

南京航空航天大学

二〇〇八年硕士研究生入学考试试题

考试科目: 普通物理

说 明: 所有试题答案必须写在答题纸上, 答案写在试卷上无效

一、填空题 (80 分) (将下列各题的答案按问题编号顺序写在答题纸上)

1. (本题 6 分) 一个质量为 m 的质点, 沿 x 轴作直线运动, 受到的作用力为

$$F = F_0 \cos \omega t$$

若 $t=0$ 时刻, 质点的位置坐标为 x_0 , 初速度 $v_0 = 0$. 则质点的速度随时间变化的关系式是 $v = \underline{(1)}$; 质点的位置坐标随时间变化的关系式是 $x = \underline{(2)}$ (题中各量均为国际单位制).

2. (本题 4 分) 半径为 $R=2\text{ m}$ 飞轮作加速转动时, 轮边缘上一点的运动学方程为 $S = 0.1 t^3$ (国际单位制). 则当此点的速率 $v=30\text{ m/s}$ 时, 其切向加速度为 $\underline{(3)}$, 法向加速度为 $\underline{(4)}$.

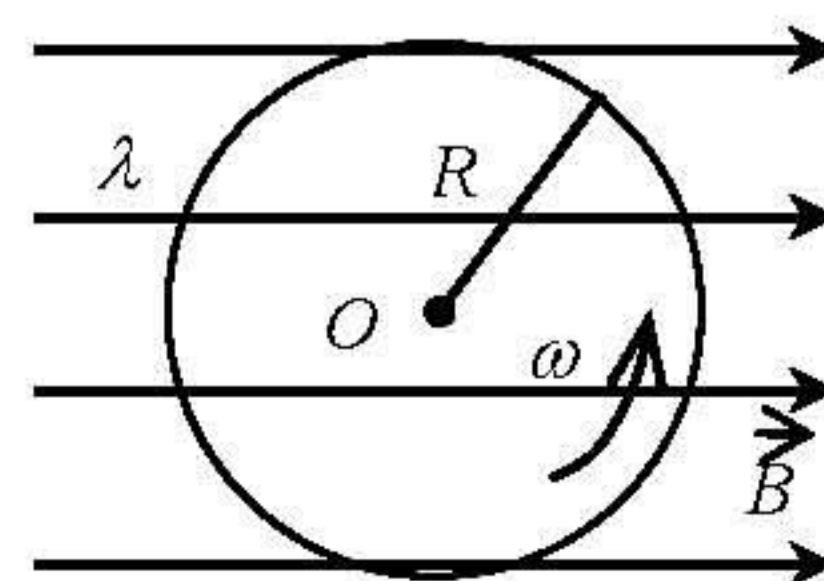
3. (本题 6 分) 质量 $m=2\text{ kg}$ 的物体, 在坐标原点处从静止出发在水平面内沿 x 轴运动, 其所受合力方向与运动方向相同, 合力大小为 $F=6+4x$ (国际单位制), 那么, 物体在开始运动的 3 m 内, 合力所作的功 = $\underline{(5)}$; 且 $x=3\text{ m}$ 时, 物体的速率 = $\underline{(6)}$.

4. (本题 6 分) 有一人造地球卫星, 质量为 m , 在地球表面上空 2 倍于地球半径 R 的高度沿圆轨道运行, 用 m 、 R 、引力常数 G 和地球的质量 M 表示时, 卫星的动能为 $\underline{(7)}$; 卫星与地球间的引力势能为 $\underline{(8)}$; 卫星对地心的角动量大小为 $\underline{(9)}$.

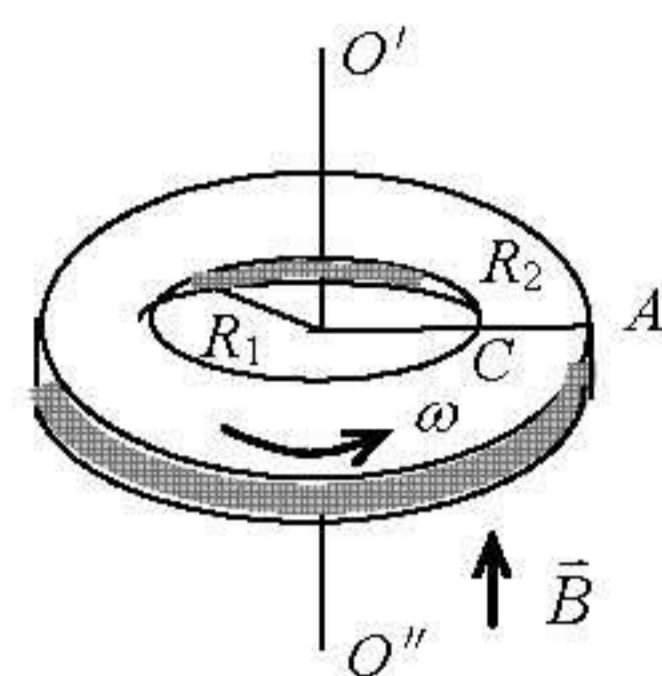
5. (本题 6 分) 在平衡状态下, 已知理想气体分子的麦克斯韦速率分布函数为 $f(v)$ 、分子质量为 m 、最概然速率为 v_p , 试说明下述两式的物理意义: (a) $\int_{v_p}^{\infty} f(v) dv$ 表示 $\underline{(10)}$; (b) $\int_0^{\infty} \frac{1}{2} m v^2 f(v) dv$ 表示 $\underline{(11)}$.

6. (本题 6 分) 一平行板电容器, 充电后切断电源, 然后使两极板间充满相对电容率 (介电常数) 为 ϵ_r 的各向同性均匀电介质. 此时两极板间的电场强度是原来的 $\underline{(12)}$ 倍; 电场能量是原来的 $\underline{(13)}$ 倍.

7. (本题 6 分) 如图, 均匀磁场中放一均匀带正电荷的圆环, 其线电荷密度为 λ , 圆环可绕通过环心 O 与环面垂直的转轴旋转. 当圆环以角速度 ω 转动时, 圆环受到的磁力矩为 $\underline{(14)}$, 其方向 $\underline{(15)}$.



8. (本题 4 分) 如图所示, 有一中心挖空的水平金属圆盘, 内圆半径为 R_1 , 外圆半径为 R_2 . 圆盘绕竖直中心轴 $O'O''$ 以角速度 ω 匀速转动. 均匀磁场 \vec{B} 的方向为竖直向上. 则圆盘的内圆边缘处 C 点与外圆边缘 A 点之间的动生电动势的大小为 (16).



9. (本题 4 分) 一物体作简谐振动, 其振动方程为 $x = 0.04 \cos\left(\frac{5}{3}\pi t - \frac{1}{2}\pi\right)$

(国际单位制). 则此简谐振动的周期为 (17); 当 $t = 0.6 \text{ s}$ 时, 物体的速度为 (18).

10. (本题 4 分) 用一定波长的单色光进行双缝干涉实验时, 欲使屏上的干涉条纹间距变大, 可采用的方法是: (19)、(20).

11. (本题 4 分) 一个平凸透镜的顶点和一平板玻璃接触, 用单色光垂直照射, 观察反射光形成的牛顿环, 测得中央暗斑外第 k 个暗环半径为 r_1 . 现将透镜和玻璃板之间的空气换成某种液体(其折射率小于玻璃的折射率), 第 k 个暗环的半径变为 r_2 , 由此可知该液体的折射率为 (21).

12. (本题 4 分) 在迈克耳孙干涉仪的一支光路上, 垂直于光路放入折射率为 n 、厚度为 h 的透明介质薄膜. 与未放入此薄膜时相比较, 两光束光程差的改变量为 (22).

13. (本题 4 分) π^+ 介子是不稳定的粒子, 在它自己的参照系中测得平均寿命是 $2.6 \times 10^{-8} \text{ s}$, 如果它相对于实验室以 $0.8c$ (c 为真空中光速) 的速率运动, 则实验室坐标系中测得的 π^+ 介子的寿命是 (23) s.

14. (本题 4 分) 一列高速火车以速度 u 驶过车站时, 固定在站台上的两只机械手在车厢上同时划出两个痕迹, 静止在站台上的观察者同时测出两痕迹之间的距离为 1 m , 车厢上的观察者测出这两个痕迹之间的距离为 (24).

15. (本题 4 分) 质子在加速器中被加速, 当其动能为静止能量的 3 倍时, 其质量为静止质量的 (25) 倍.

16. (本题 4 分) 在康普顿散射中, 若入射光子与散射光子的波长分别为 λ 和 λ' , 则反冲电子获得的动能为 (26).

17. (本题 4 分) 静止质量为 m_e 的电子, 经电势差为 U 的静电场加速后, 若不考虑相对论效应, 电子的德布罗意波长 $\lambda =$ (27).

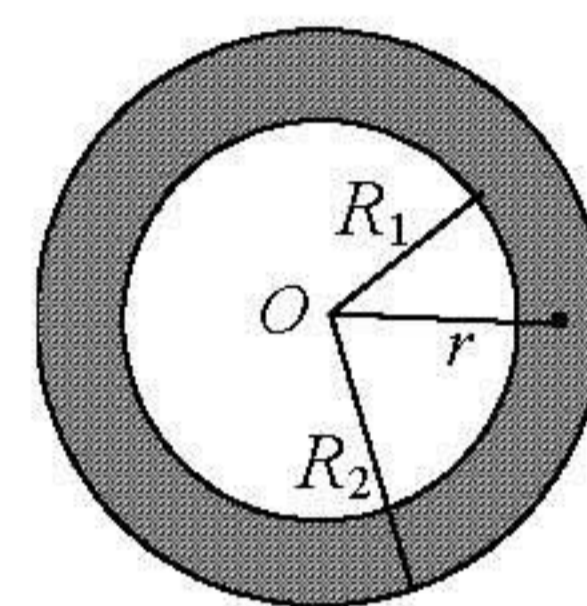
二、计算题 (70 分)

18. (本题 5 分) 一转动惯量为 J 的圆盘绕一固定轴转动, 起初角速度为 ω_0 . 设它所受阻力矩与转动角速度成正比, 即 $M = -k\omega$ (k 为正的常数), 求圆盘的角速度从 ω_0 变为 $\frac{1}{2}\omega_0$ 时所需的时间.

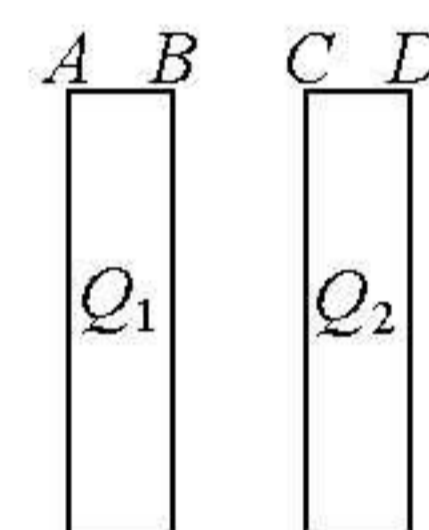
19. (本题 15 分) 一定量的某单原子分子理想气体装在封闭的汽缸里. 此汽缸有可活动的活塞(活塞与汽缸壁之间无摩擦且无漏气). 已知气体的初压强 $p_1=1\text{atm}$, 体积 $V_1=1\text{L}$ (升), 现将该气体在等压下加热直到体积为原来的两倍, 然后在等体积下加热直到压强为原来的 2 倍, 最后作绝热膨胀, 直到温度下降到初温为止,

- (1) 在 $p-V$ 图上将整个过程表示出来.
- (2) 试求在整个过程中气体内能的改变.
- (3) 试求在整个过程中气体所吸收的热量. ($1\text{atm}=1.013\times 10^5\text{Pa}$)
- (4) 试求在整个过程中气体所作的功.

20. (本题 12 分) 如图为一个均匀带电的厚球壳, 其电荷体密度为 ρ , 球壳内表面半径为 R_1 , 外表面半径为 R_2 . 设无穷远处为电势零点, 球壳及其周围空间的电容率(介电常数)均为 ϵ_0 , 求球壳内部半径为 r ($R_1 < r < R_2$) 处的 (1) 电场强度; (2) 电势.



21. (本题 12 分) 如图所示, 两块很大的导体平板平行放置, 面积都是 S , 且有一定厚度, 当带有一定量电荷时, 如不计边缘效应, (1) 求 A 、 B 、 C 、 D 四个表面上的电荷面密度 σ_A 、 σ_B 、 σ_C 、 σ_D 的关系. (2) 若两导体板带电荷分别为 Q_1 和 Q_2 , 求各面上电荷面密度与 Q_1 和 Q_2 的关系.



22. (本题 10 分) 如图, 一平面波在介质中以波速 $u = 20\text{m/s}$ 沿 x 轴负方向传播, 已知 A 点的振动方程为 $y = 3 \times 10^{-2} \cos 4\pi t$ (国际单位制).

- (1) 以 A 点为坐标原点写出波的表达式;
- (2) 以距 A 点 5m 处的 B 点为坐标原点, 写出波的表达式.

23. (本题 10 分) 用钠光($\lambda=589.3\text{nm}$)垂直照射到某光栅上, 测得第三级光谱的衍射角为 60° .

- (1) 若换用另一光源测得其第二级光谱的衍射角为 30° , 求后一光源发光的波长.
- (2) 若以白光($400\text{nm}-760\text{nm}$) 照射在该光栅上, 求其第二级光谱的张角.

($1\text{nm}=10^{-9}\text{m}$)

24. (本题 6 分) 已知一维线性谐振子处在第一激发态时的波函数为

$$\psi_1 = \sqrt{\frac{2\alpha^3}{\pi^{1/2}}} x \exp\left(-\frac{\alpha^2 x^2}{2}\right)$$

式中 α 为一常量. 求在此激发态时概率最大的位置.

南京航空航天大学

二〇〇八年硕士研究生入学考试试题参考答案

考试科目: 普通物理

一、选择题 (80 分)

1. (1) $v = \frac{F_0}{m\omega} \sin \omega t$ (3 分); (2) $x = \frac{F_0}{m\omega^2} (1 - \cos \omega t) + x_0$ (3 分)

2. (3) 6 m/s^2 (3 分); (4) 450 m/s^2 (3 分)。

3. (5) 36 J (3 分); (6) 6 m/s (3 分)。

4. (7) $GMm / (6R)$ (3 分); (8) $-GMm / (3R)$ (3 分); (9) $\sqrt{3GMR}$ (3 分)

5. (10) 分布在 $v_p \sim \infty$ 速率区间的分子数在总分子数中占的百分率 (3 分)

(11) 分子平动动能的平均值. (3 分)

6. (12) $1/\epsilon_r$ (3 分); (13) $1/\epsilon_r$ (3 分)

7. (14) $\pi R^3 \lambda B \omega$ (3 分); (15) 在图面中向上 (3 分)

8. (16) $\epsilon = \frac{1}{2} \omega B (R_2^2 - R_1^2)$ (4 分)

9. (17) 1.2 s (2 分); (18) -20.9 cm/s (2 分)

10. (19) 使两缝间距变小. (2 分); (20) 使屏与双缝之间的距离变大. (2 分)

11. (21) r_1^2 / r_2^2 (4 分)

12. (22) $2(n-1)h$ (4 分)

13. (23) 4.33×10^{-8} (4 分)

14. (24) $1 / \sqrt{1 - (u/c)^2}$ m (4 分)

15. (25) 4 (4 分)

16. (26) $hc \frac{\lambda' - \lambda}{\lambda \lambda'}$ (4 分)

17. (27) $h / (2m_e eU)^{1/2}$ (4 分)

二、计算题 (70 分)

18. (本题 5 分) 解: 根据转动定律: $\dots Jd \dots / dt = -k \dots$

∴
$$\frac{d\omega}{\omega} = -\frac{k}{J} dt \quad 3 \text{ 分}$$

两边积分:
$$\int_{\omega_0}^{\omega_0/2} \frac{1}{\omega} d\omega = -\int_0^t \frac{k}{J} dt$$

得
$$\ln 2 = kt/J$$

 ∴
$$t = (J \ln 2) / k \quad 3 \text{ 分}$$

19. (本题 15 分) 解: (1) $p-V$ 图如右图. 3 分

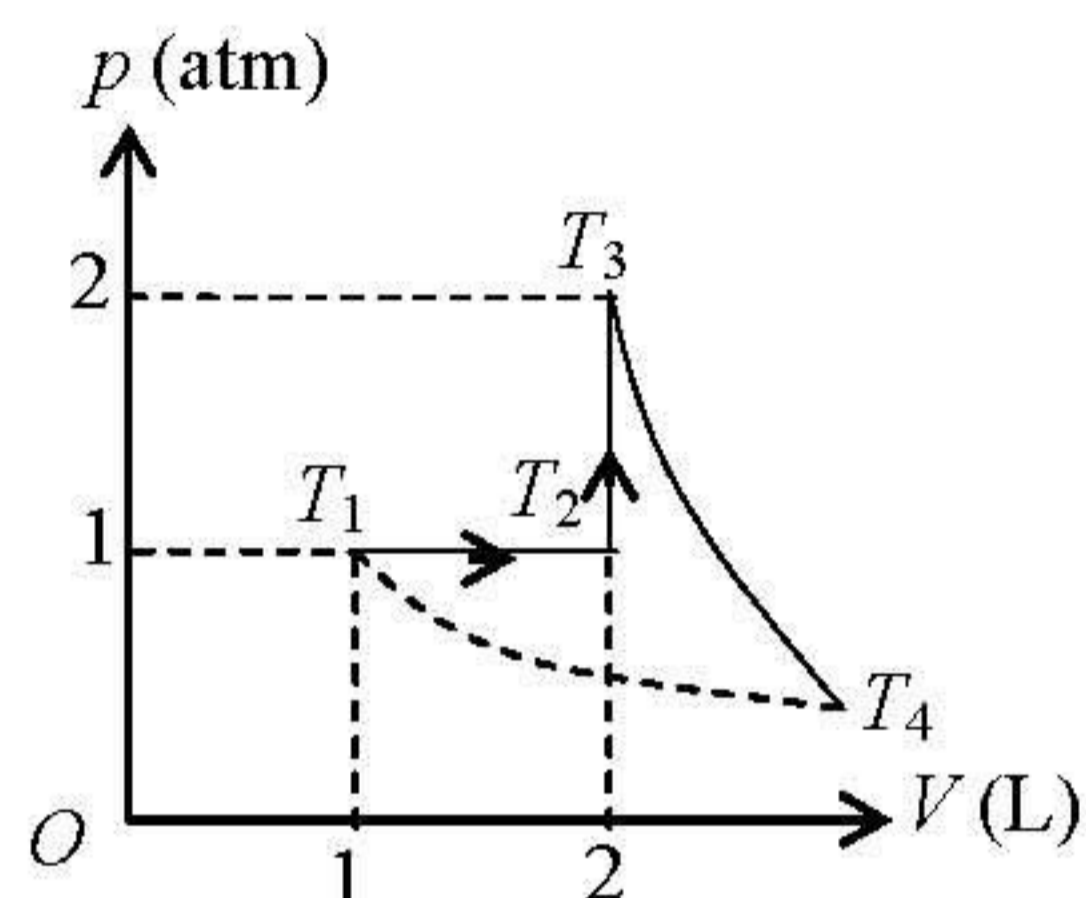
(2) $T_4 = T_1 \quad \Delta E = 0 \quad 2 \text{ 分}$

(3)
$$Q = \frac{M}{M_{mol}} C_p (T_2 - T_1) + \frac{M}{M_{mol}} C_v (T_3 - T_2)$$

$$= \frac{5}{2} p_1 (2V_1 - V_1) + \frac{3}{2} [2V_1 (2p_1 - p_1)]$$

$$= \frac{11}{2} p_1 V_1 = 5.6 \times 10^2 \text{ J} \quad 6 \text{ 分}$$

(4) $W = Q = 5.6 \times 10^2 \text{ J} \quad 4 \text{ 分}$



20. (本题 12 分) 解: (1) 只有以 r 为半径的球面以内的电荷才对该点的电场强度有贡献, 以 r 为半径的球面以内的电荷为:

$$q_1 = \rho \frac{4}{3} \pi (r^3 - R_1^3) \quad 2 \text{ 分}$$

在 r 的电场强度: $E = \frac{1}{4\pi\epsilon r^2} q_1 = \frac{\rho}{3\epsilon} \left(r - \frac{R_1^3}{r^2} \right) \quad 2 \text{ 分}$

(2) r 处的电势等于以 r 为半径的球面以内的电荷在该处产生的电势 U_1 和球面以外的电荷产生的电势 U_2 之和, 即 $U = U_1 + U_2$, 其中

$$U_1 = q_1 / (4\pi\epsilon_0 r) = \frac{(4\pi/3)(r^3 - R_1^3)\rho}{4\pi\epsilon_0 r} = \frac{\rho}{3\epsilon_0} \left(r^2 - \frac{R_1^3}{r} \right) \quad 3 \text{ 分}$$

为计算以 r 为半径的球面外电荷产生的电势, 在球面外取 $r' \rightarrow r' + dr'$ 的薄层, 其电荷为 $dq = \rho \cdot 4\pi r'^2 dr'$

它对该薄层内任一点产生的电势为

$$dU_2 = dq / (4\pi\epsilon_0 r') = \rho r' dr' / \epsilon_0$$

则
$$U_2 = \int dU_2 = \frac{\rho}{\epsilon_0} \int_r^{R_2} r' dr' = \frac{\rho}{2\epsilon_0} (R_2^2 - r^2) \quad 3 \text{ 分}$$

于是全部电荷在半径为 r 处产生的电势为

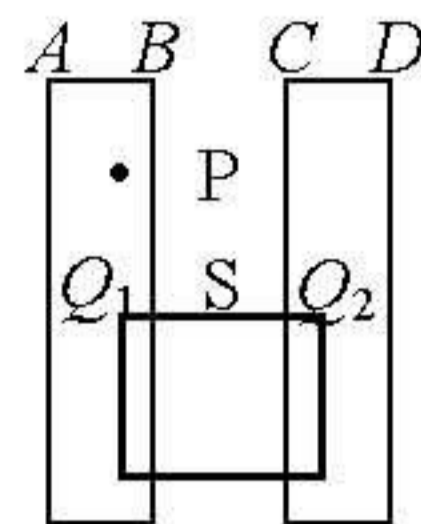
$$U = U_1 + U_2 = \frac{\rho}{3\epsilon_0} \left(r^2 - \frac{R_1^3}{r} \right) + \frac{\rho}{2\epsilon_0} (R_2^2 - r^2)$$

$$= \frac{\rho}{6\epsilon_0} \left(3R_2^2 - r^2 - \frac{2R_1^3}{r} \right) \quad 2 \text{ 分}$$

若根据电势定义直接计算同样给分.

21. (本题 12 分) 解:

(1) 取两底面分别位于两导体板内部的柱面为高斯面, 设底面面积为 Δs , 则由高斯定理得



$$\oint_S \vec{E} \cdot d\vec{s} = \oint_{\text{侧}} \vec{E} \cdot d\vec{s} + \int_{\text{底1}} \vec{E} \cdot d\vec{s} + \int_{\text{底2}} \vec{E} \cdot d\vec{s} = 0$$

面内包围电荷 $q = \sigma_B \Delta s + \sigma_C \Delta s \quad \therefore \sigma_B = -\sigma_C$ (4 分)

在左导体内部 P 点场强为零, 即各面上的电荷在此产生的合场强为零

$$E_1 - E_2 - E_3 - E_4 = 0 \quad \text{即} \quad E_1 - E_4 = E_2 + E_3 = \frac{\sigma_B}{2\epsilon_0} + \frac{\sigma_C}{2\epsilon_0} = 0$$

所以 $\frac{\sigma_A}{2\epsilon_0} - \frac{\sigma_D}{2\epsilon_0} = 0 \quad \therefore \sigma_A = \sigma_D$ (4 分)

(2) 由 $(\sigma_A + \sigma_B)S = Q_1$, $(\sigma_C + \sigma_D)S = Q_2$
 得 $\sigma_B = -\sigma_C = (Q_1 - Q_2)/(2S)$ (2 分), $\sigma_A = \sigma_D = (Q_1 + Q_2)/(2S)$ (2 分)

22. (本题 10 分) 解:

(1) 坐标为 x 点的振动相位为

$$\omega t + \phi = 4\pi[t + (x/u)] = 4\pi[t + (x/20)] = 4\pi[t + (x/20)] \quad 3 \text{ 分}$$

波的表达式为 $y = 3 \times 10^{-2} \cos 4\pi[t + (x/20)]$ (SI) 2 分

(2) 以 B 点为坐标原点, 则坐标为 x 点的振动相位为

$$\omega t + \phi' = 4\pi[t + \frac{x-5}{20}] \quad \text{(SI)} \quad 3 \text{ 分}$$

波的表达式为 $y = 3 \times 10^{-2} \cos[4\pi(t + \frac{x}{20}) - \pi]$ (SI) 2 分

23. (本题 10 分) 解:

(1) $(a+b) \sin \phi = 3\lambda$
 $a+b = 3\lambda / \sin \phi$, $\phi = 60^\circ$
 $a+b = 2\lambda' / \sin \phi'$ $\phi' = 30^\circ$
 $3\lambda / \sin \phi = 2\lambda' / \sin \phi'$
 $\lambda' = 510.3 \text{ nm}$ 5 分

(2) $(a+b) = 3\lambda / \sin \phi = 2041.4 \text{ nm}$
 $\phi'_2 = \sin^{-1}(2 \times 400 / 2041.4)$ ($\lambda = 400 \text{ nm}$)
 $\phi''_2 = \sin^{-1}(2 \times 760 / 2041.4)$ ($\lambda = 760 \text{ nm}$)
 白光第二级光谱的张角 $\Delta \phi = \phi''_2 - \phi'_2 = 25^\circ$ 5 分

24. (本题 6 分) 解:

谐振子处于第一激发态时概率密度为

$$P_1 = |\psi_1|^2 = \frac{2\alpha^3}{\pi^{1/2}} x^2 \exp(-\alpha^2 x^2) = Ax^2 \exp(-\alpha^2 x^2) \quad 3 \text{ 分}$$

具有最大概率的位置由 $dP_1/dx = 0$ 决定, 即由

$$\frac{dP_1}{dx} = A(2x - \alpha^2 2x^3) \exp(-\alpha^2 x^2) = 0$$

解得 $x = \pm 1/\alpha$ (概率最大的位置) 3 分