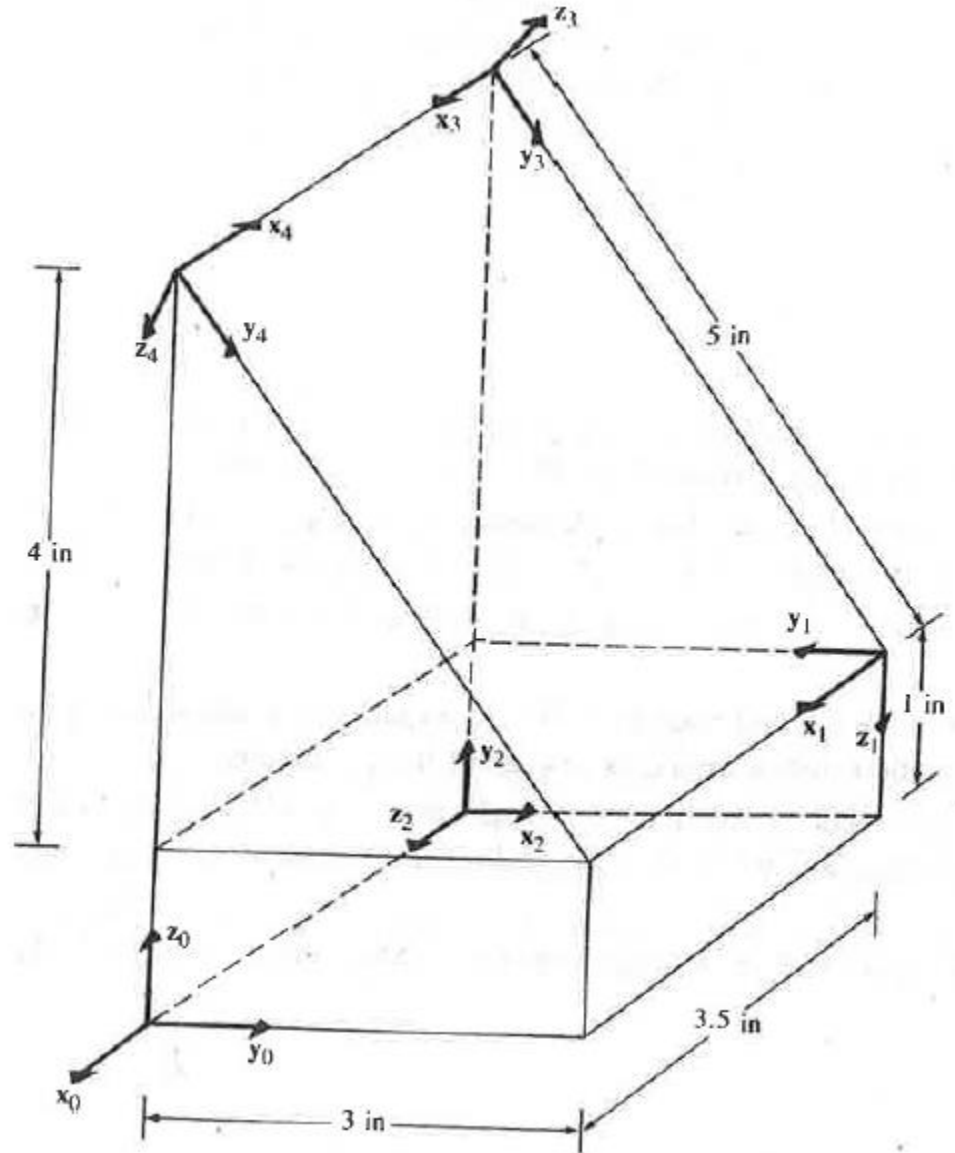


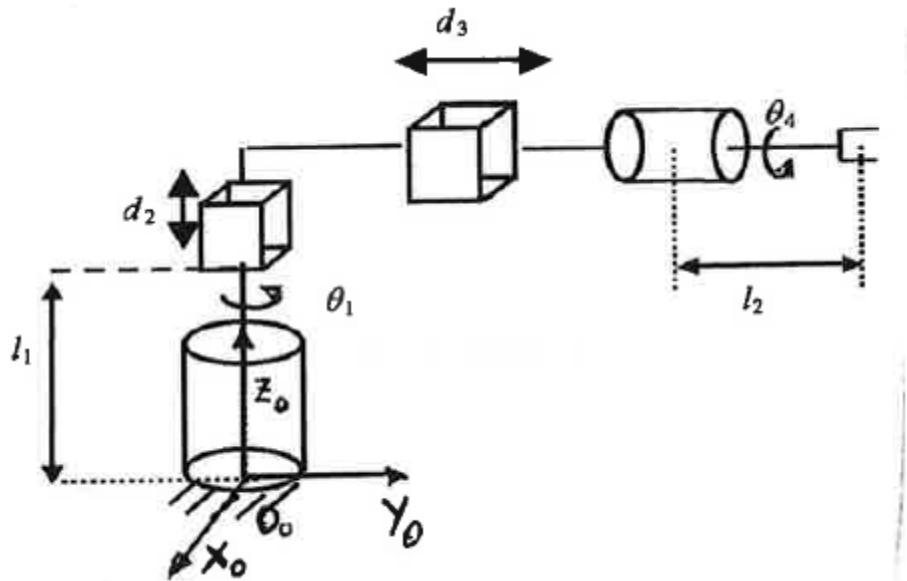
## PMR 3502- LISTA 1

1. Dados os sistemas de coordenadas representados abaixo, determine:
  - a) A orientação de cada sistema em relação à base em termos dos ângulos de Euler
  - b) A orientação de cada sistema em relação à base em termos dos quaternions de Euler
  - c) A orientação de cada sistema em relação à base em termos dos ângulos de “roll-pitch-yaw”
  - d) As matrizes de transformação homogênea de cada sistema em relação à base;

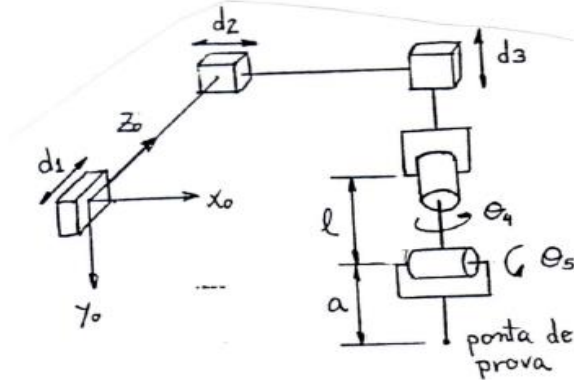


2. Para o manipulador abaixo, pede-se:

- Defina os sistemas de coordenadas dos ligamentos e monte a tabela com os parâmetros de Denavit-Harteberg;
- Determine as matrizes de transformação homogênea para cada ligamento;
- Determine a matriz de transformação homogênea que relaciona o efetuador com o sistema de coordenadas da base;
- Calcule a matriz jacobiano que relaciona as velocidades linear e angular do efetuador em relação à base.



3. Considere o desenho esquemático do robô abaixo. Tal esquema representa a estrutura cinemática da mesa de coordenadas na Mitutoyo com a ponta de prova, presente no departamento de engenharia mecatrônica da EPUSP. A função de uma mesa de coordenadas é realizar medições de peças e componentes. Ela tem altíssima precisão, com valores no intervalo de 1 a 5  $\mu\text{m}$ . Pede-se:



- Como você acha que são obtidas as dimensões medidas numa mesa de coordenadas?
- Encontre os parâmetros de Denavit-Hartenberg e as matrizes de transformação homogênea para a mesa de coordenadas
- Os 2 últimos graus de liberdade são realmente necessários para a mesa de coordenadas? Justifique.
- Encontre a matriz Jacobiano
- Sem necessidade de se calcular o determinante do Jacobiano, você acha que existe alguma configuração singular (jacobiano nulo)? Em caso afirmativo, indique-a.

f) Como se pode obter os erros de medição de uma mesa de coordenadas a partir dos erros de posicionamento das juntas? Utilizando uma aproximação de primeira ordem, obtenha as expressões dos erros de posição da ponta de prova a partir dos erros de posicionamento das juntas.

**4. Considere o robô plano de 3 articulações de revolução da figura 4 abaixo. O ligamento 1 tem comprimento  $d$ , o ligamento 2 tem comprimento  $h$  e o ligamento 3 tem comprimento zero.**

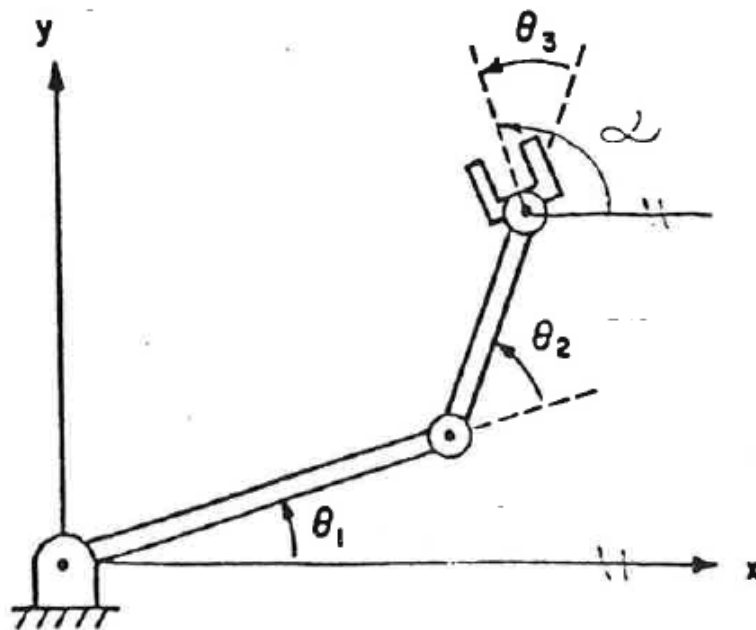
a) Determine as equações da cinemática para frente, isto é, ache a posição e orientação do efetuador em função das posições das articulações.

b) Diferencie as três equações obtidas na parte (a) e obtenha a matriz Jacobiano,  $\underline{J}$ .

c) Determine o determinante de  $\underline{J}$  e a sua inversa  $\underline{J}^{-1}$ .

d) Identifique todas as posições singulares associadas com este manipulador.

e) Obtenha as expressões das velocidades linear e angular do efetuador em função das velocidades das articulações.



5. Dado o robô Puma a seguir, determine os parâmetros de Denavit-Hartenberg em cada ligamento e calcule a matriz de transformação homogênea que relaciona efetuador e base.

