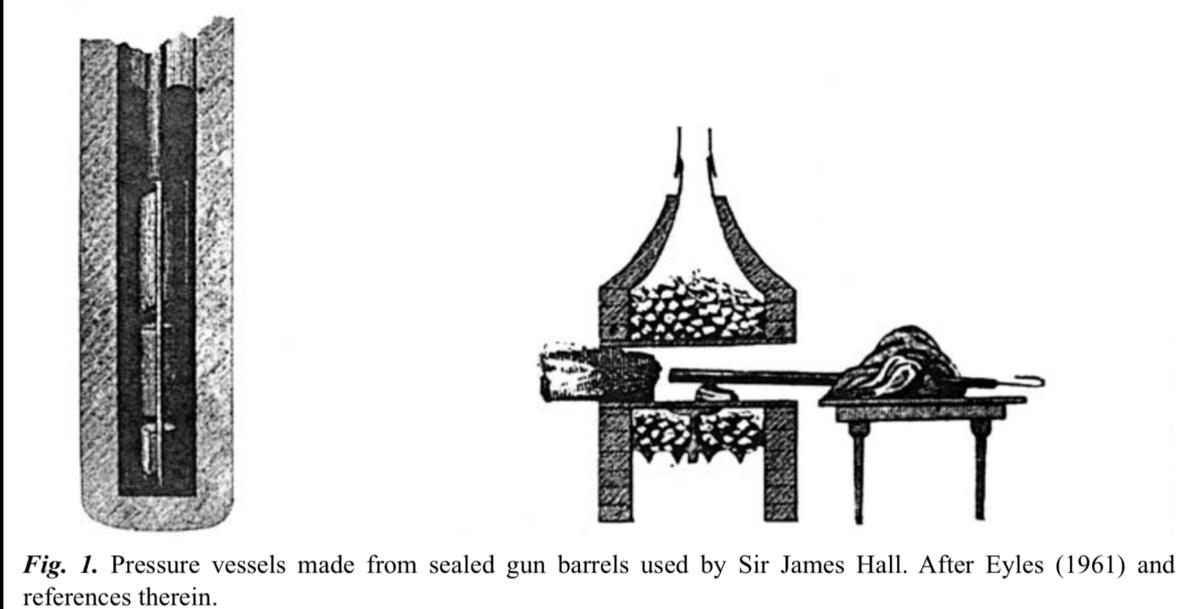


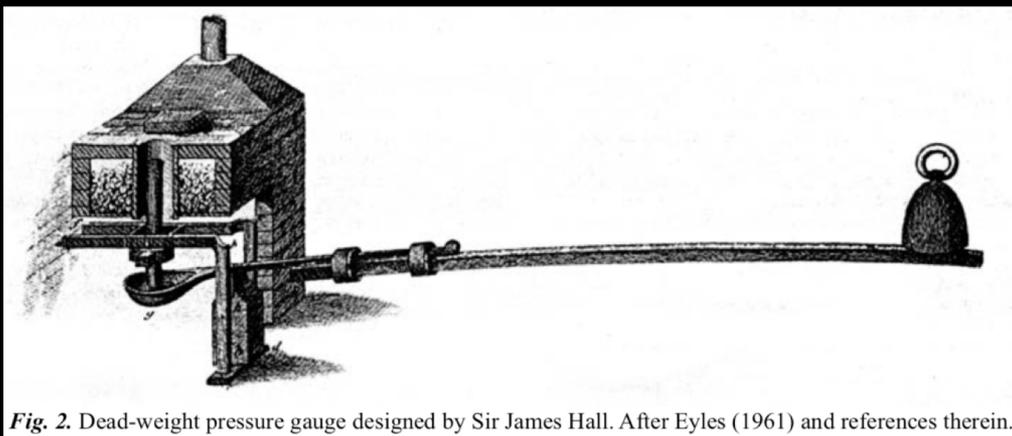
La petrologia sperimentale

Un po' di storia...

Sir James Hall (1761–1832) è il primo ad aver effettuato degli studi sperimentali su minerali e rocce ad alta pressione e temperatura



Sir James Hall (1761–1832)
(<https://www.nationalgalleries.org>)

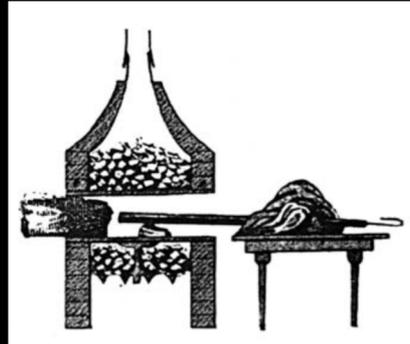
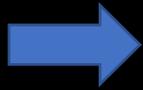


Keppler & Frost (2005)

Uno degli esperimenti di James Hall riguardava la trasformazione delle rocce carbonatiche ad alta temperatura e pressione...

Uno degli esperimenti di James Hall riguardava la trasformazione delle rocce carbonatiche ad alta temperatura e pressione...

Calcarea



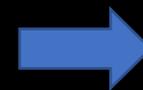
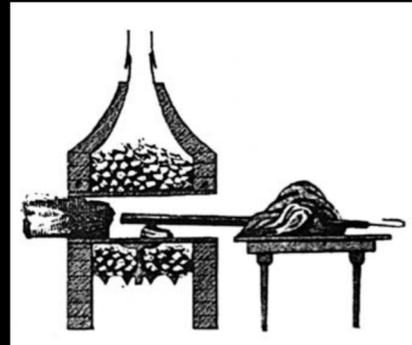
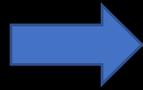
~ 0.1 GPa, ~ 600°C



Marmo

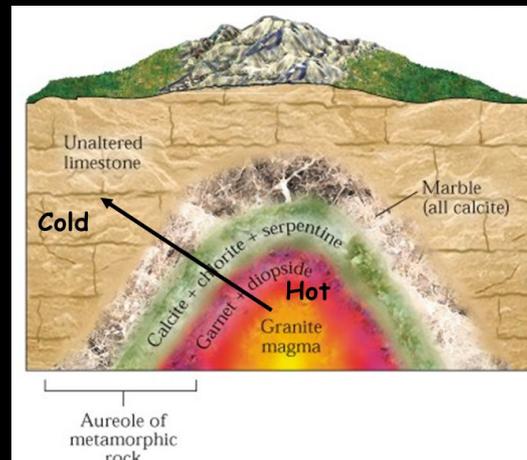
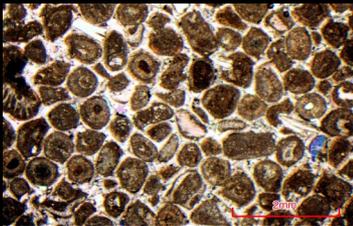
Uno degli esperimenti di James Hall riguardava la trasformazione delle rocce carbonatiche ad alta temperatura e pressione...

Calcare



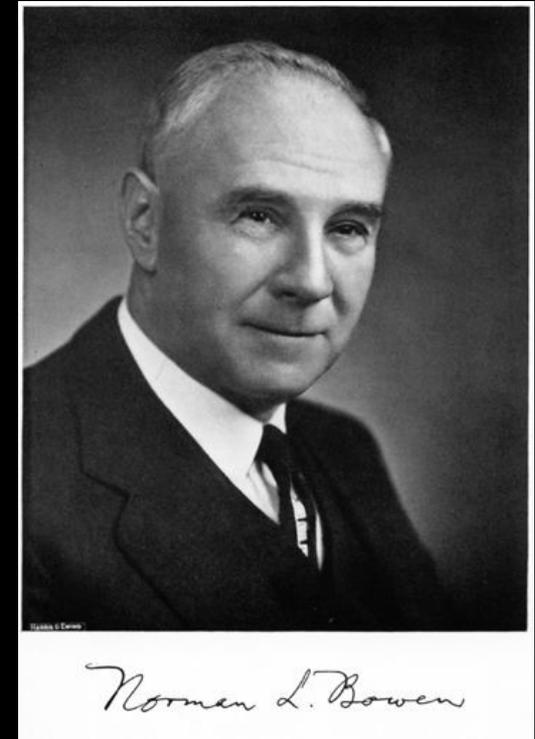
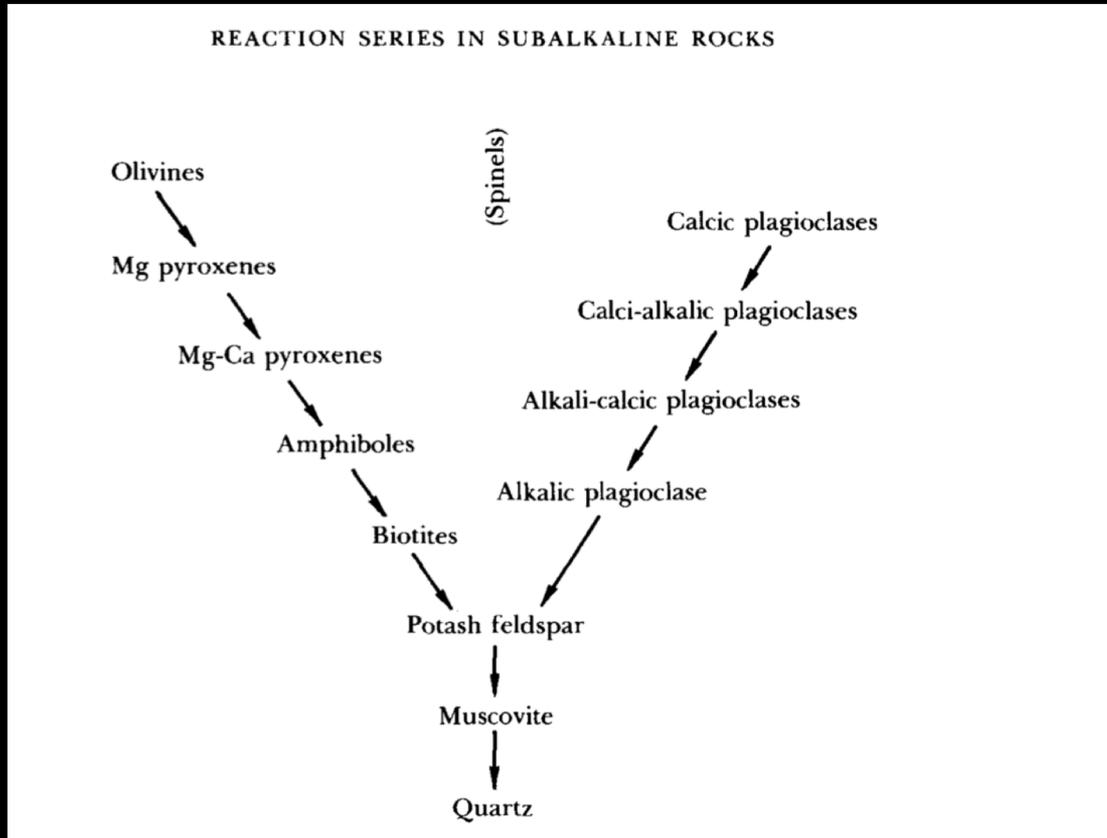
Marmo

~ 0.1 GPa, ~ 600°C

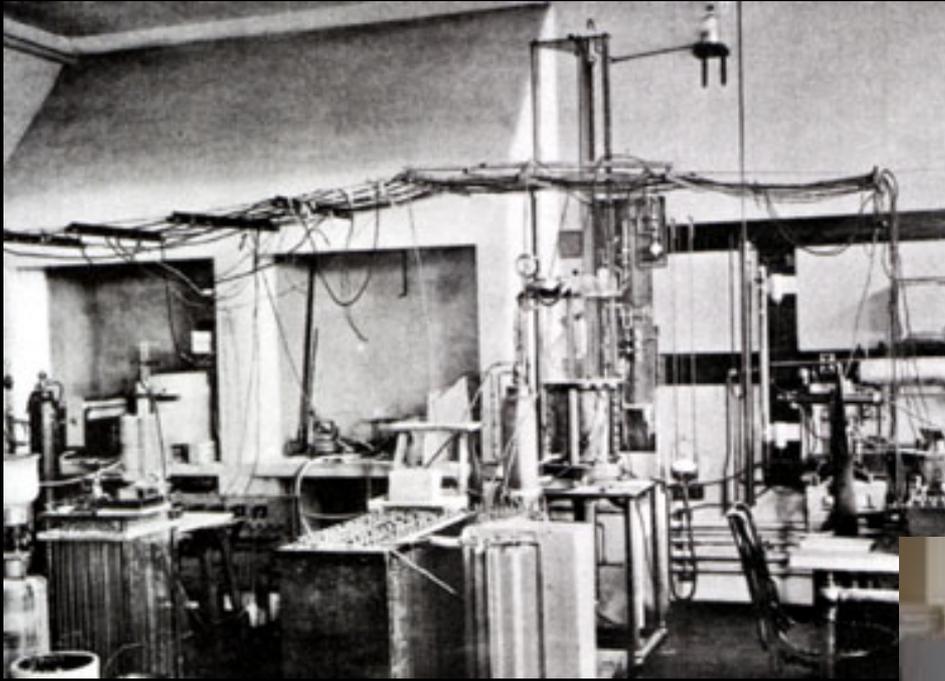


Metamorfismo di contatto

Uno dei pionieri della petrologia moderna è Norman L. Bowen (1887–1956).



Uno dei pionieri della petrologia moderna è Norman L. Bowen (1887–1956).



1911

Il suo libro più conosciuto '*The evolution of igneous rocks*' (Bowen, 1928) è basato su un gran numero di esperimenti condotti in fornaci ad alta temperatura e pressione ambiente



Oggi

THE PHYSICS OF HIGH PRESSURE

BY

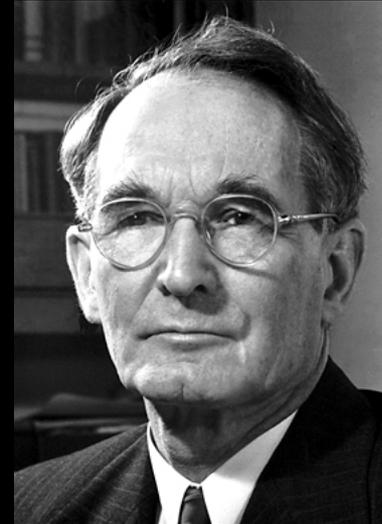
P. W. BRIDGMAN

PH.D., D.SC., FOR. MEM. R.S., NOBEL LAUREATE
HOLLIS PROFESSOR OF MATHEMATICS AND NATURAL PHILOSOPHY
AT HARVARD UNIVERSITY

*NEW IMPRESSION
WITH SUPPLEMENT*

LONDON
G. BELL AND SONS, LTD

1949



Percy Williams
Bridgman
(1882–1961)

Pioniere della fisica sperimentale
ad alta pressione

La petrologia/mineralogia sperimentale ad alta pressione si sviluppa principalmente nella seconda metà del XX secolo. E il suo sviluppo continua ancora oggi.

Autoclave



(Tuttle & Bowen, 1958)



Piston cylinder

(Boyd & England, 1960)

Multi-anvil



(Hall, 1958)



Diamond-anvil cell



(Jamieson et al., 1959)



La petrologia/mineralogia sperimentale ad alta pressione si sviluppa principalmente nella seconda metà del XX secolo. E il suo sviluppo continua ancora oggi.

Tra i quesiti scientifici principali che hanno portato a questo sviluppo vi sono:

- Qual è l'origine e l'evoluzione dei magmi nell'interno terrestre (e degli altri pianeti)?
- A quali condizioni (P, T, etc.) si formano le rocce metamorfiche?
- Qual è la composizione chimica e mineralogica del mantello terrestre (e degli altri pianeti) e a cosa sono dovute le principali discontinuità sismiche?
- Qual è il ruolo degli elementi volatili nell'evoluzione della Terra e degli altri pianeti?

In petrologia, gli esperimenti possono essere condotti a pressione ambiente oppure ad alta pressione.



Esempi:

- Fornace classica
- Fornace a *gas-mixing*



Esempi:

- Autoclave
- *Piston cylinder*
- *Multi-anvil*
- *Diamond-anvil cell*

Fornace classica



$T = 25 - 1800 \text{ } ^\circ\text{C}$

$P \sim 1 \text{ bar}$

$f\text{O}_2 \rightarrow \text{air}$

Dimensione campione: $< 10 \text{ cm}$



Fornace a gas-mixing (fO_2 controllata)



$T \sim 25 - 1600 \text{ } ^\circ\text{C}$

$P \sim 1 \text{ bar}$

$fO_2 \rightarrow$ variabile, da IW a *air*

Dimensione campione: $< 10 \text{ cm}$

Esperimenti ad alta pressione

(pressione applicata attraverso dei liquidi o gas)

$$PV = nRT$$

$$1 \text{ Pa} = \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = \frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}^2} = 10^{-5} \text{ bar}$$

$$1 \text{ bar} = 0.987 \text{ atm}$$

Unità di misura più usate
in petrologia sperimentale:

$$1 \text{ Kbar} = 100 \text{ MPa}$$

$$10 \text{ Kbar} = 1 \text{ GPa}$$

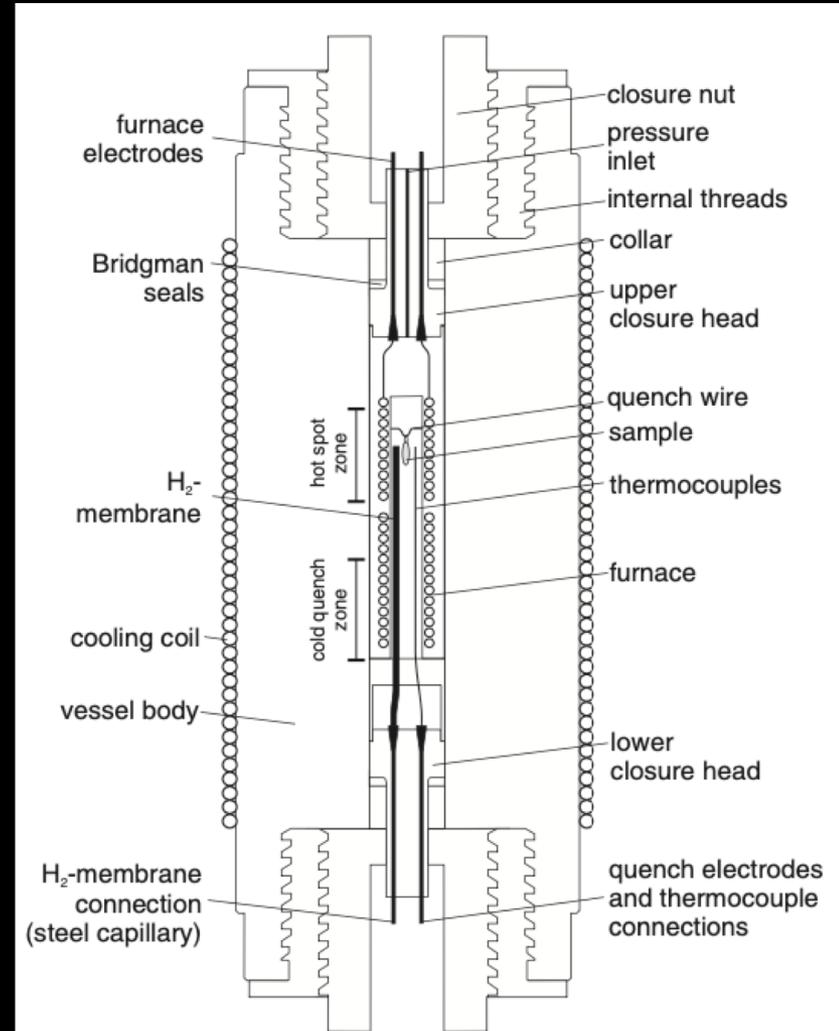
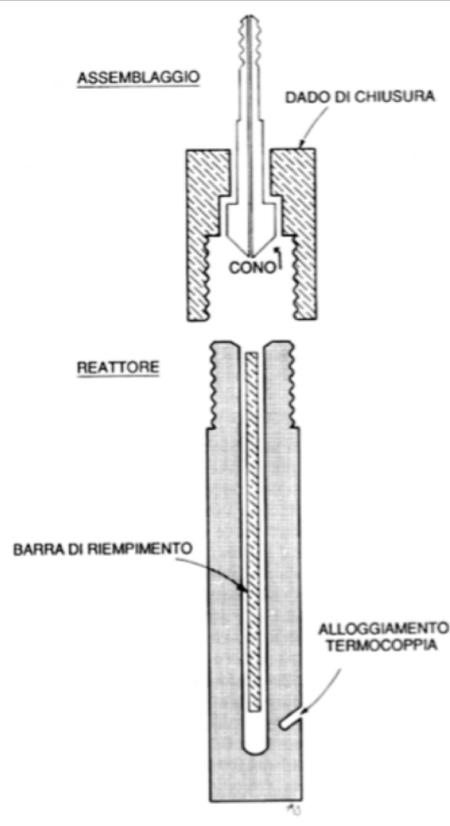


FIGURE 2. Schematic cross section of the IHPV equipped with rapid-quench-H₂-membrane device.

Autoclavi (CSPV, TZM, IHPV)



$T \sim 25 - 1200 \text{ } ^\circ\text{C}$

$P = 0.05 - 0.5 \text{ GPa (max 1 GPa)}$

$f\text{O}_2 \rightarrow$ variabile, da $\sim \text{FMQ}-1$ a $\sim \text{FMQ}+3$

Dimensione campione: $\sim 1.0 - 5.0 \text{ cm}$

Esperimenti ad alta pressione (pressione applicata attraverso solidi)

$$P = \frac{\text{Forza}}{\text{Area}} = \frac{F}{A}$$

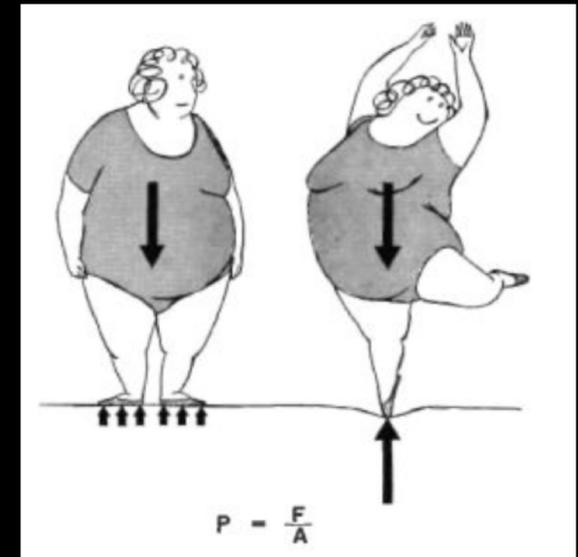
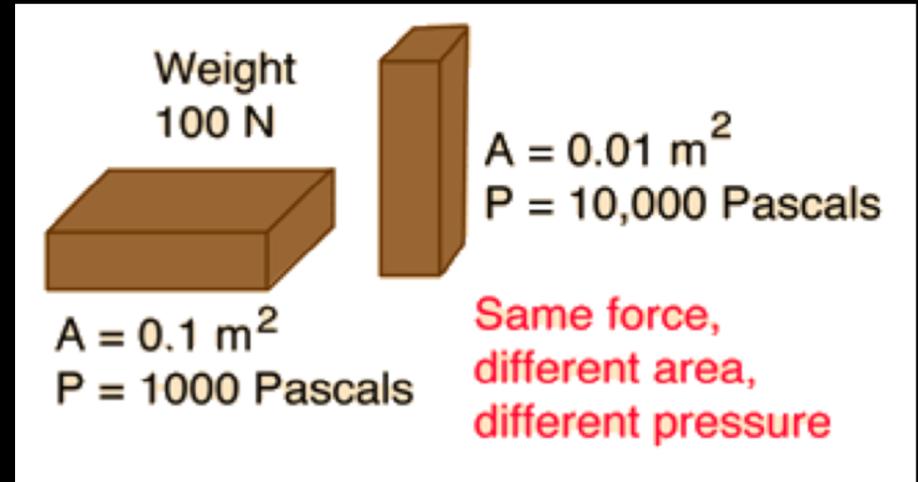
$$1 \text{ Pa} = \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = \frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}^2} = 10^{-5} \text{ bar}$$

$$1 \text{ bar} = 0.987 \text{ atm}$$

Unità di misura più usate
in petrologia sperimentale:

$$1 \text{ Kbar} = 100 \text{ MPa}$$

$$10 \text{ Kbar} = 1 \text{ GPa}$$



Piston cylinder

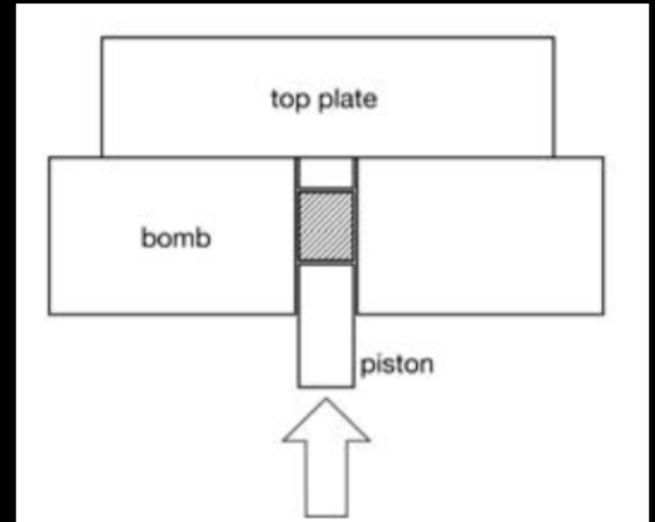


$T \sim 25 - 1600 \text{ } ^\circ\text{C}$

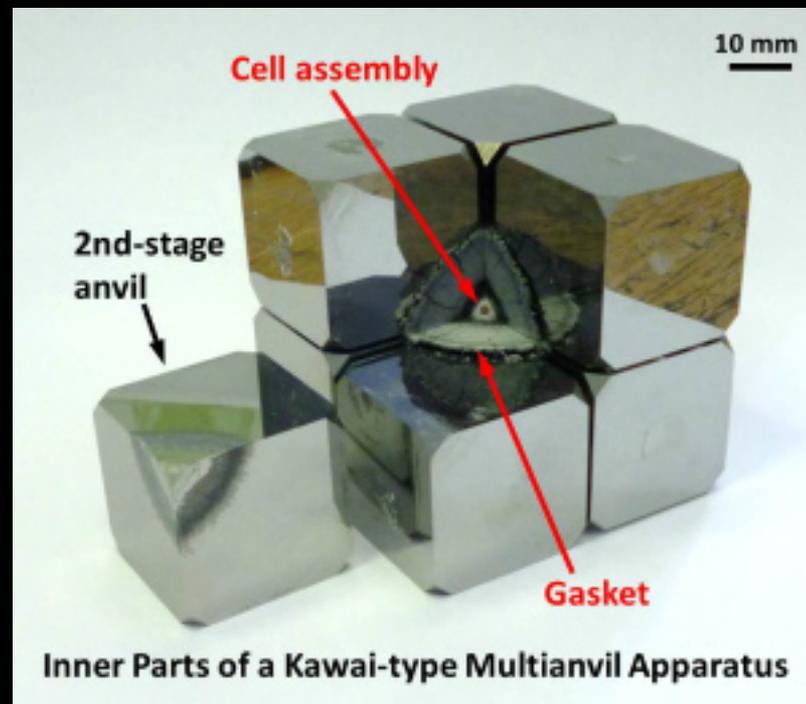
$P = 0.5 - 4 \text{ GPa (max 5 GPa)}$

$f\text{O}_2 \rightarrow$ variabile, dipende dal buffer utilizzato

Dimensione campione: $\sim 0.4 - 0.8 \text{ cm}$



Multi-anvil apparatus

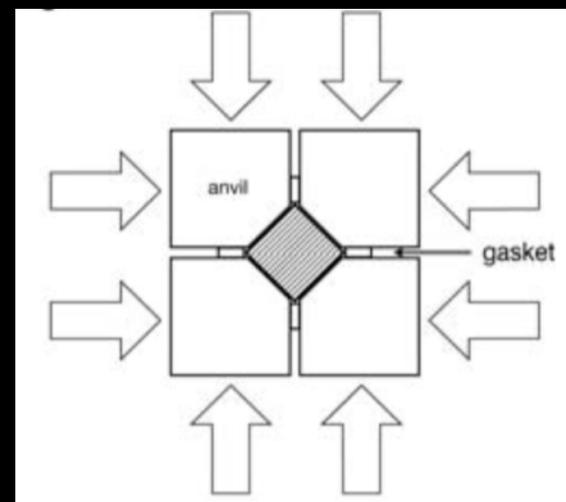


$T \sim 25 - 2200 \text{ } ^\circ\text{C}$

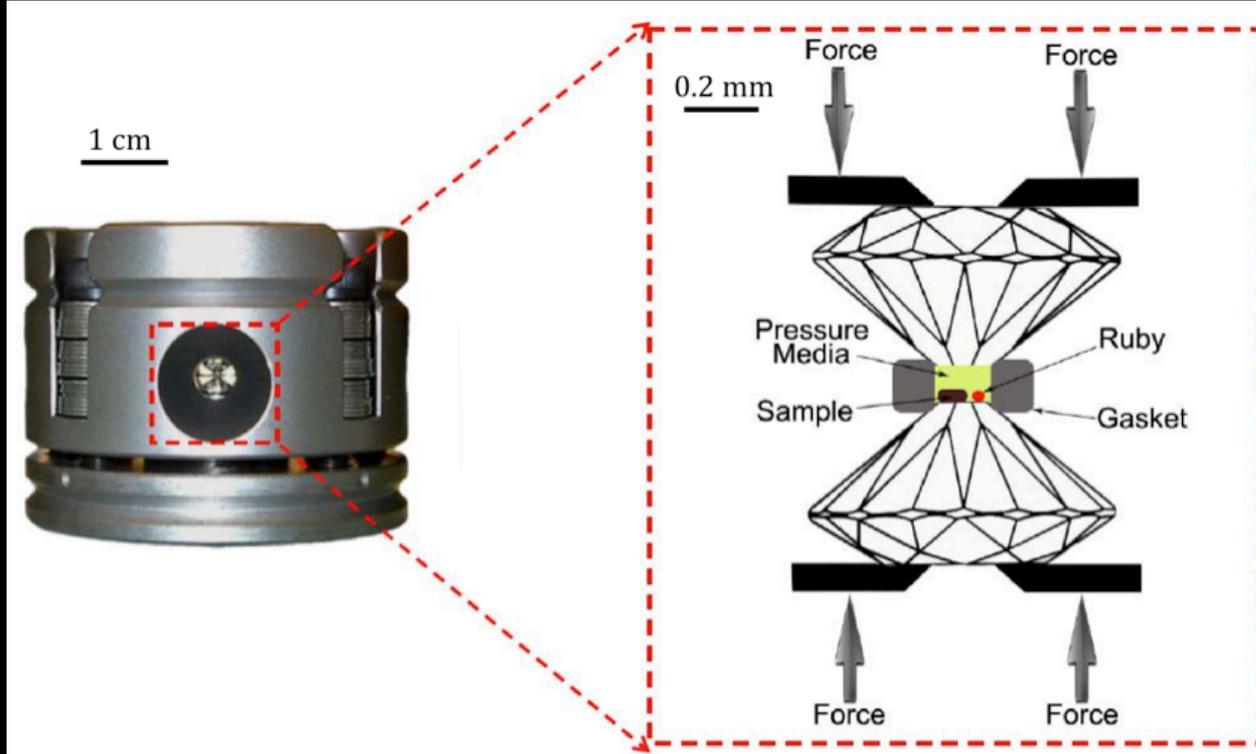
$P = 3.0 - 25 \text{ GPa (max 40 GPa)}$

$f\text{O}_2 \rightarrow$ variabile, dipende dal buffer utilizzato

Dimensione campione: $\sim 0.1 - 0.4 \text{ cm}$



Diamond-anvil cell

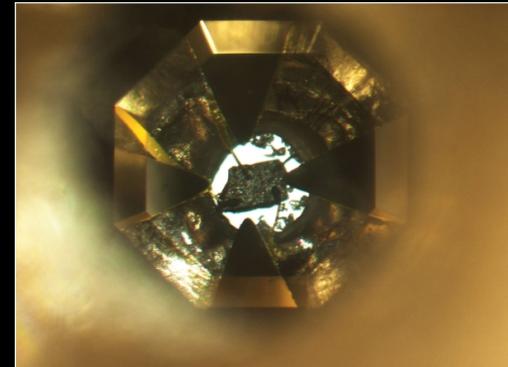


$T \sim 25 - 2200 \text{ }^\circ\text{C}$

$P = 1.0 - 100 \text{ GPa}$ (max $\sim 600 \text{ GPa}$)

$f\text{O}_2 \rightarrow$ difficilmente controllabile

Dimensione campione: $10 - 200 \text{ }\mu\text{m} \rightarrow 0.001 - 0.020 \text{ cm}$



Nella progettazione di un lavoro sperimentale, è importante conoscere quali sono le tecniche disponibili per le condizioni di T, P e fO_2 che si vogliono raggiungere.

È importante anche conoscere qual è la durata massima di un esperimento e quali sono le dimensioni massime dei campioni sperimentali.

Nel caso di esperimenti di equilibri di fase, qual è il tempo necessario per un sistema a raggiungere l'equilibrio?