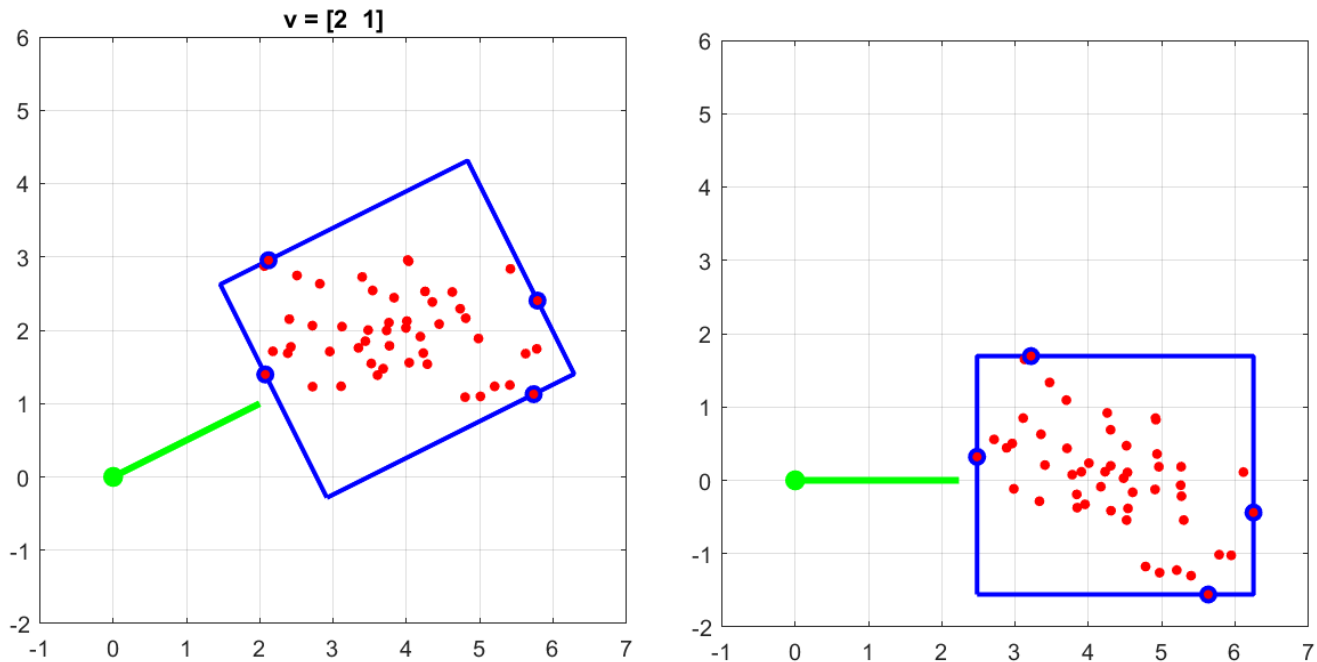


**1.** Tee laskelma, joka rajaa pistejoukon mahdollisimman pienellä suorakulmiolla, jonka sivut ovat annetun vektorin  $\mathbf{v}$  suuntaisia ja sitä vastaan kohtisuoria ja piirtää allaolevan näköisen kuvan (vasen).

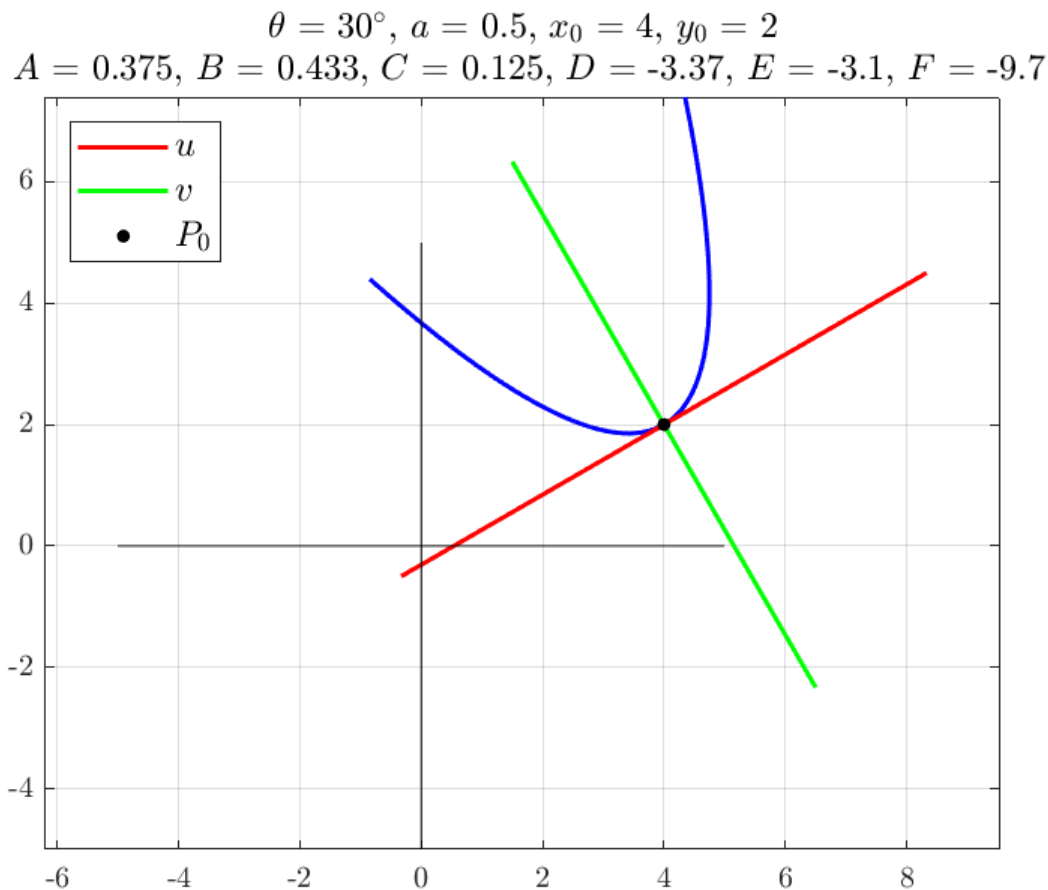


Strategia: kierrä  $\mathbf{v}$  vaakasuoraksi ja etsi kierrettyjen pisteiden  $x$ - ja  $y$ -koordinaattien minimi ja maksimi: jos vektori  $kx$  sisältää kierrettyjen pisteiden  $x$ -koordinaatit, niin  $[\text{minkx}, \text{ind1}] = \min(kx) \rightarrow kx$ :n minimiarvo nimelle minkx ja sen järjestysnumero nimelle ind1, vastaavasti  $[\text{maxkx}, \text{ind2}] = \max(kx)$  jne)

**2.** Tee laskelma, jolle annetaan  $a$ ,  $x_0$ ,  $y_0$  ja  $\theta$ , ja joka etsii kulman  $\theta$  verran kierretyn paraabelin (kerroin  $a$ , huippu pisteessä  $P_0 = [x_0, y_0]$ ) yhtälön

$$Ax^2 + Bxy + Cy^2 + Dx + Ey = F$$

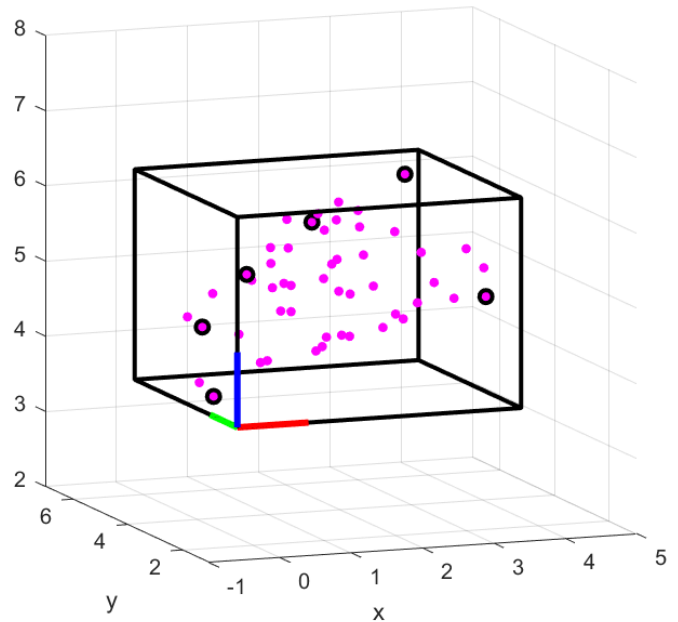
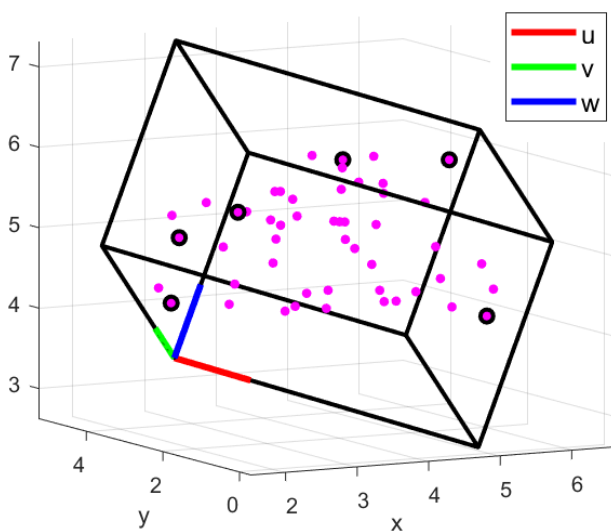
ja piirtää allaolevan näköisen kuvan



Ohje:  $uv$ -koordinaatistossa (origo  $P_0$ ) paraabelin yhtälö on  $v = au^2 \Leftrightarrow au^2 - v = 0$

$$\Leftrightarrow [u, v, 1] \begin{bmatrix} a & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u \\ v \\ 1 \end{bmatrix} + [0, -1, 0] \begin{bmatrix} u \\ v \\ 1 \end{bmatrix} = 0$$

**3.** Tee laskelma, jolle annetaan joukko 3D-pisteitä ja kolme kohtisuoraa yksikkövektoria,  $\mathbf{u}$ ,  $\mathbf{v}$  ja  $\mathbf{w} = \mathbf{u} \times \mathbf{v}$ , ja joka etsii mahdollisimman pienen pisteet sisältävän laatikon, jonka reunat ovat  $\mathbf{u}$ :n,  $\mathbf{v}$ :n ja  $\mathbf{w}$ :n suuntaiset, ja piirtää allaolevan näköisen kuvan (vasen).



Strategia (kuten 2D:ssä): Kierrä laatikon reunat  $x$ ,  $y$  ja  $z$ -akseleiden suuntaisiksi

$$\mathbf{u} \rightarrow \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}, \quad \mathbf{v} \rightarrow \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix}, \quad \mathbf{w} \rightarrow \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}$$

**4.** Tee laskelma, joka laskee annetun kiertomatriisin  $K$  Eulerin  $xyz$ -kulmat

$$\psi = \text{atan2}(k_{21}, k_{11}), \theta = \sin^{-1}(-k_{31}) \text{ ja}$$

$$\phi = \text{atan2}(k_{32}, k_{33})$$

niin, että

$$K = K_{x_2, \phi} * K_{y_1, \theta} * K_{z, \psi}$$

missä

$$y_1 = K_{z, \psi} * \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix}, \quad x_2 = K_{y_1, \theta} * K_{z, \psi} * \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

eli kierretään ensin  $z$ -akselin ympäri kulman  $\psi$  verran, sitten kierretyn  $y$ -akselin ympäri  $\theta$ :n verran ja lopuksi kahdesti kierretyn  $x$ -akselin ympäri  $\phi$ :n verran, ja näyttää animaation kierroista.