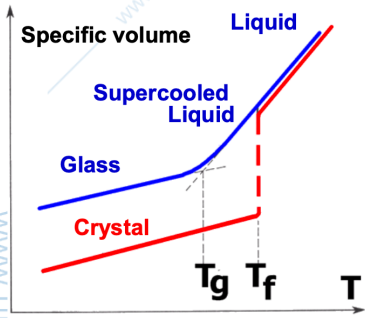


## VISCOSITA'



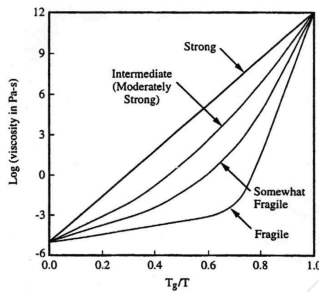
Deformazione nel tempo sotto un certo carico; frizione e resistenza interna al flusso viscoso.

La sua unità di misura è il "Pa·s" o il "Poise", è una proprietà molto importante per il processo del vetro e varia molto con la temperatura.  $\eta (\downarrow)$  with  $T(\uparrow)$ .

Il flusso viscoso è un processo termicamente attivato:

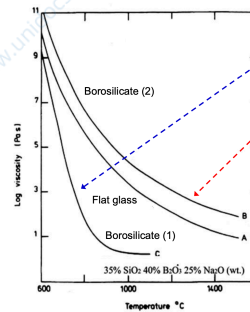
$\eta = A \cdot e^{(Q/RT)}$  → Arrhenius type equation, questa è solo un'equazione approssimata perchè  $(\downarrow)Q$  con  $(\uparrow)T$ , se fosse valida la curva  $(\eta, T)$  dovrebbe essere una linea retta.

I vetri fusi basati solo su ossidi formatori con coordinazione tetraedrica ( $\text{SiO}_2, \text{GeO}_2$ ) non mostrano cambiamenti strutturali (strong melt with constant Q) in contrasto con fragile melts (vetri con modificatori).



Fragility is important for processing

Fragility diagram for typical melts (Angell)



strong variation of viscosity in small variation of temperature  
 • "Short" glass (vetro corto): strong variation of  $\eta$  with small changes in T  
 • "Long" glass (vetro lungo): limited variation of  $\eta$  with T (good workability with  $\downarrow T$ )  
 Long glass: OK for manual processing  
 we have a long time to shape a glass  
 Short glass: OK for automatic processing

La morfologia della curva  $(\eta, T)$  dipende dalla composizione:

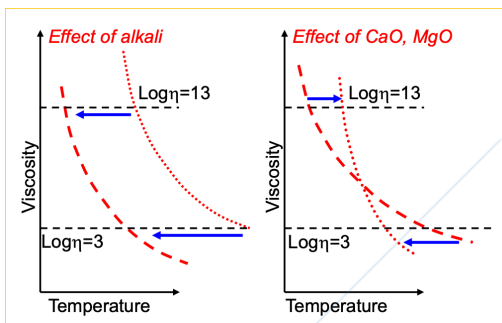
**Single oxide glass** → La variazione della  $\eta$  come funzione della temperatura.

La differenza in  $\eta$  dipende dalla composizione, particolarmente sulla forza di legame, Impurezze  $\text{H}_2\text{O}$  e forma della coordinazione poliedrica.

**Binary glasses** → La variazione della  $\eta$  dipende dalla composizione, particolarmente,  $(\uparrow)\%$ alkali e  $(\downarrow)\eta$ , gli alkali spostano la curva di  $\eta$  verso sinistra.

Con  $(\uparrow)T$  la forza del campo degli alkali  $(\uparrow)$  e anche l'attrazione dei cationi per i NBOs nei dintorni.

**Ternary glasses** → La variazione della  $\eta$  dipende dalla composizione ( $\%R_xO_y$ ) e dalla T, per esempio with  $(\uparrow)T$  gli ossidi alcalino-terrosi ( $\text{MgO}, \text{CaO}$ )  $(\downarrow)\eta$  and vice versa. L'ossido di piombo ha un effetto simile a quello degli alkali.



**Bassa temperatura:** bassa polarizzazione degli ioni ossigeno, irrigidimento del network.

**Alta temperatura:** alta polarizzazione degli ioni ossigeno, network più flessibile.

La curva  $(\eta, T)$  può essere modificata da fenomeni secondari:

- **Separazione di fase** → Composizione che con  $(\downarrow)T$  forma due differenti fasi
- **Cristallizzazione** →  $\eta(\uparrow)$  con  $(\uparrow)$ della fase cristallina secondaria

La viscosità non ha un unico valore rispetto al tempo.

Per misurarla possiamo usare:

$\eta = A \cdot e^{(Q/RT)}$  → Arrhenius type equation o

$\eta = A \cdot e^{(B/(T-T_0))}$  → Fulcher equation, empirical, A, B,  $T_0$  experimental constants

www.unidocs.it - Appunti e dispense per superare i tuoi esami universitari

www.unidocs.it - Appunti e dispense per superare i tuoi esami universitari