

作业 6: 本次作业针对讲稿第四章内容

题目 1: 单色平面波沿 z 方向从真空 ($z < 0$) 入射至半无限大的金属导体之内 ($z > 0$), 考虑低频及微波波段 ($\omega \ll \gamma$), 在讲稿(4.3.17)的近似下, 计算:

- (1) 金属内平均能流密度 $\langle S(z) \rangle$ 、沿 z 方向界面 ($z = 0^+$ 处) 单位横截面积上传入金属导体的功率 P ;
- (2) 平均焦耳热功率的体密度 $p(z)$ 、单位横截面积的无穷长金属柱体 (对应于 $z \in [0, \infty)$) 的平均焦耳热功率。

题目 2:

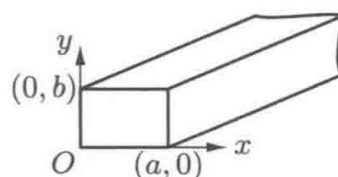
空间有一射电源发射出一种宽频带的“噪音”脉冲. 由于在星际介质中的色散, 这一脉冲到达地球时就变成频率随时间变化的哨声. 如果这一变化率 (即频率对于时间的变化率) 被测出, 并且知道了地球到射电源的距离 d , 就可以推导出星际介质中 (假定星际介质完全电离) 电子的平均密度 N 来. 试证明这一点. (提示: 通过研究一个自由电子对于高频电场的响应特性去推断频率和波数 $2\pi/\lambda$ 之间的关系.) [本题系中国赴美物理研究生考试(CUSPEA), 1981 年试题.]

【附注: 这里的“脉冲”是指几乎是同时且瞬时发出的射电电磁波信号。此外, 可以设想射电源到地球之间充满均匀的星际介质。】

题目 3: 如图, 矩形金属导体波导管充满线性无色散介质 (μ, ε)。对于角频率为 ω 的 TE_{mn} 模式, 计算:

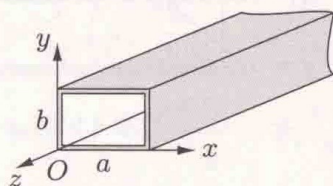
- 1) 平均能流密度 $\langle S(x, y) \rangle$ 、横截面上的平均传输功率 P 。
- 2) 平均能量密度 $\langle u(x, y) \rangle$ 、沿 z 方向单位长度的平均能量 (即能量线密度) λ_u ;
- 3) 根据 1) 和 2) 的结果给出能量沿 z 方向的传输速率 v_g 。

【可以直接利用讲稿上的公式(4.4.11)(4.4.13)(4.4.14)。】



题目 4:

☆☆☆ 金属矩形波导管内横截面的边长分别为 $a = 2.0 \text{ cm}$ 和 $b = 1.0 \text{ cm}$, 判断波导管能否传播频率 $f = 1.0 \times 10^{10} \text{ Hz}$ 的 TE_{10} 波模。假设管壁导体采用黄铜, 具有有限的电导率 σ , 管壁电流所致的 Joule 热将使得电磁波在波导中传播产生衰减, 假定管壁电流在管壁上厚度为 δ 的一层内均匀分布 (其中 $\delta \approx \sqrt{2/(\mu\omega\sigma)}$ 为电磁波对于导体的穿透深度), 求出该模式在波导中功率损失一半时的传播距离。



【附注: 本题波导管内的介质可以当作真空来计算, 黄铜的电导率为 $\sigma = 1.6 \times 10^7 \Omega^{-1}\text{m}^{-1}$ 】