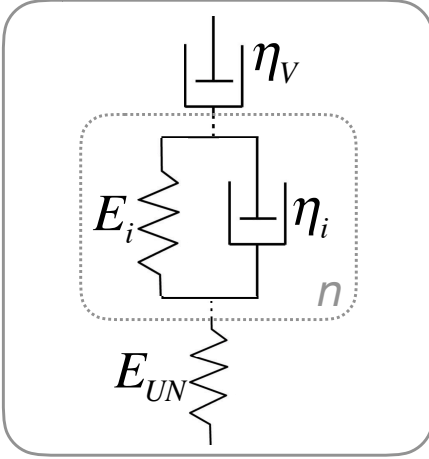


Modelli analogici della viscoelasticità lineare

multi-elemento

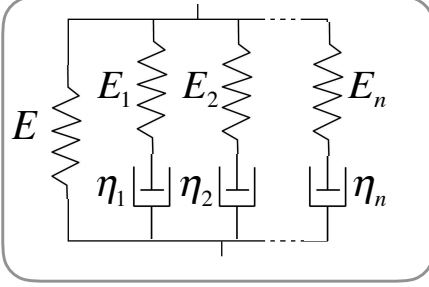
Kelvin-Voigt generalizzato



$$C(t) = C_{UN} + \sum_{i=1}^n C_i \cdot \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau_i}} \right) + \frac{t}{\eta_V}$$

dove: $C_{UN} = \frac{1}{E_{UN}}$; $C_i = \frac{1}{E_i}$; $\tau_i = \frac{\eta_i}{E_i}$

Maxwell generalizzato



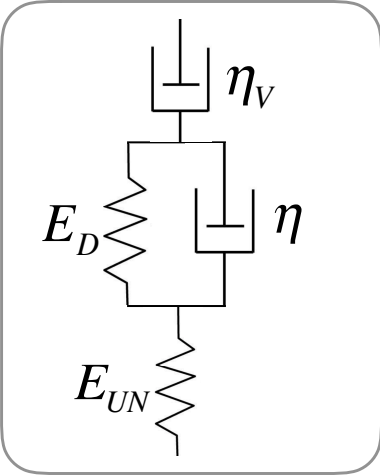
$$E(t) = E + \sum_{i=1}^n E_i \cdot e^{-\frac{t}{\tau_i}}$$

dove: $\tau_{rel,i} = \frac{\eta_i}{E_i}$

- ✗ modello complicato, richiede tecniche avanzate di fitting di dati sperimentali
- ✓ modelli unici per creep e per rilassamento degli sforzi, o, per praticità modelli separati
- ✓ descrivono bene la regione tempi lunghi e per materiali che mostrano scorrimento viscoso (flow)
- ✓ descrivono bene la regione di transizione

4 elementi

Modello di Alfrey (o di Burgers)



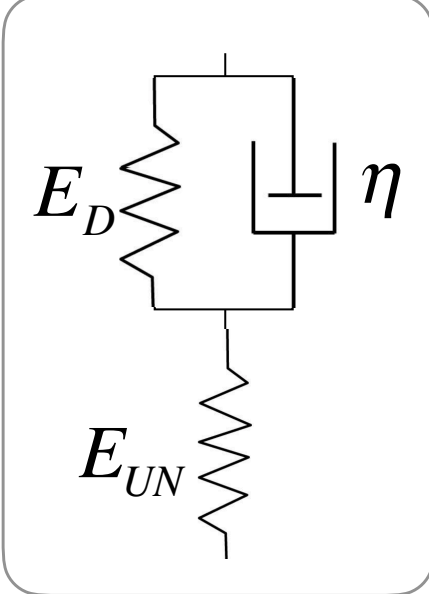
$$C(t) = C_{UN} + (C_{REL} - C_{UN}) \cdot \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau_{rit}}} \right) + \frac{t}{\eta_V}$$

dove: $C_{UN} = \frac{1}{E_{UN}}$; $C_{REL} = \frac{1}{E_{UN}} + \frac{1}{E_D}$; $\tau_{rit} = \frac{\eta}{E_D}$

- ✓ modello semplice
- ✓ modello unico per creep e per rilassamento degli sforzi (presentato qui solo per creep)
- ✓ descrivono bene la regione tempi lunghi e per materiali che mostrano scorrimento viscoso (flow)
- ✗ non descrivono bene la regione di transizione

3 elementi

Modello di Zener (Solido Lineare Standard)



$$C(t) = C_{UN} + (C_{REL} - C_{UN}) \cdot \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau_{rit}}} \right)$$

dove: $C_{UN} = \frac{1}{E_{UN}}$; $C_{REL} = \frac{1}{E_{UN}} + \frac{1}{E_D}$; $\tau_{rit} = \frac{\eta}{E_D}$

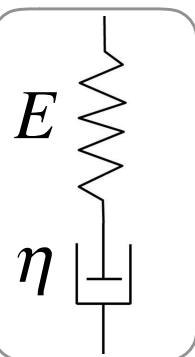
$$E(t) = E_{UN} - (E_{UN} - E_{REL}) \cdot \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau_{rel}}} \right)$$

dove: $E_{REL} = \left(\frac{1}{E_{UN}} + \frac{1}{E_D} \right)^{-1}$; $\tau_{rel} = \frac{\eta}{E_D + E_{UN}}$

- ✓ modello semplice
- ✓ modello unico per creep e per rilassamento degli sforzi
- ✓ descrivono bene la regione tempi lunghi e corti per materiali che non mostrano scorrimento viscoso (flow)
- ✗ non descrivono bene la regione di transizione

2 elementi

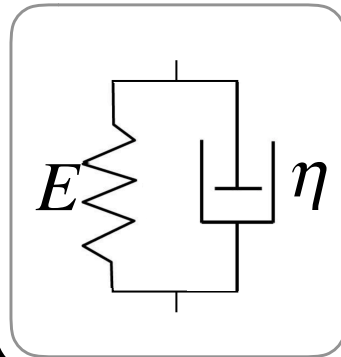
Modello di Maxwell



$$E(t) = E \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$$

dove: $\tau = \frac{\eta}{E}$

Modello di Kelvin-Voigt



$$C(t) = C \cdot \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right)$$

dove: $C = \frac{1}{E}$; $\tau = \frac{\eta}{E}$

- ✓ modelli semplici
- diversi per creep e per rilassamento degli sforzi
- ✗ validi su piccole scale temporali
- ✗ non descrivono bene tempi corti o lunghi
- ✗ non descrivono bene la regione di transizione