

坐标系及其转换



主讲人：赵玉新

坐标系及其转换

坐标系

为什么需要坐标系，坐标系的用处是什么？



物体的运动都是相对某个参考系而言的。导航的任务就是**确定载体的运动参数**，即确定载体在某坐标系的位置或位置变化率以及姿态，所以在研究导航问题时，首先要**确定坐标系**。

如何描述或定义一个坐标系？



- (1) 坐标系原点的位置；
- (2) 坐标系轴的定向；
- (3) 在所属的坐标系中以什么参数来确定某点的位置。

坐标系及其转换

坐标系分类

按坐标系相对惯性空间运动与否：

(1) 惯性坐标系

(2) 非惯性坐标系

坐标系及其转换

坐标系分类

按选取的坐标原点位置不同:

- (1) 银心坐标系 (以银河系中心为原点)
- (2) 日心坐标系 (以太阳中心为原点)
- (3) 地心坐标系 (以地球质心为原点)
- (4) 站心坐标系 (以地面测站为原点)

坐标系及其转换

坐标系分类

按坐标系是否与地球自转同步运动:

(1) 地固坐标系

(2) 非地固坐标系

坐标系及其转换

坐标系分类

➤ 按坐标系表征参数不同:

(1) 空间直角坐标系 (也称为笛卡尔坐标系)

(2) 空间大地坐标系

坐标系及其转换

坐标系分类

按照地球参考椭球体定位方法的不同:

(1) 参心坐标系

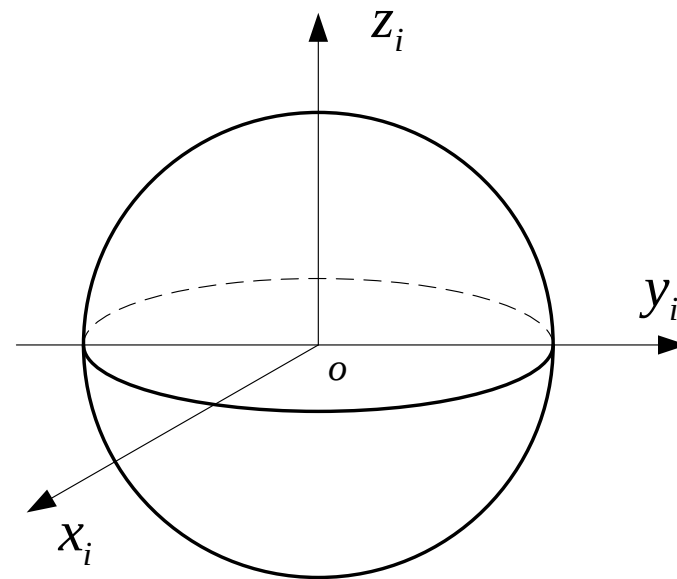
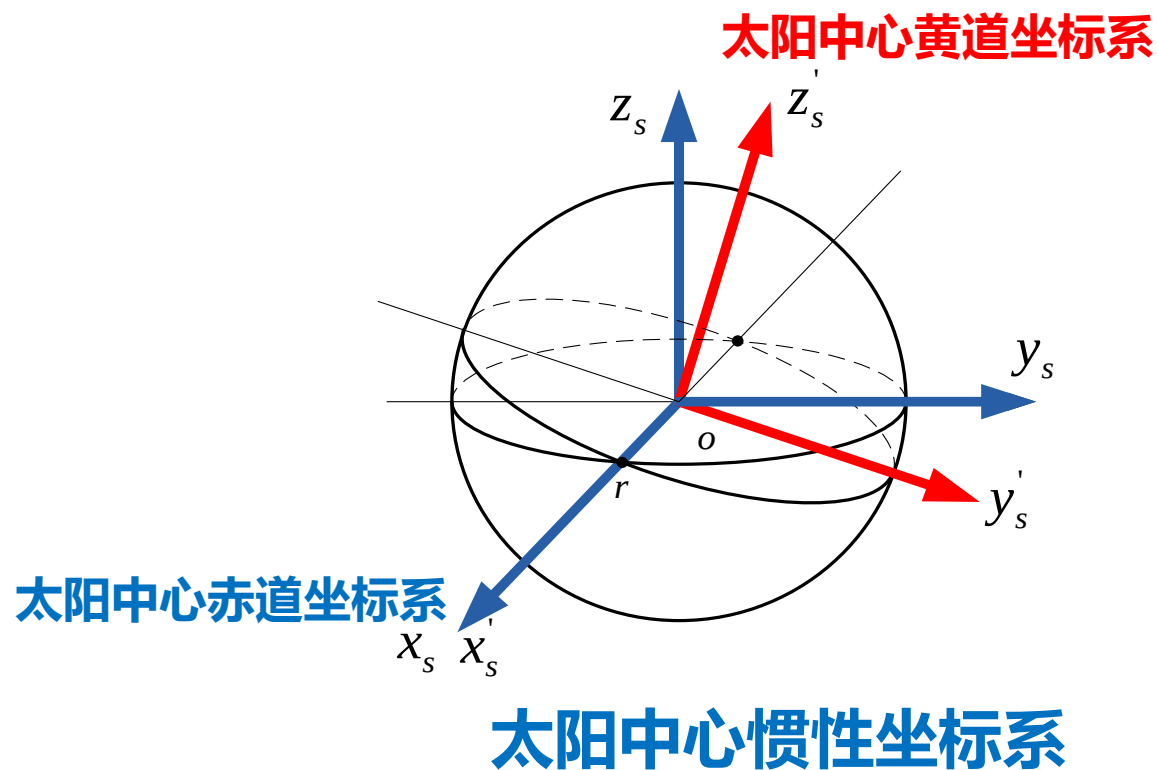
(2) 地心坐标系

坐标系及其转换

坐标系分类

➤ 惯性坐标系

相对惯性空间静止或做匀速直线运动的参考坐标系称为惯性坐标系。

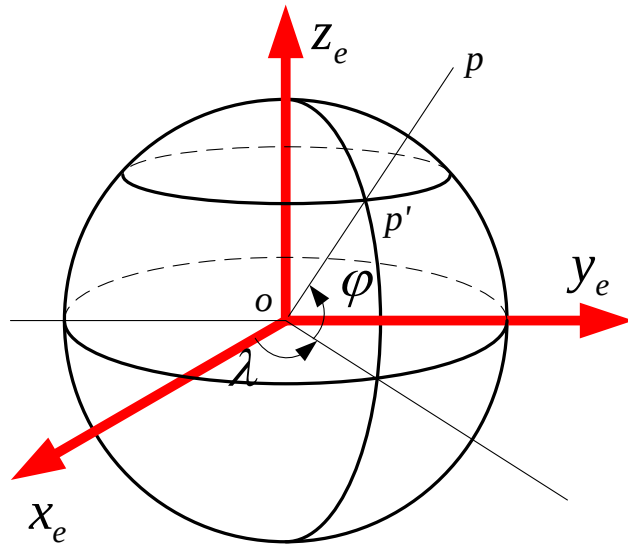


地心惯性坐标系

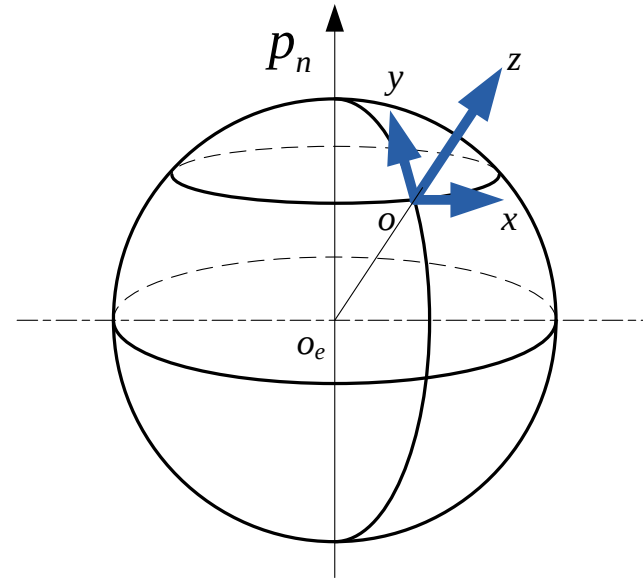
坐标系及其转换

坐标系分类

➤ 地球坐标系和地理坐标系



地球坐标系
地心地固坐标系



地理坐标系

坐标系及其转换

坐标系分类

➤ 大地坐标系

参考椭球面为基准面，可以更好地拟合地球形状。



坐标系及其转换

坐标系分类

➤ 大地坐标系

参考椭球面为基准面，可以更好地拟合地球形状。

- 地心坐标系
- 参心坐标系

坐标系及其转换

坐标系分类

➤ 地心坐标系和参心地标系

为什么需要地心坐标系和参心坐标系？

答案：绝对定位和相对定位。

如何建立一个精确的地心坐标系？

答案：(1) 确定地球椭球体; (2) 地心定位与定向 (3) 尺度。

目前大概有多少个参心坐标系？

答案：世界上100多个国家和地区已建立了200多个参心坐标系。

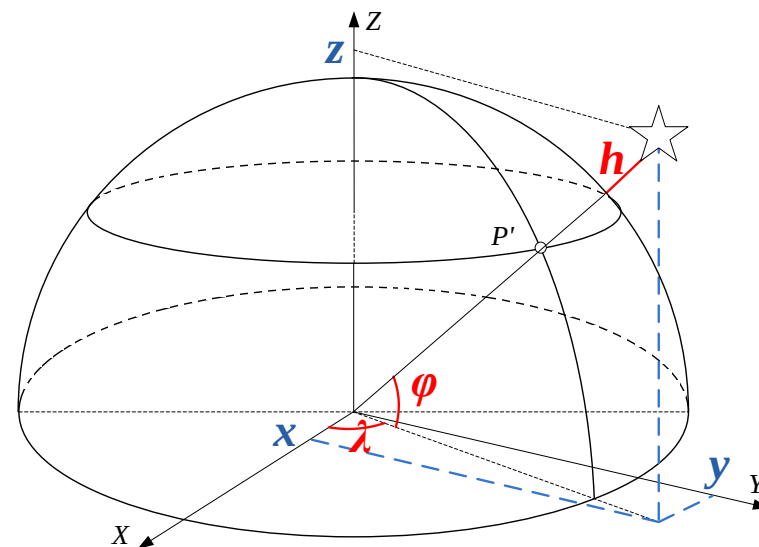
坐标系及其转换

坐标系变换

➤ 大地坐标系与笛卡尔坐标系的变换

• 大地坐标系转换到笛卡尔坐标系

$$\begin{cases} X = (R_N + h) \cos \phi \cos \lambda \\ Y = (R_N + h) \cos \phi \sin \lambda \\ Z = [R_N (1 - e^2) + h] \sin \phi \end{cases}$$



地理坐标系的两种表示方法

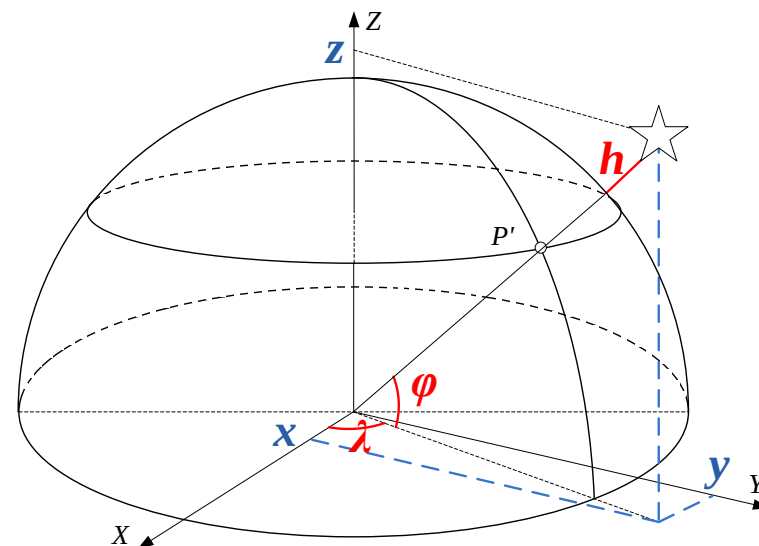
坐标系及其转换

坐标系变换

➤ 大地坐标系与笛卡尔坐标系的变换

• 笛卡尔坐标系转换到大地坐标系

$$\begin{cases} \varphi = \arctg \left[\frac{Z}{\sqrt{X^2 + Y^2}} \left(1 + \frac{ae^2}{Z} \cdot \frac{\sin \varphi}{(1 - e^2 \sin^2 \varphi)^{1/2}} \right) \right] \\ \lambda = \arctg \left[\frac{Y}{X} \right] \\ h = \frac{\sqrt{X^2 + Y^2}}{\cos \varphi} - R_N \end{cases}$$



地理坐标系的两种表示方法

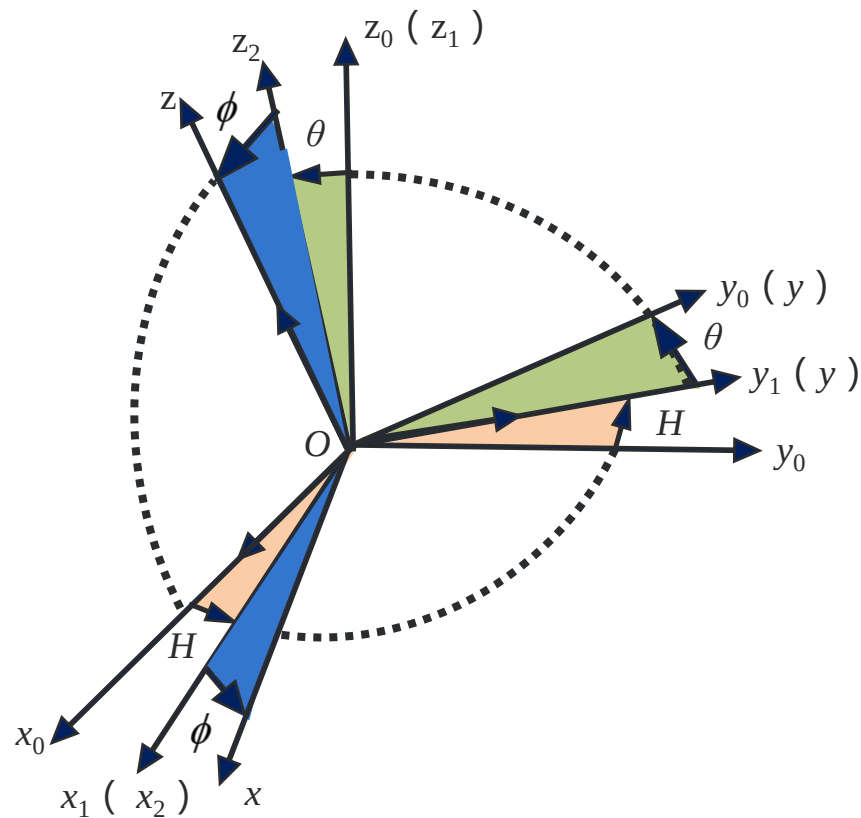
- 这里， R_N 是地球椭球体卯酉圈曲率半径， e 是地球椭球体第一偏心率。

坐标系及其转换

坐标系变换

➤ 空间直角坐标系轴向的变换

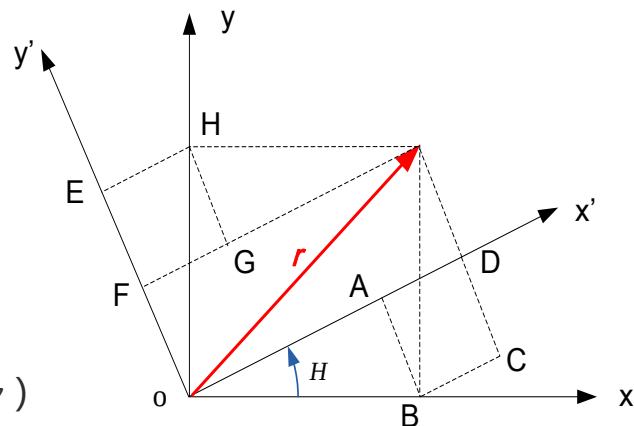
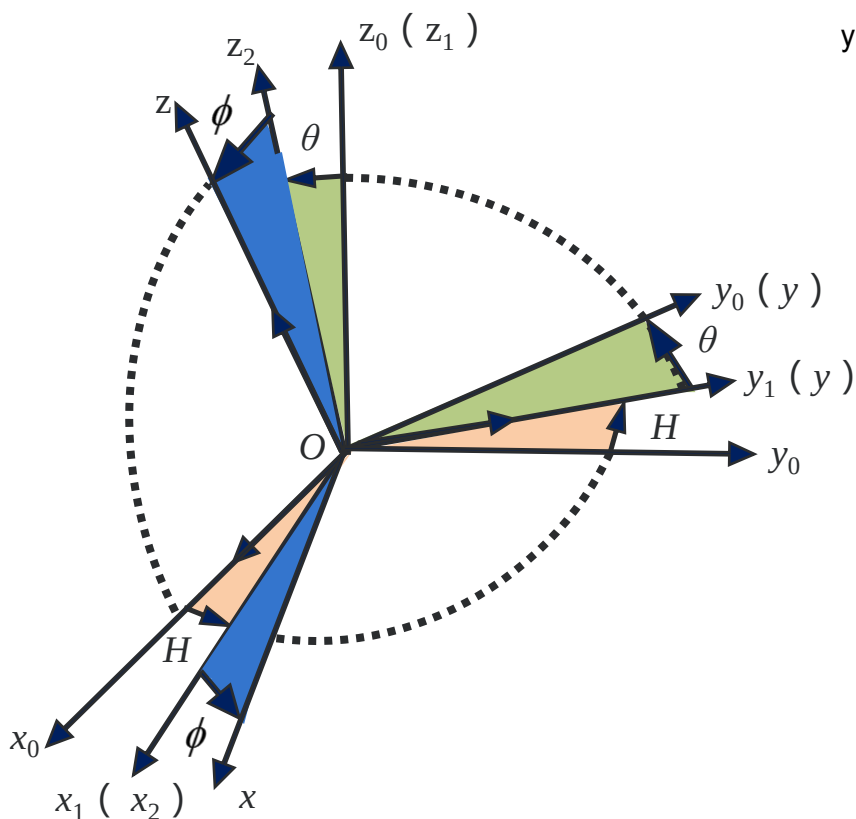
$Ox_0y_0z_0$
绕 z_0 轴 $\downarrow$ H
 $Ox_1y_1z_1$
绕 x_1 轴 $\downarrow$ θ
 $Ox_2(x_1)y_2z_2$
绕 y_2 轴 $\downarrow$ ϕ
 $Oxyz$



坐标系及其转换

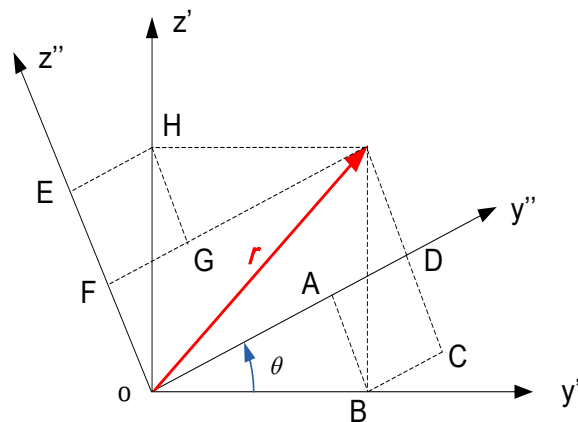
坐标系变换

➤ 空间直角坐标系的变换



$$\begin{bmatrix} r_{x'} \\ r_{y'} \\ r_{z'} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos H & \sin H & 0 \\ -\sin H & \cos H & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} r_x \\ r_y \\ r_z \end{bmatrix}$$

C_0



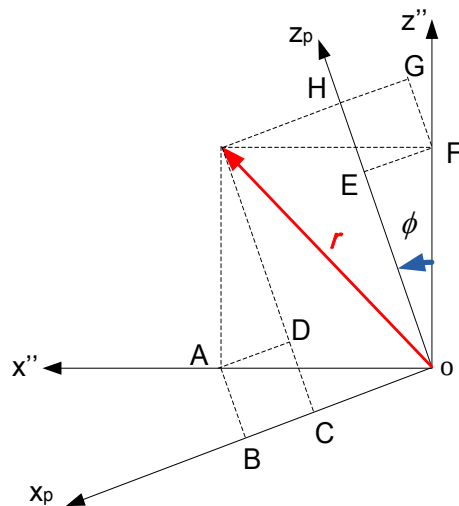
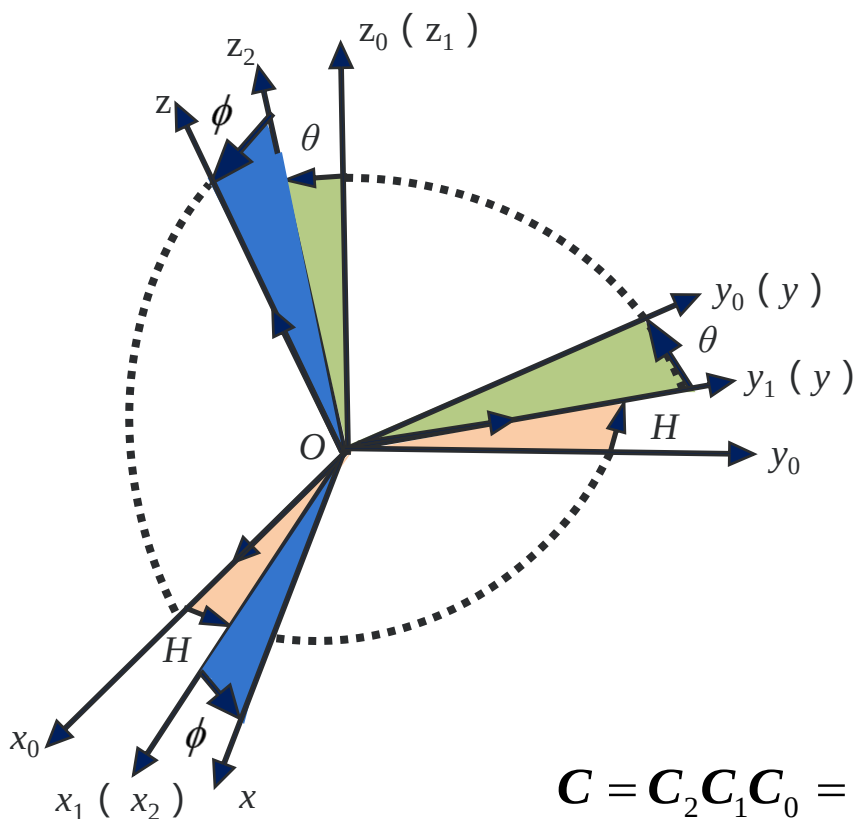
$$\begin{bmatrix} r_{x''} \\ r_{y''} \\ r_{z''} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \theta & \sin \theta \\ 0 & -\sin \theta & \cos \theta \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} r_{x'} \\ r_{y'} \\ r_{z'} \end{bmatrix}$$

C_1

坐标系及其转换

坐标系变换

➤ 空间直角坐标系的变换



$$\begin{bmatrix} r_{x_p} \\ r_{y_p} \\ r_{z_p} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \phi & 0 & -\sin \phi \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin \phi & 0 & \cos \phi \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} r_{x''} \\ r_{y''} \\ r_{z''} \end{bmatrix}$$

C_2

$$C = C_2 C_1 C_0 = \begin{bmatrix} \cos \phi \cos H - \sin \phi \sin \theta \sin H & \cos \phi \sin H + \sin \phi \sin \theta \cos H & -\sin \phi \cos \theta \\ -\cos \theta \sin H & \cos \theta \cos H & \sin \theta \\ \sin \phi \cos H + \cos \phi \sin \theta \sin H & \sin \phi \sin H - \cos \phi \sin \theta \cos H & \cos \phi \cos \theta \end{bmatrix}$$

坐标系及其转换

坐标系变换

➤ 空间直角坐标系的变换

★ 当旋转角度均为小角度情况下：

$$\cos H = 1 \quad \cos \theta = 1 \quad \cos \phi = 1$$

$$\sin H \approx H \quad \sin \theta \approx \theta \quad \sin \phi \approx \phi$$

忽略二阶以上小量，可得：

$$C = \begin{bmatrix} 1 & H & -\phi \\ -H & 1 & \theta \\ \phi & -\theta & 1 \end{bmatrix}$$