

★★★★★ 答题一律做在答题纸上, 做在试卷上无效。★★★★★

第一题 (15 分)

摩托快艇以速率 v_0 行驶, 它受到的摩擦阻力与速率平方成正比, 可表示为 $F = -kv^2$ (k 为正常数)。设摩托快艇的质量为 m , 当摩托快艇发动机关闭后,

- (1) 求速率 v 随时间 t 的变化规律。
- (2) 求路程 x 随时间 t 的变化规律。
- (3) 证明速率 v 与路程 x 之间的关系为 $v = v_0 e^{-k'x}$, 其中 $k' = k/m$ 。

第二题 (15 分)

导体中自由电子的运动可看作类似于气体分子的运动 (故称电子气)。设导体中共有 N 个自由电子, 其中电子的最大速率为 v_F (称为费米速率), 电子在

速率 $v \sim v + dv$ 之间的概率为 $\frac{dN}{N} = \frac{4\pi A}{N} v^2 dv$ ($v_F > v > 0$, A 为常数),

$$\frac{dN}{N} = 0 \quad (v > v_F)。$$

- (1) 画出分布函数图;
- (2) 用 N 、 v_F 定出常数 A ;
- (3) 证明电子气中电子的平均动能 $\bar{\varepsilon} = \frac{3}{5} \varepsilon_F$, 其中 $\varepsilon_F = \frac{1}{2} m v_F^2$ 。

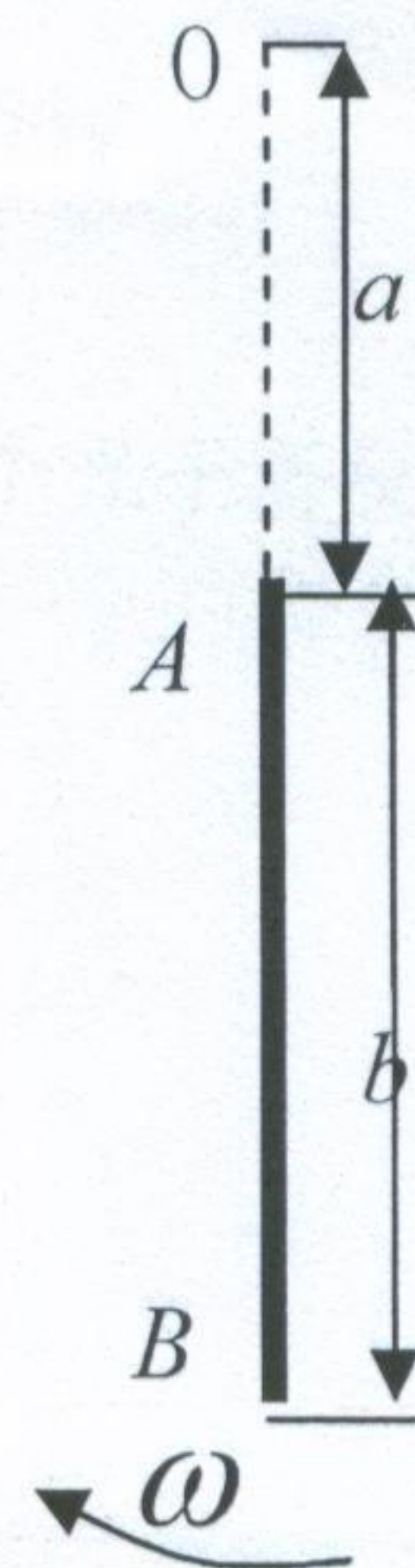
第三题 (15 分)

内、外半径分别为 R_1 、 R_2 的均匀带电厚球壳, 电荷体密度 ρ 为常数。试求在 $r < R_1$ 、 $R_1 < r < R_2$ 和 $r > R_2$ 的三个区域内电场强度的大小和电势 (选无穷远为零势点)。

第四题 (15 分)

有一均匀带电直导线段 AB, 长为 b , 线电荷密度为 λ 。此线段绕垂直于纸面的轴 O 以匀角速率 ω 转动, 转动过程中线段 A 端与轴 O 的距离 a 保持不变, 如图所示。

- (1) 求 O 点磁感应强度 \vec{B}_O 。
- (2) 求转动线段的磁矩 \vec{p}_m 。
- (3) 若 $a \gg b$, 再求 \vec{B}_O 和 \vec{p}_m 。



第五题 (15分)

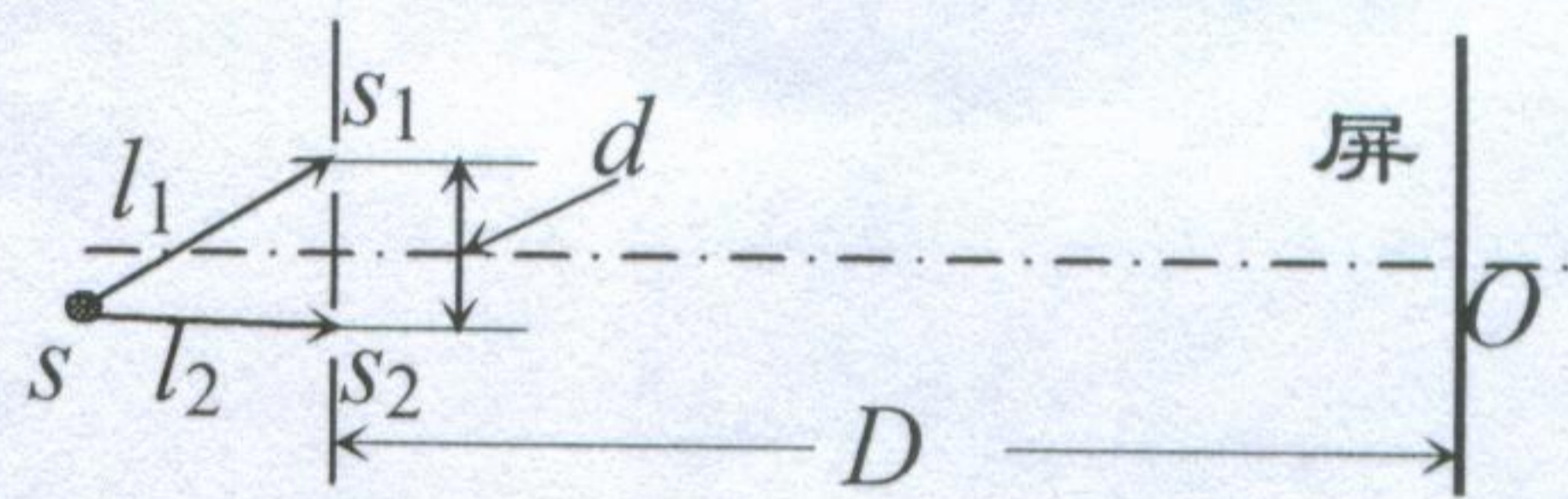
真空中，一平面电磁波的电场由下式给出： $E_x = 0$ ， $E_z = 0$ ，

$$E_y = 0.60 \cos \left[2\pi \times 10^8 \left(t - \frac{x}{C} \right) \right] \text{ (SI)}. \text{ 其中 } C \text{ 为光速。求：}$$

- (1) 波长和频率；
- (2) 传播方向；
- (3) 磁场的大小和方向。

第六题 (15分)

如图在双缝干涉实验中，单色光源 s 到两缝 s_1 和 s_2 的距离分别为 l_1 和 l_2 ，并且 $l_1 - l_2 = 3\lambda$ ， λ 为入射光的波长，双缝之间的距离为 d ，双缝到屏幕的距离为 D 。



求：

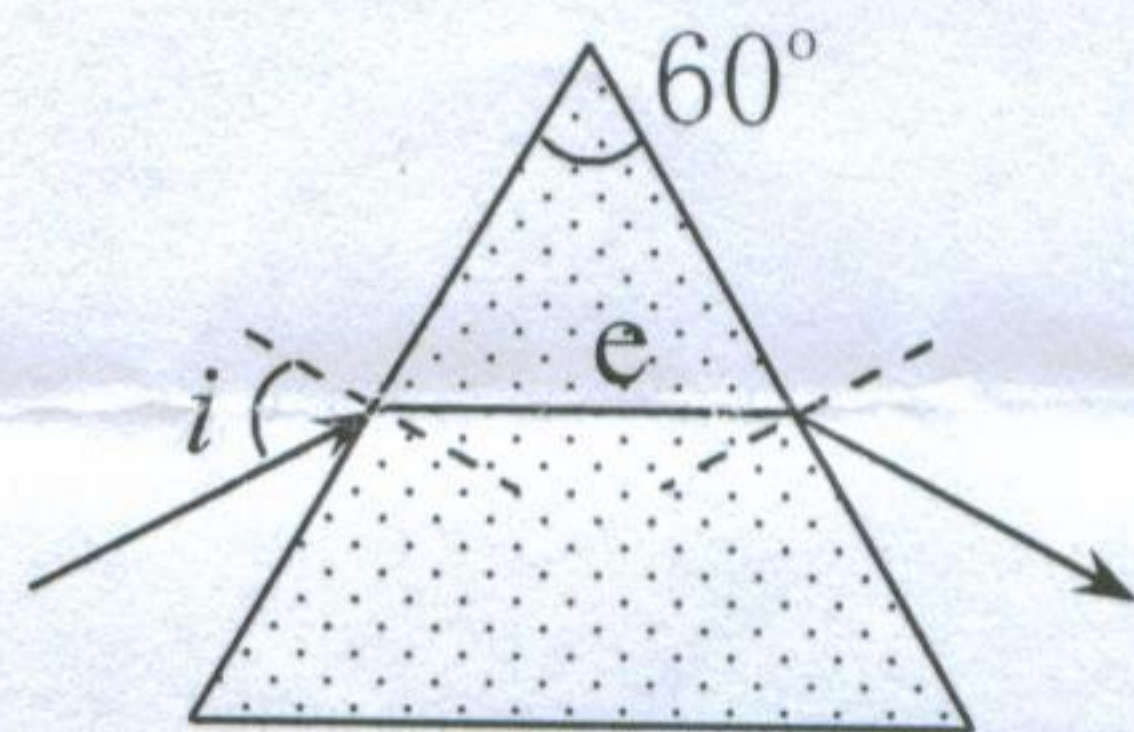
- (1) 零级明纹到屏幕中央 O 点的距离；
- (2) 相邻明条纹间的距离。
- (3) 要将零级明纹移至屏幕中央，有哪些方法？

第七题 (15分)

在夫琅禾费单缝衍射实验中，如果缝宽 a 与入射光波长 λ 的比值分别为(1) 1, (2) 10, (3) 100，试分别计算中央明条纹边缘的衍射角。再讨论计算结果说明什么问题。

第八题 (15分)

用方解石切割成一个 60° 的正三角棱镜，光轴垂直于棱镜的正三角截面。设自然光的入射角为 i ，而 e 光在棱镜内的折射线与镜底边平行，如图所示。求



- (1) 入射角 i 。
- (2) O 光的出射角 i' ，并在图中画出 O 光的光路。
- (3) 标出 O 光和 e 光的光矢量振动方向。已知 $n_e = 1.49$ ， $n_o = 1.66$ 。

第九题 (15分)

质量为 m_0 的一个受激原子，静止在惯性参考系 K 中，因发射一个光子而反冲，原子的内能减少了 ΔE ，而已知光子的能量为 $h\nu$ ，试证：

$$h\nu = \Delta E \left(1 - \frac{\Delta E}{2m_0 c^2} \right)$$

第十题 (15分)

金刚石的禁带宽按 5.5eV 计算。试求：

- (1) 禁带顶和底的能级上的电子数的比值，设温度为 300K 。
- (2) 使电子越过禁带上升到导带需要的光子的最大波长。