**UNIDAD: MÉTODO DEL TRABAJO VIRTUAL**

**PROBLEMA 3**

Despreciando el peso propio, utilizar el método del trabajo virtual para determinar la fuerza *P* que se requiere para mantener el mecanismo de tijeras (Fig. 3.1) en equilibrio cuando $\theta = 60^\circ$. El largo natural del resorte ocurre cuando $\theta = 30^\circ$.

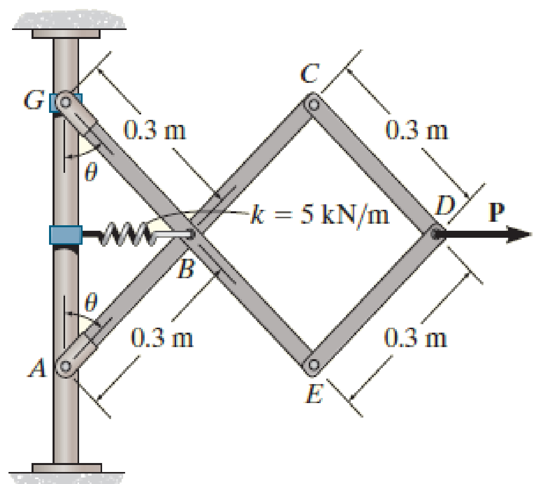


Fig. 3.1: Mecanismo de tijeras.

**SOLUCIÓN**

Resorte:

Para una posición arbitraria $\theta$, la fuerza $F_s$ en el resorte para un estiramiento $s$ medido desde su posición sin estirar (largo natural) está dada por

$$F_s = k\,s = 5000\,(0.3\sin\theta - 0.3\sin 30^\circ) = (1500\sin\theta - 750)\ \text{N}$$

Desplazamientos virtuales:

Utilizando relaciones geométricas obtenidas de la Fig. 3.1, se imponen los siguientes desplazamientos virtuales (Fig. 3.2):

$$x_B = 0.3\sin\theta \quad \Rightarrow \quad \delta x_B = 0.3\cos\theta\,\delta\theta,$$
$$x_D = 3\,(0.3\sin\theta) = 0.9\sin\theta \quad \Rightarrow \quad \delta x_D = 0.9\cos\theta\,\delta\theta.$$

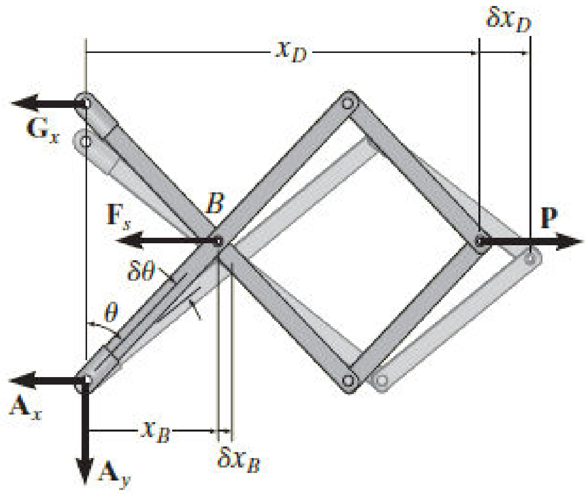


Fig. 3.2: Desplazamientos virtuales impuestos en el mecanismo de tijeras.

Trabajos virtuales: debemos dejar todo expresado en el grado de libertad $\delta\theta$.

> Obs.: En este ejemplo, dejaremos que el signo del trabajo virtual lo determine el producto punto $\delta U = \mathbf{F} \cdot \delta \mathbf{r}$. Este método es el más adecuado para problemas 3D, donde sería difícil explicitar el signo directamente por el usuario o por medio del ángulo que formen los vectores 3D.

$$\delta U_B = \mathbf{F}_s \cdot \boldsymbol{\delta} x_B = \left[-(1500 \sin\theta - 750), 0, 0\right] \cdot \left[0.3 \cos\theta\, \delta\theta, 0, 0\right] = -(1500 \sin\theta - 750)\, 0.3 \cos\theta\, \delta\theta,$$

$$\delta U_D = \mathbf{P} \cdot \boldsymbol{\delta} x_D = \left[P, 0, 0\right] \cdot \left[0.9 \cos\theta\, \delta\theta, 0, 0\right] = P\,(0.9 \cos\theta\, \delta\theta).$$

Método del trabajo virtual:

$$\delta U = \delta U_B + \delta U_D = 0$$

Por lo tanto,

$$-(1500 \sin\theta - 750)\, 0.3 \cos\theta\, \delta\theta + P\,(0.9 \cos\theta\, \delta\theta) = 0 \quad \Longleftrightarrow \quad \left(-0.3\,(1500 \sin\theta - 750) + 0.9\, P\right) \cos\theta\, \delta\theta = 0$$

Como $\cos\theta\, \delta\theta \neq 0$, entonces

$$-0.3\,(1500 \sin\theta - 750) + 0.9\, P = 0$$

Resolvemos esta ecuación para $\theta = 60^\circ$:

```
theta = 60*pi/180; % ángulo 60° en radianes
P = 0.3*(1500*sin(theta) - 750)/0.9;
```

Resultado:

```
fprintf('F = %.2f N\n',P);
```

```
F = 183.01 N
```

**OBTENER ARCHIVO MATLAB LIVE:** U6_problema3.mlx