0.05 \text{ m} = 5 \times 10^{-2} \text{ m}; \quad (2 \text{ 分})$$

(2) 多光束干涉主极大条件: $d \sin \theta = k \lambda$, 相邻干涉主极大之间的角距离为 $\frac{\lambda}{d}$, 线距离为

$$\Delta x = f \frac{\lambda}{d} = 50 \times 10^{-2} \frac{500 \times 10^{-9}}{0.04 \times 10^{-3}} = 0.00625 \text{ m} = 6.25 \times 10^{-3} \text{ m} \quad (2 \text{ 分})$$

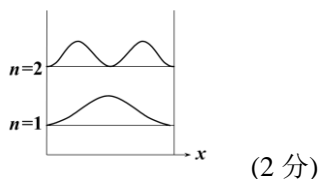
(3) 两个干涉主极大之间距离分为5000份, 主极大宽度占其中2份, 因此主极大的宽度为

$$\Delta x = 2 \frac{f \lambda}{Nd} = 2 \times \frac{50 \times 10^{-2} \times 500 \times 10^{-9}}{5000 \times 0.04 \times 10^{-3}} = 2.5 \times 10^{-6} \text{ m}; \quad (2 \text{ 分})$$

(4) 当在同一个衍射角方向上同时满足单缝衍射暗纹条件和多光束干涉主极大条件时, 主极大可能会出现缺级, 此时 $k = \frac{d}{a} k'$ 。根据已知, $\frac{d}{a} = 4$, 所以, ± 4 级缺级。因此可以观察到 $0, \pm 1, \pm 2, \pm 3$ 级干涉主极大, 共7条。 (2分)

六、计算题 (5 分)

(1)



(2)

由波函数可知, 阱宽为 $\lambda/2$ 的整数倍。也就是说 $a = n \frac{\lambda}{2}$, 因此 $\lambda = \frac{2a}{n}$ 。由德布罗意关系得 $p = \frac{h}{\lambda} = \frac{hn}{2a}$ 。

对于阱内的粒子, 其能量 $E = \frac{p^2}{2m} = \frac{1}{2m} \left(\frac{hn}{2a} \right)^2 = \frac{h^2 n^2}{8ma^2}$, $n=1$ 为基态, $n=2$ 为第一激发态。

$$\text{因此跃迁需要的能量为: } \Delta E = E_2 - E_1 = \frac{3\pi^2 \hbar^2}{2ma^2} = \frac{3h^2}{8ma^2} \quad (3 \text{ 分})$$