

$$15.1 \quad d:4, \quad g:2, \quad h:1, \quad i:3$$

$$15.2 \quad a) \quad \underline{2x(x^2+1)(x-4) + x^3}$$

$$\text{eksponentit: } 1+2+1=4 \Rightarrow \text{asteluku: } \underline{4} \Rightarrow \textcircled{2}$$

$$b) \quad \text{---} \text{---} \text{---} : 2+3=5 \Rightarrow \text{---} \text{---} \text{---} : \underline{5} \Rightarrow \textcircled{3}$$

## 16. Korkeamman asteen yhtälö

Esim. Ratkaise yhtälö  $x^3 + x^2 - 2x = 0$

Ratk.  $x^3 + x^2 - 2x = 0$

$$\Leftrightarrow x(x^2 + x - 2) = 0$$

$$\Leftrightarrow x=0 \text{ tai } x^2 + x - 2 = 0$$

$$\Leftrightarrow x = \frac{-1 \pm \sqrt{1^2 - 4 \cdot 1 \cdot (-2)}}{2 \cdot 1} = \frac{-1 \pm \sqrt{9}}{2} = \frac{-1 \pm 3}{2} = \begin{cases} 1 \\ -2 \end{cases}$$

✓ Tark.  $x=0$  :  $0^3 + 0^2 - 2 \cdot 0 = 0 \Leftrightarrow 0 = 0$  ✓.

$x=1$  :  $1^3 + 1^2 - 2 \cdot 1 = 0 \Leftrightarrow 0 = 0$  ✓.

$x=-2$  :  $(-2)^3 + (-2)^2 - 2 \cdot (-2) = 0 \Leftrightarrow -8 + 4 + 4 = 0$  ✓. ✓

Vast.  $x=-2$  tai  $x=0$  tai  $x=1$

Yleisesti:  $n$ -nnen asteen yhtälöllä on korkeintaan  $n$  ratkaisua (juurta)

Tulo on nolla  $\Leftrightarrow$  jokin tulon tekijät on nolla

TULON  
NOLLASÄÄNTÖ

$$16.4 \quad a) \quad (x+1)(7x+1) = 0$$

$$\Leftrightarrow x+1=0 \text{ tai } 7x+1=0$$

$$\Leftrightarrow x=-1 \text{ tai } x=-\frac{1}{7}$$

$$b) \quad (x+1)(7x+1) = 1$$

$$\Leftrightarrow 7x^2 + x + 7x + 1 = 1$$

$$\Leftrightarrow 7x^2 + 8x = 0$$

$$\Leftrightarrow x(7x+8) = 0$$

$$\Leftrightarrow x=0 \text{ tai } 7x+8=0$$

$$\Leftrightarrow x=0 \text{ tai } x=-\frac{8}{7}$$

$$16.13 \quad a) \quad x^3 + 3x^2 - 28x = 0$$

$$\Leftrightarrow x(x^2 + 3x - 28) = 0$$

$$\Leftrightarrow x=0 \text{ tai } x^2 + 3x - 28 = 0 \quad \Leftrightarrow x=0 \text{ tai } x = \begin{cases} 4 \\ -7 \end{cases}$$