

# VISKOELASTICITA

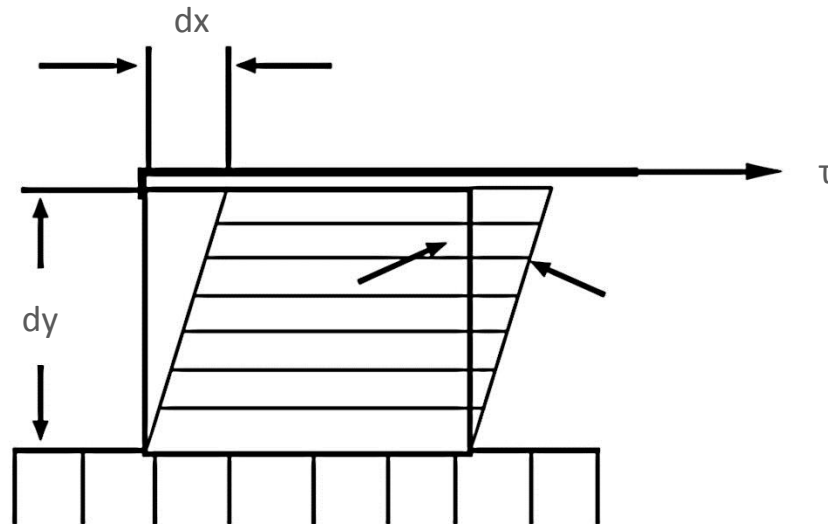
# VISKOELASTICITA

- viskoelasticita
- test: rampa
- test: creep
- test: oscilace
- oscilace: princip
- oscilace: důležité parametry
- oscilace: měřící metody

# VISKOELASTICITA

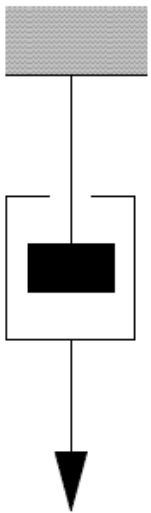
- elastická deformace – Hookův zákon
- smykové napětí  $\tau = F / A$
- deformace  $\gamma = dx / dy$

$$\tau = G^* \cdot \gamma$$

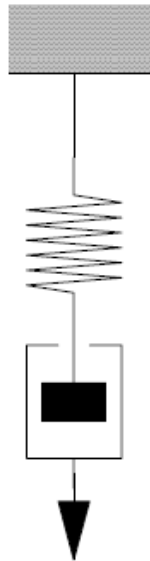


# VISKOELASTICITA

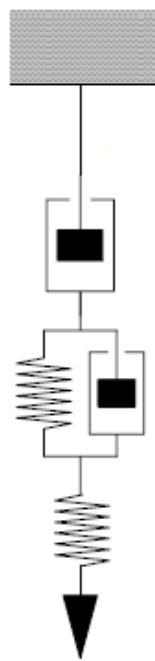
- viskózní tok + elastická deformace = viskoelasticita



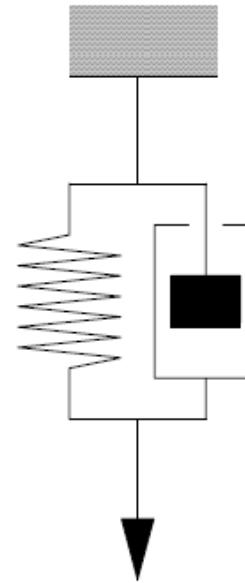
viskózní tok



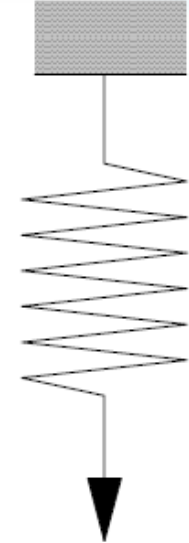
Maxwell



Burgers



Voigt-Kelvin



elastická deformace

viskoelasticita

## VISKOELASTICITA

- struktura, síť emulzí
- zachycení roztoku v polymerech

### **předpoklad**

- homogenní materiál
- dokonale odpočatý materiál

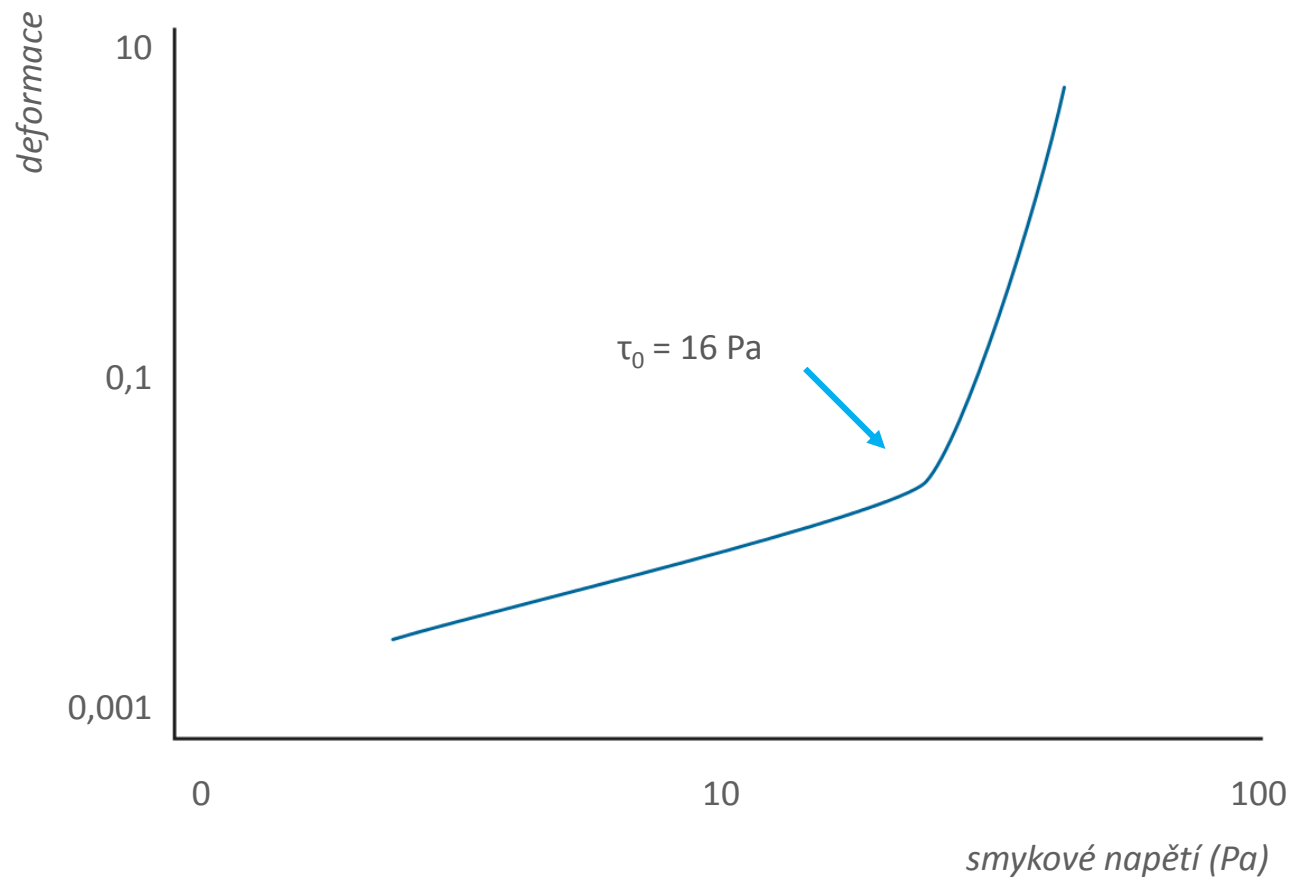
# VISKOELASTICITA

METODA	VSTUP	INFORMACE
ROT shear stress ramp	nárůst smykového napětí	mez toku
CRE creep test	konst. smykové napětí	deformace
OSC time test	konst. frekvence a amplituda	chemická reakce
OSC amplitude sweep	postupný nárůst amplitudy	stabilita sítě
OSC frequency sweep	postupný nárůst frekvence	časová závislost
OSC temperature curve	konst. frekvence a amplituda	teplotní závislost

## SHEAR STRESS RAMP

- **vstup:**  $\tau = f(t)$
- **měření:**  $\gamma = f(t)$ ,  $\dot{\gamma} = f(t)$
- **výsledek:** viskozita  $\eta$ , mez toku  $\tau_0$
- **aplikace:** stabilita, ustalování

## SHEAR STRESS RAMP

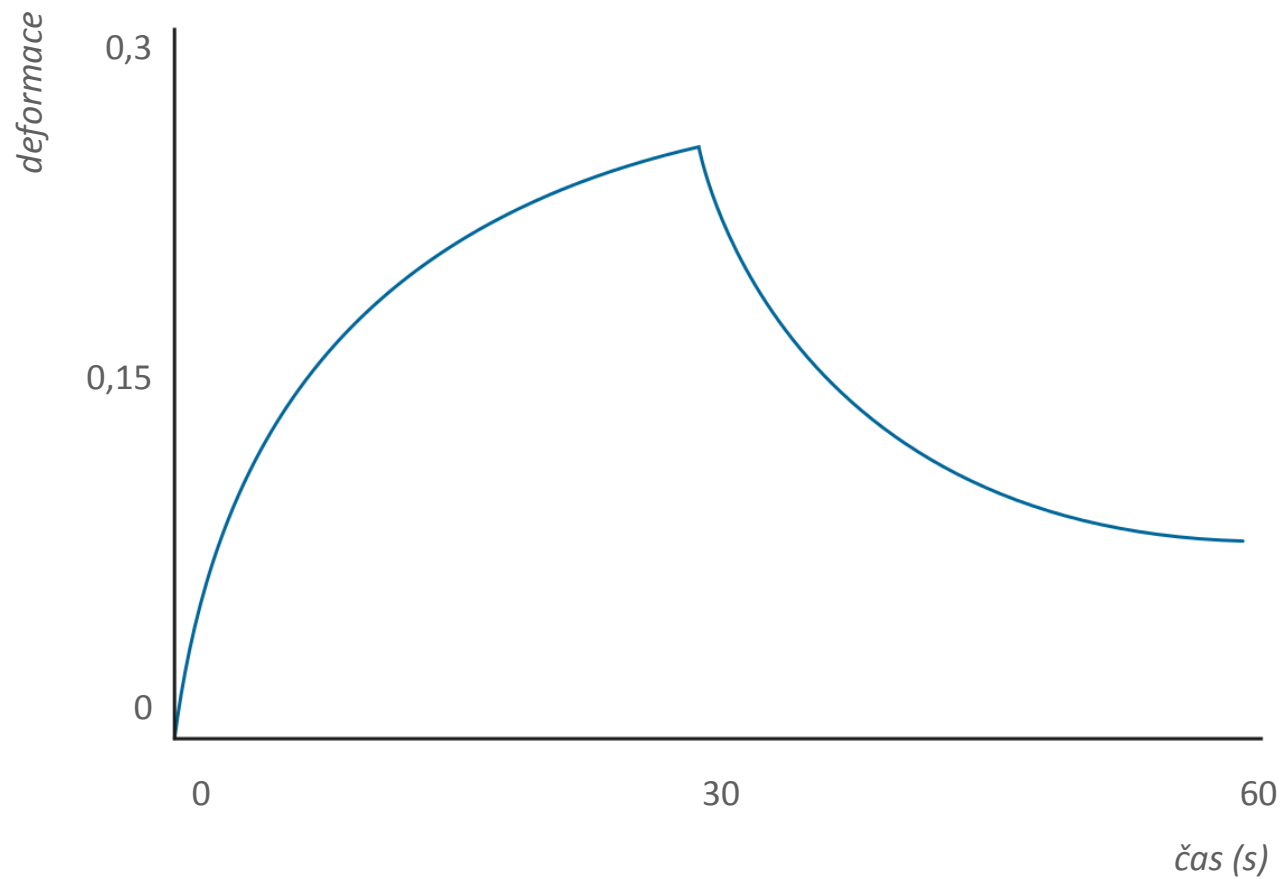




## CREEP RECOVERY TEST

- **vstup:**  $\tau = \text{konst}$ ,  $\tau = 0$
- **měření:**  $\gamma = f(t)$
- **výsledek:** počáteční viskozita  $\eta_0$ , podmínka rovnováhy, poměr viskózní a elastické složky, regenerační doba, modul pružnosti
- **aplikace:** stabilita, ustalování, stékání

## CREEP RECOVERY

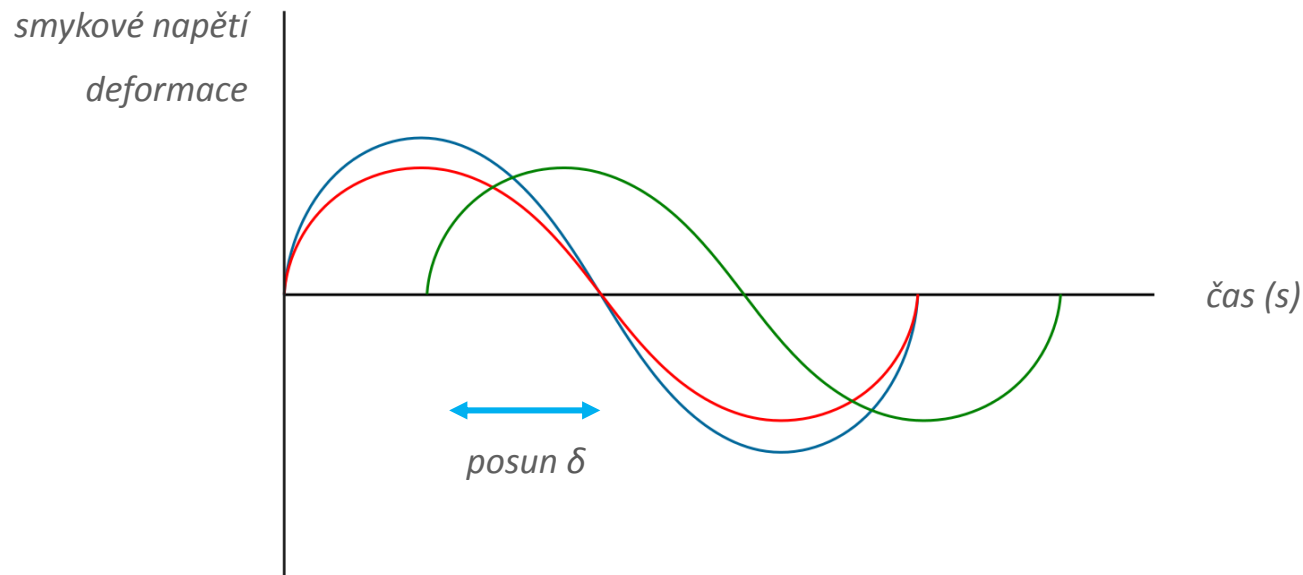


## OSCILACE – VÝHODY

- rozšíření měřicího rozsahu
- nedestruktivní metoda
- analýza struktury materiálu
- sledování časových a teplotních změn

## OSCILACE

- **vstup:** smykové napětí  $\tau$
- **elastická odezva:** deformace  $\gamma$ , fázová posun  $\delta = 0^\circ$
- **viskózní odezva:** deformace  $\gamma$ , fázová posun  $\delta = 90^\circ$



## OSCILACE

$$\tau = G^* \cdot \gamma$$

- $G^*$  komplexní modul
- $\tau$ : nastavená hodnota,  $\gamma$ : měřená hodnota

- **akumulovaný** modul

$$G' = G^* \cdot \cos \delta$$

elastická část

- **ztrátový** modul

$$G'' = G^* \cdot \sin \delta$$

viskózní část

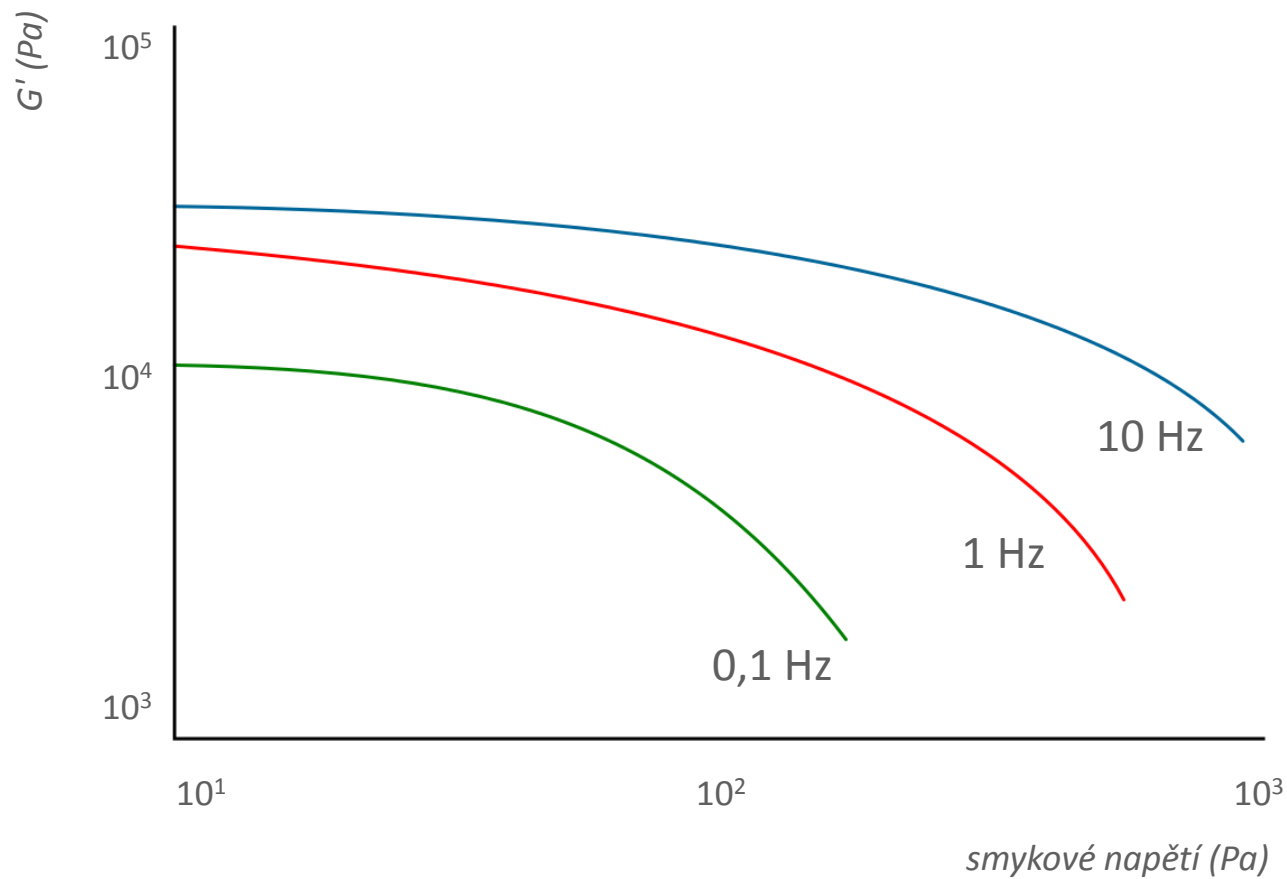
## OSCILACE – STRESS SWEEP

- oscilační závislost na napětí
- určení **lineární viskoelastické oblasti**

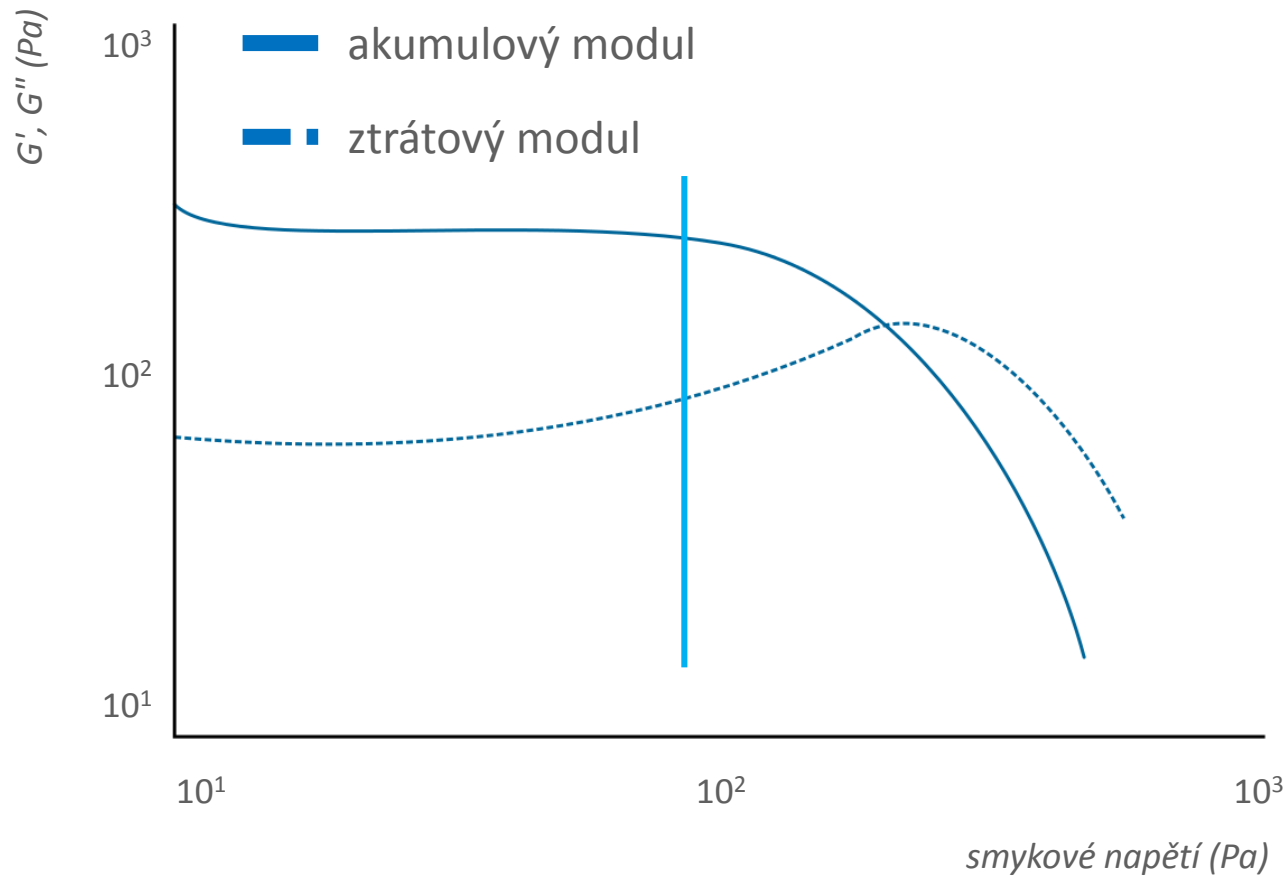
### parametry

- napětí: od nejnižší, po 3 řády
- frekvence: min. 3 hodnoty, např. 1 – 10 Hz
- měření je **závislé na frekvenci** = min. 3 hodnoty
  
- **$G'$  a  $G''$  jsou nezávislé od deformace nebo napětí**

## OSCILACE – STRESS SWEEP



## OSCILACE – STRESS SWEEP





## OSCILACE – FREQUENCY SWEEP

- oscilační závislost na frekvenci
- reakce materiálu na vstupní zatížení (vysoké frekvence)
- reakce materiálu na postupné zatížení (nízké frekvence)

### parametry

- frekvence: např.  $0,1 - 100 \text{ rads}^{-1}$
- napětí: hodnota z lineární oblasti měření stress sweep
- pozn.  $0,0001 \text{ Hz} = 166 \text{ minut}$

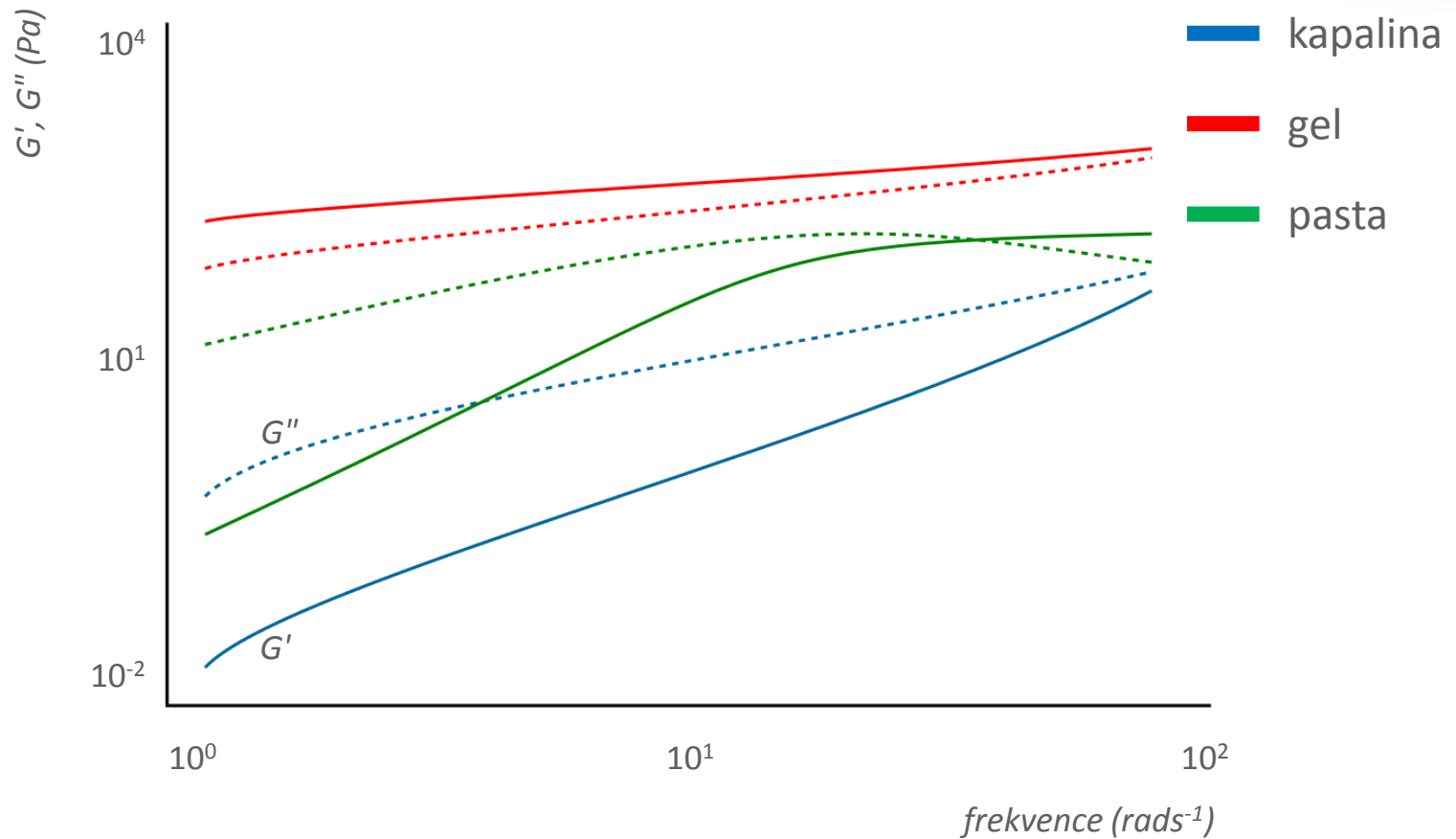
## OSCILACE – FREQUENCY SWEEP

### aplikace

- forma a konzistence materiálu
- odolnost vůči zatížení
- tlumící vlastnosti
- 'mouth feeling'

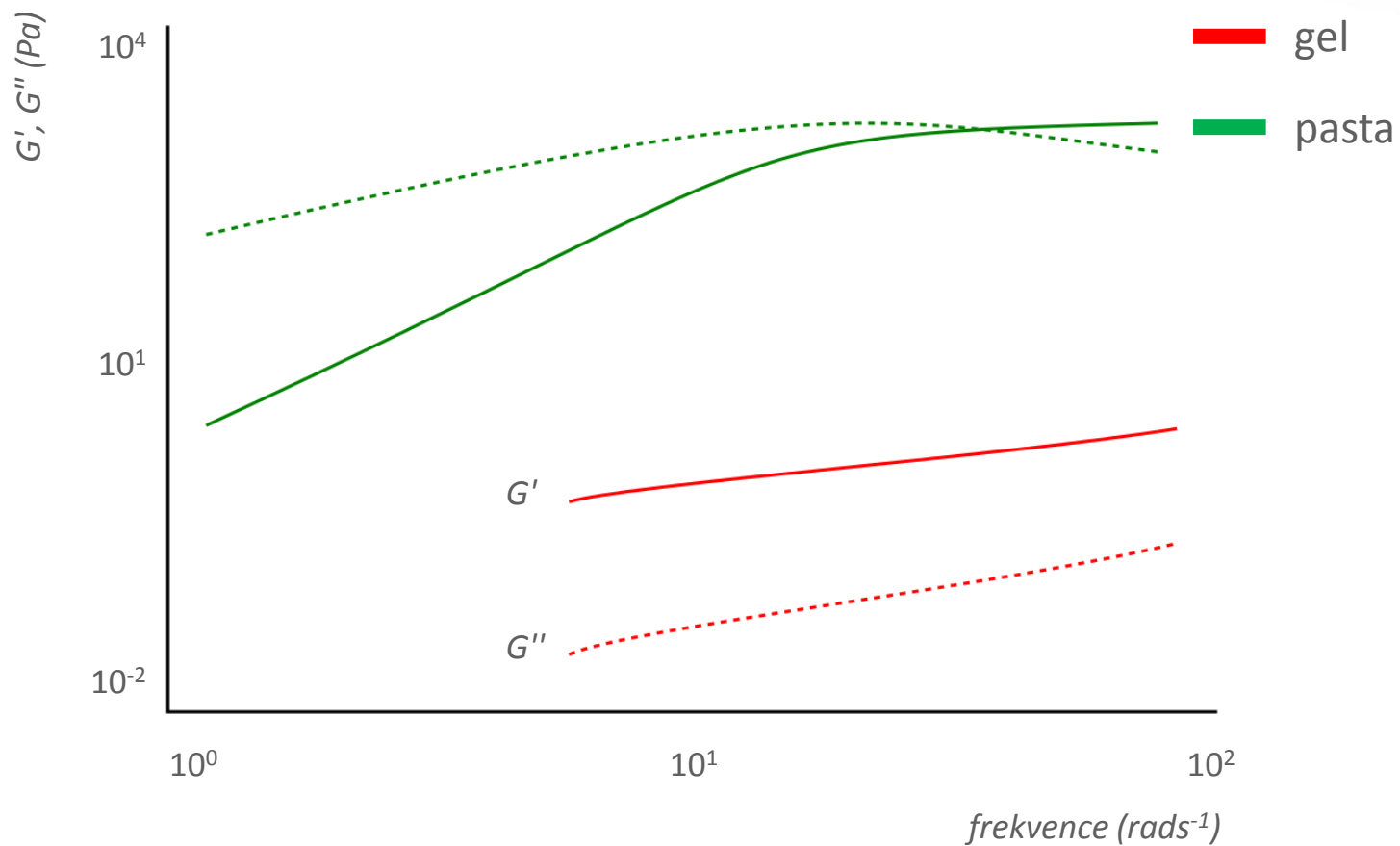
# VISKOELASTICITA

## OSCILACE – FREQUENCY SWEEP



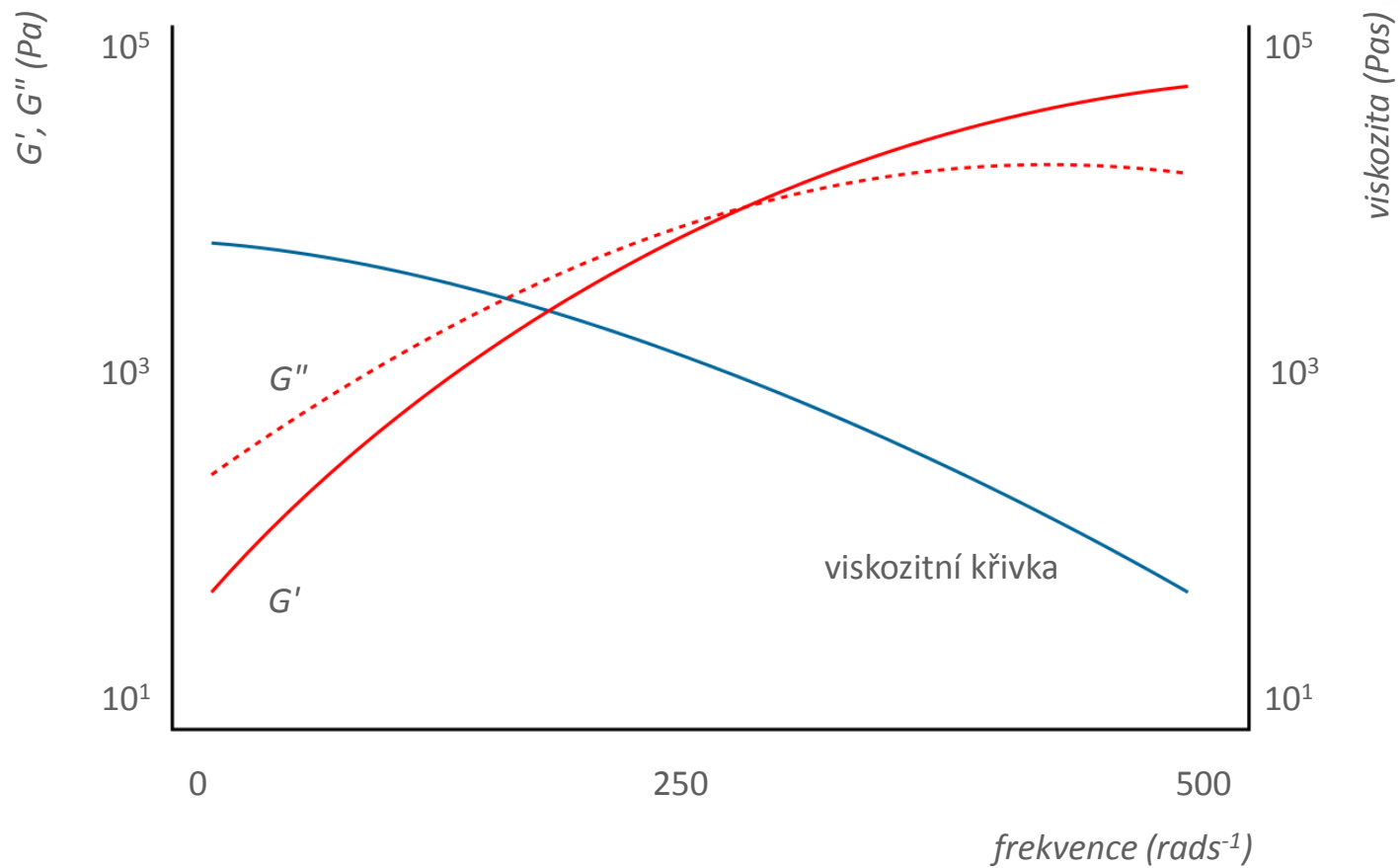
# VISKOELASTICITA

## OSCILACE – FREQUENCY SWEEP



# VISKOELASTICITA

## OSCILACE – FREQUENCY SWEEP



## OSCILACE – TIME + TEMPERATURE SWEEP

- oscilační závislost na čase nebo teplotě
- změny vlastností různých iniciátorů (chemická reakce, UV světlo, teplota...)

### parametry

- čas: dle aplikace
- frekvence: dle aplikace, obecně vyšší pro rychlejší průběh
- napětí: hodnota z lineární oblasti měření stress sweep

## OSCILACE – TIME + TEMPERATURE SWEEP

### aplikace

- stárnutí
- gelace
- tvrzení, síťování
- degradace

## OSCILACE – TEMPERATURE SWEEP – prášková barva

