

四川大学期中考试试题（闭卷）

(2020—2021 学年第 2 学期)

课程号: 602022030 课序号: 01 课程名称: 电磁场与电磁波 任课教师: 闫丽萍、吴丽 成绩:
适用专业年级: 2019 学生人数: 60 印题份数: 65 学号: 姓名:

考生承诺

我已认真阅读并知晓《四川大学考场规则》和《四川大学本科学生考试违纪作弊处分规定（修订）》，郑重承诺：

- 1、已按要求将考试禁止携带的文具用品或与考试有关的物品放置在指定地点；
- 2、不带手机进入考场；
- 3、考试期间遵守以上两项规定，若有违规行为，同意按照有关条款接受处理。

考生签名：

注意：请将所有答案写在答题纸上，写在试卷上不得分，试卷随同答题纸交回。

一、简答题（总分 40 分）

1. 名词解释（每个 2 分，共 10 分）

线性媒质、静态电磁场、电偶极子、电介质的极化、位移电流

2. 请写出麦克斯韦方程组的微分形式，给出各方程对应的定律或定理名称，并简述其物理意义。（10 分）

3. 如图 1 所示，两块无限大理想导体接地板之间的夹角为 90° 。两板之间的区域中放置一个电量为 Q 的点电荷，请写出该区域中电位满足的方程，并简要讨论是否可以使用镜像法求解，如果可以，请画出镜像电荷的位置。（5 分）

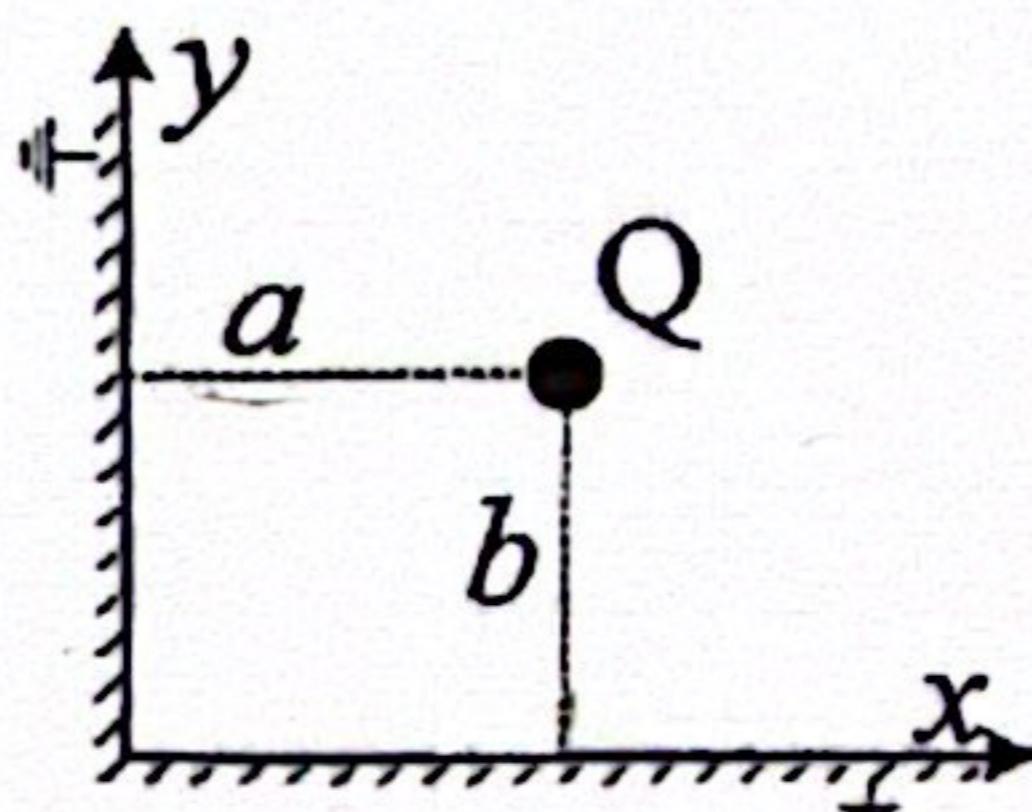


图 1

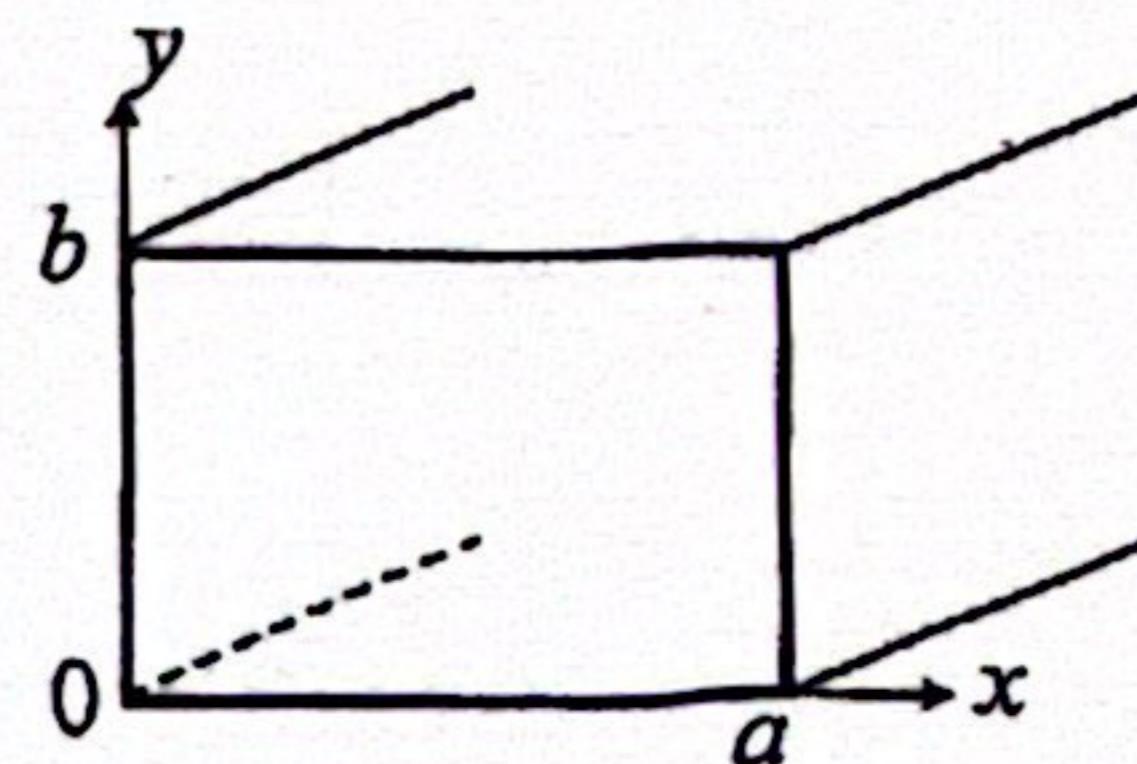


图 2

4. 如图 2 所示的空气填充空心铜管，当里面存在时变电磁场时，请给出 x 和 y 两个方向上电场和磁场分别满足的边界条件。（5 分）

5. 同学们使用高斯定理求解问题时，小李同学用的是 $\nabla \cdot \vec{D} = \rho$ ，小王同学用的是 $\nabla \cdot \vec{E} = (\rho + \rho_p) / \epsilon_0$ ，^{杨帆同学也有 P} 请问谁的答案是正确的，为什么？（5分）

6. 现在越来越多的新款手机开始使用无线充电技术，如图3所示，请结合本课程已学过内容简述其无线充电系统的工作原理。（5分）

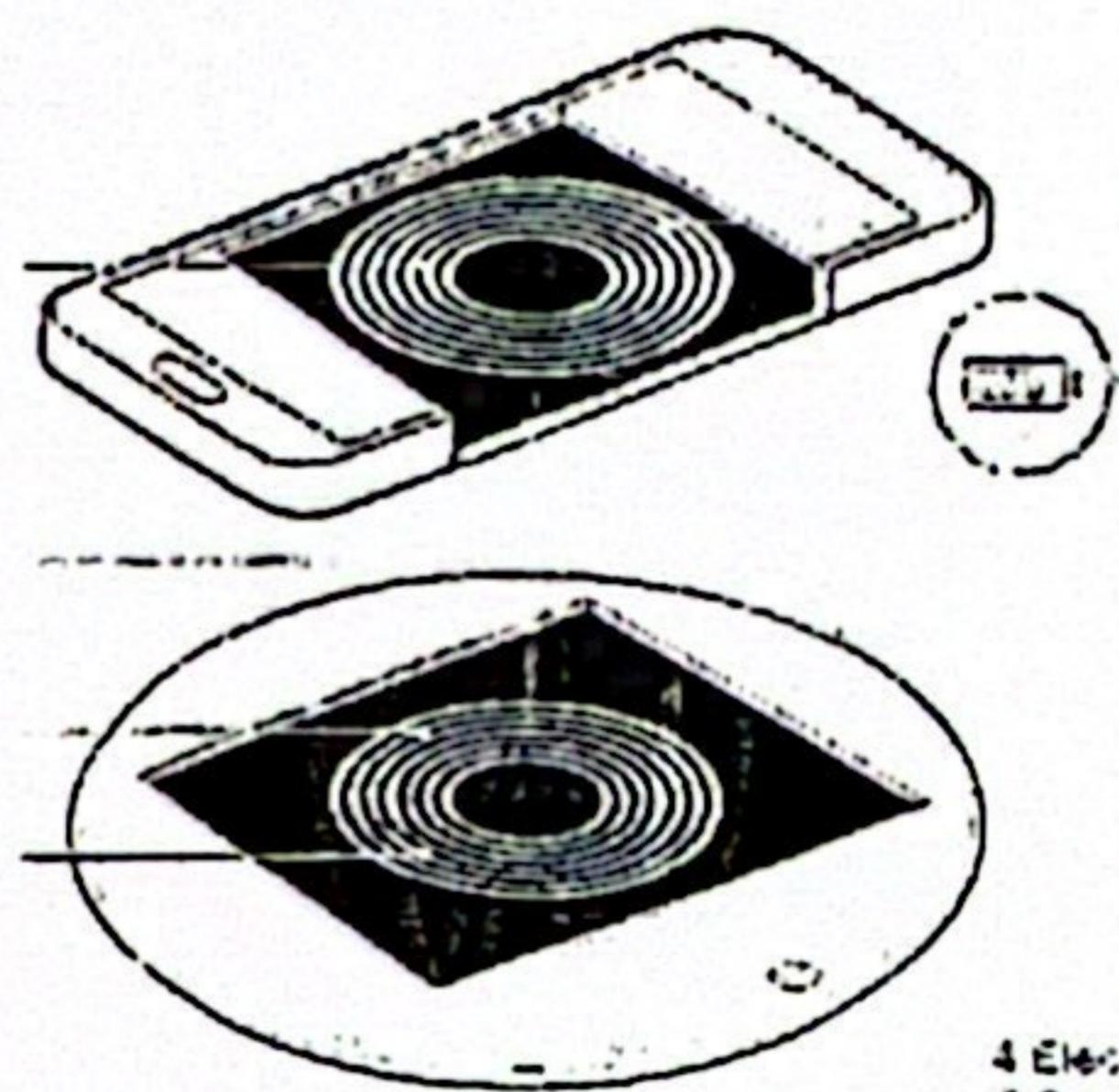


图3

二、计算题（40分）

1. 已知半径为 a_1 的导体球带电荷量为 Q ，该导体球被内半径为 a_2 ，外半径为 a_3 的导体球壳所包围，球与球壳间填充空气，最外层为介电常数为 ϵ 的均匀电介质。请计算：1) 各区域的电场强度；2) 导体表面电荷面密度和介质表面的极化电荷面密度。（10分）

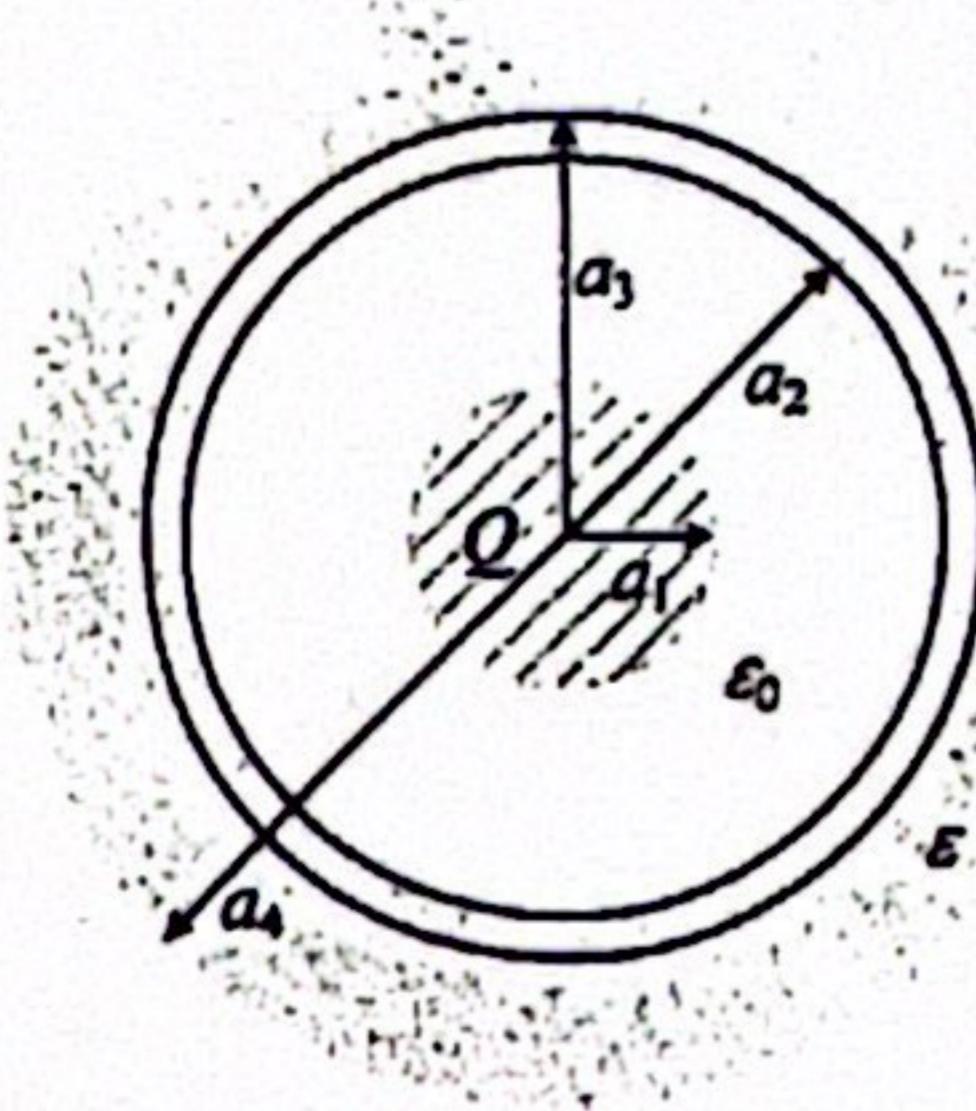


图4

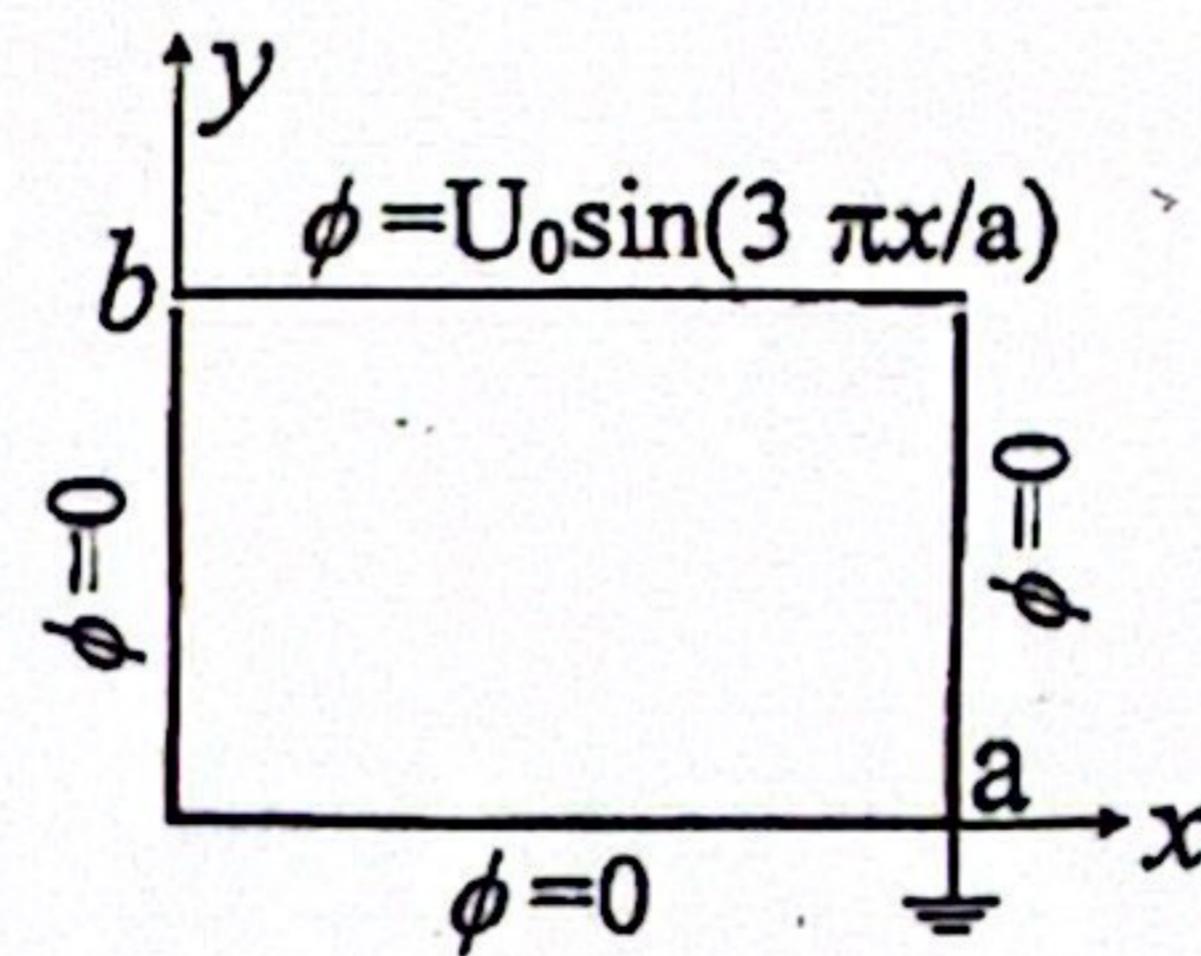


图5

2. 如图5所示的二维边值问题，请使用分离变量法求解区域中的电位分布。（10分）

3. 如图 6 所示, 同轴线的内导体为 a , 外导体的内半径为 b , 外导体的外半径为 c 。内、外半径之间填充的介质以及导体的磁导率均为 μ_0 。若导体上的电流为 I , 求同轴线单位长度内储存的磁场能量。(10 分)

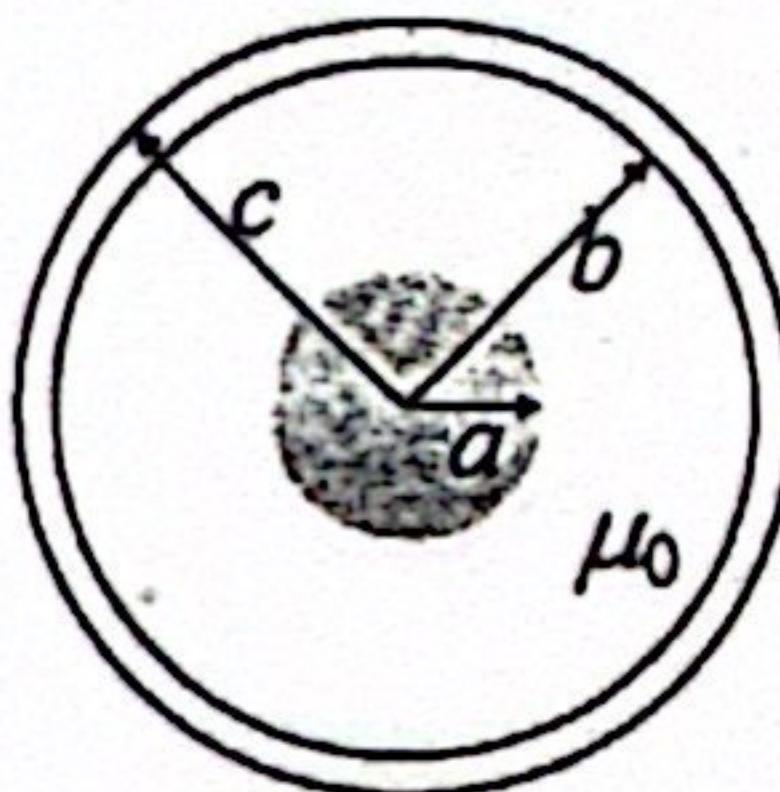


图 6

4. 两块无限大的理想导体平板分别置于 $x=0$ 和 $x=d$ 处, 若平板之间的电场强度为

$$\vec{E} = \vec{e}_y E_0 \sin\left(\frac{\pi x}{d}\right) \cos(\omega t - kz) \text{ V/m}$$

请计算上导体表面上的面电流密度 J_s 。(10 分)

三、综合题 (总分: 20 分)

电荷量为 $+Q$ 的静电荷, 依次放置在半径为 1m 且高为 1.5m 的盐水中、江安一教 C302 教室中间和一个密闭很好的铜制电梯外附近, 请回答下列问题:

1. 请分析这三种不同空间中媒质的电磁特性分别具有什么特点?
2. 请问盐水中的电荷分布是否会发生变化? 简要说明理由
3. 请画出电梯内外电场分布的简图。并简述这样画的理由
4. 如果电荷量 Q 增加, 电梯内的电场是否增加? 该现象在工程中有哪些应用? 请同学们开动脑筋, 尝试提出它的创新应用。

可能需要的公式：

圆柱坐标系

$$\nabla f = \hat{\rho} \frac{\partial f}{\partial \rho} + \hat{\phi} \frac{1}{\rho} \frac{\partial f}{\partial \phi} + \hat{z} \frac{\partial f}{\partial z}$$

$$\nabla \cdot \mathbf{F} = \frac{1}{\rho} \frac{\partial}{\partial \rho} (\rho F_\rho) + \frac{1}{\rho} \frac{\partial F_\phi}{\partial \phi} + \frac{\partial F_z}{\partial z}$$

$$\nabla \times \mathbf{F} = \frac{1}{\rho} \begin{vmatrix} \hat{\rho} & \hat{\phi} & \hat{z} \\ \frac{\partial}{\partial \rho} & \frac{\partial}{\partial \phi} & \frac{\partial}{\partial z} \\ F_\rho & \rho F_\phi & F_z \end{vmatrix}$$

$$\nabla^2 f = \frac{1}{\rho} \frac{\partial}{\partial \rho} \left(\rho \frac{\partial f}{\partial \rho} \right) + \frac{1}{\rho^2} \frac{\partial^2 f}{\partial \phi^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial z^2}$$

$$\nabla^2 \mathbf{F} = \hat{\rho} \left(\nabla^2 F_\rho - \frac{2}{\rho^2} \frac{\partial F_\phi}{\partial \phi} - \frac{F_\rho}{\rho^2} \right) + \hat{\phi} \left(\nabla^2 F_\phi + \frac{2}{\rho^2} \frac{\partial F_\rho}{\partial \phi} - \frac{F_\phi}{\rho^2} \right) + \hat{z} \nabla^2 F_z$$

球坐标系

$$\nabla f = \hat{r} \frac{\partial f}{\partial r} + \hat{\theta} \frac{1}{r} \frac{\partial f}{\partial \theta} + \hat{\phi} \frac{1}{r \sin \theta} \frac{\partial f}{\partial \phi}$$

$$\nabla \cdot \mathbf{F} = \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} (r^2 F_r) + \frac{1}{r \sin \theta} \frac{\partial}{\partial \theta} (\sin \theta F_\theta) + \frac{1}{r \sin \theta} \frac{\partial F_\phi}{\partial \phi}$$

$$\nabla \times \mathbf{F} = \frac{1}{r^2 \sin \theta} \begin{vmatrix} \hat{r} & \hat{\theta} & r \sin \theta \hat{\phi} \\ \frac{\partial}{\partial r} & \frac{\partial}{\partial \theta} & \frac{\partial}{\partial \phi} \\ F_r & r F_\theta & r \sin \theta F_\phi \end{vmatrix}$$

$$\nabla^2 f = \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left(r^2 \frac{\partial f}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2 \sin \theta} \frac{\partial}{\partial \theta} \left(\sin \theta \frac{\partial f}{\partial \theta} \right) + \frac{1}{r^2 \sin^2 \theta} \frac{\partial^2 f}{\partial \phi^2}$$

$$\begin{aligned} \nabla^2 \mathbf{F} = & \hat{r} \left[\nabla^2 F_r - \frac{2}{r^2} \left(F_r + \frac{\cos \theta}{\sin \theta} F_\theta + \frac{1}{\sin \theta} \frac{\partial F_\phi}{\partial \phi} + \frac{\partial F_\theta}{\partial \theta} \right) \right] + \\ & + \hat{\theta} \left[\nabla^2 F_\theta - \frac{1}{r^2} \left(\frac{1}{\sin^2 \theta} F_\theta - 2 \frac{\partial F_r}{\partial \theta} + 2 \frac{\cos \theta}{\sin^2 \theta} \frac{\partial F_\phi}{\partial \phi} \right) \right] + \\ & + \hat{\phi} \left[\nabla^2 F_\phi - \frac{1}{r^2} \left(\frac{1}{\sin^2 \theta} F_\phi - 2 \frac{1}{\sin \theta} \frac{\partial F_r}{\partial \phi} - 2 \frac{\cos \theta}{\sin^2 \theta} \frac{\partial F_\theta}{\partial \phi} \right) \right] \end{aligned}$$