

Metallurgia estrattiva

```
graph TD; A([Metallurgia estrattiva]) --> B([Processi idrometallurgici]); A --> C([Processi pirometallurgici]);
```

Processi idrometallurgici

Processi pirometallurgici

Processi pirometallurgici

Minerale grezzo

Arrostimento

Ossido

Riduzione chimica (*smelting*) o
elettrolitica (*electrowinning*)

Metallo

Processi idrometallurgici

Minerale grezzo

Lisciviazione

Ione o complesso del metallo

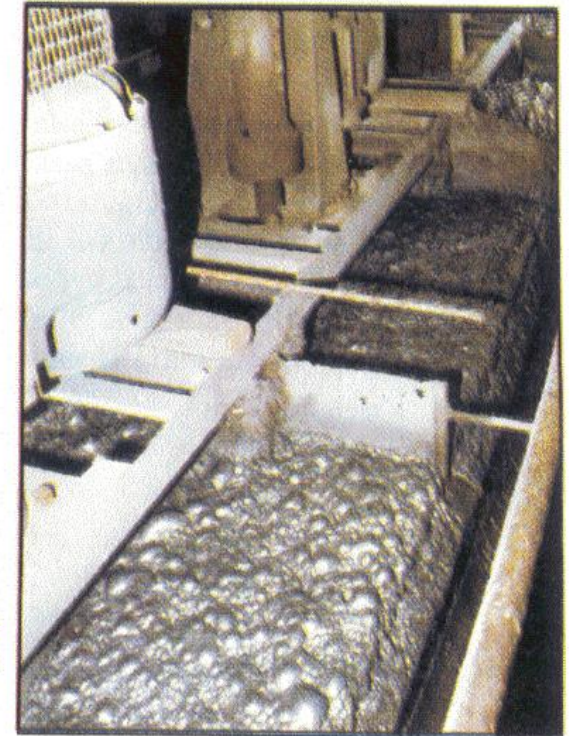
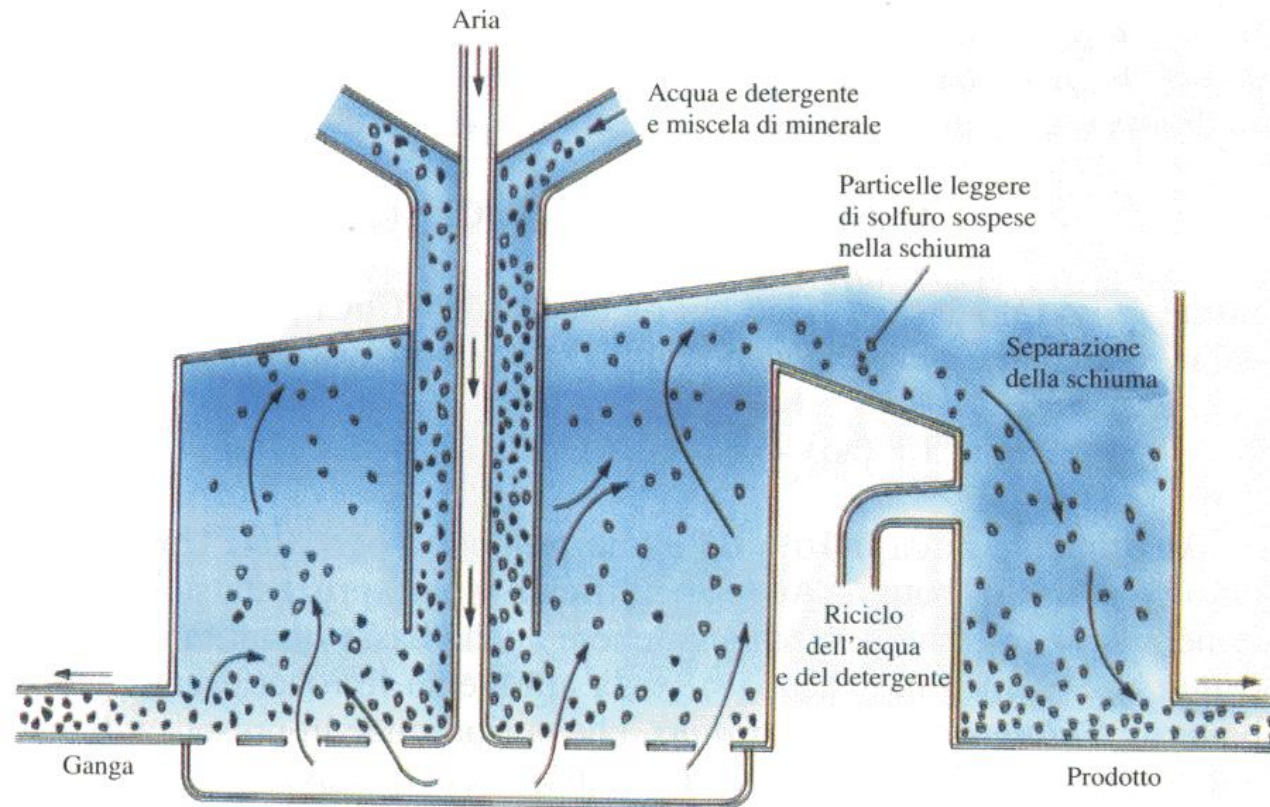
Riduzione

Metallo

Miniera a cielo aperto di calcopirite, CuFeS_2 di El Chino nel Nuovo Messico

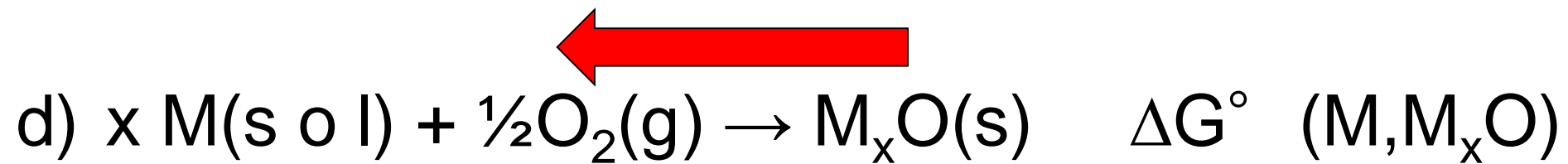
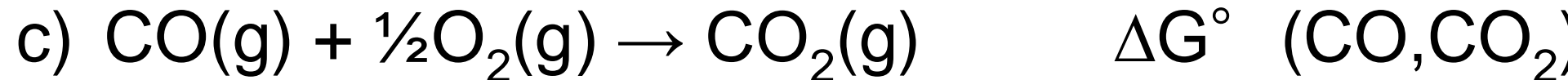
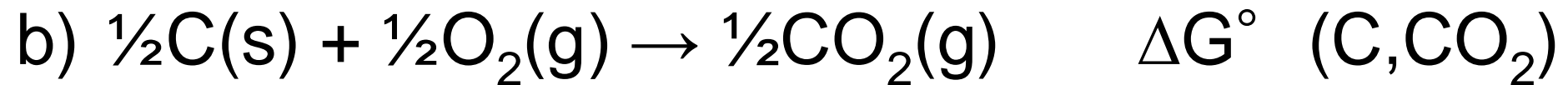
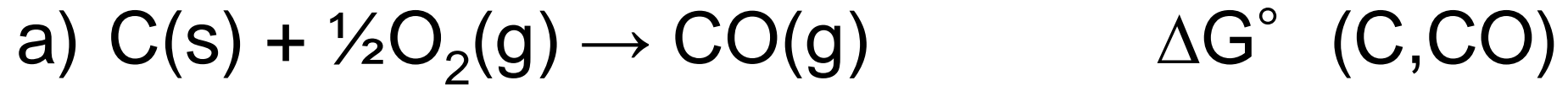


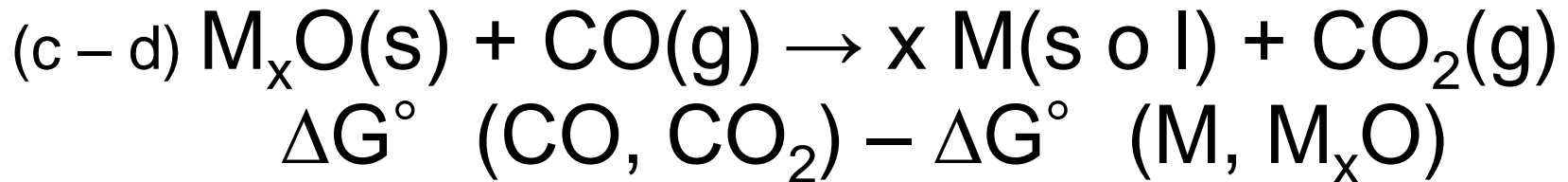
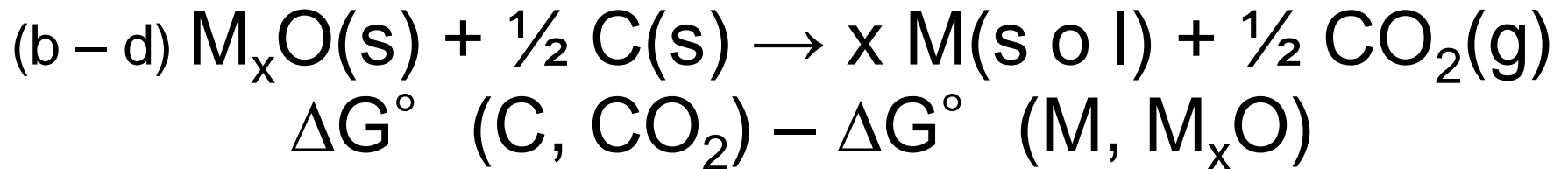
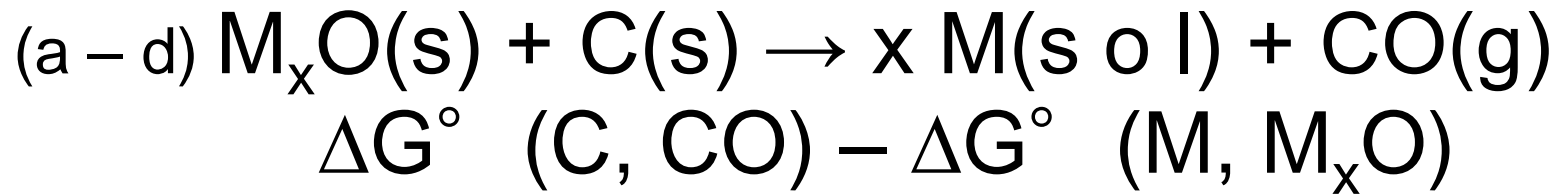
Flottazione



Cu%: da 0.8–1% → 15–30%

Aspetti termodinamici dei processi di riduzione





una di queste reazioni complessive deve avere ΔG° negativo

Diagramma di Ellingham

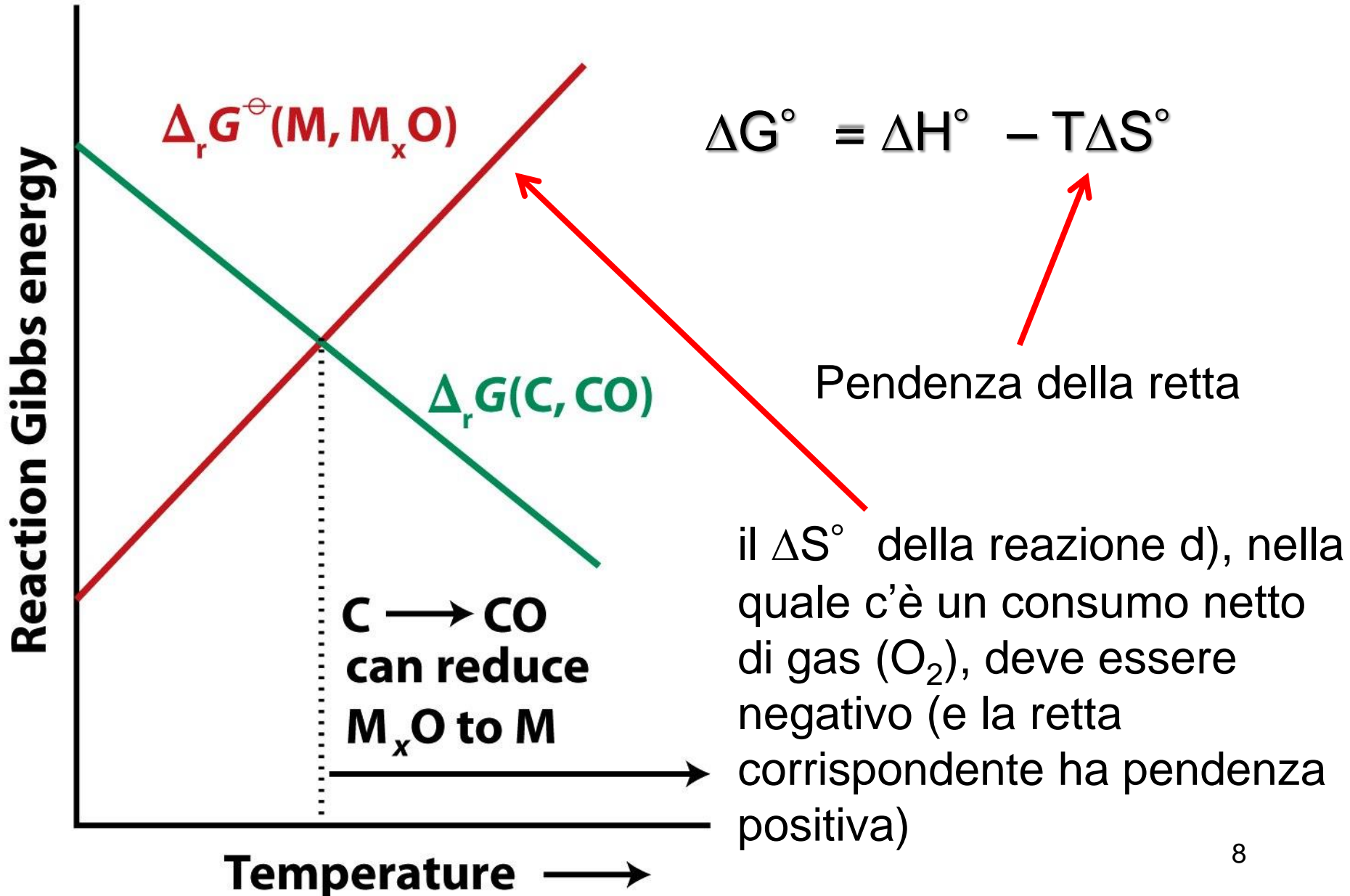
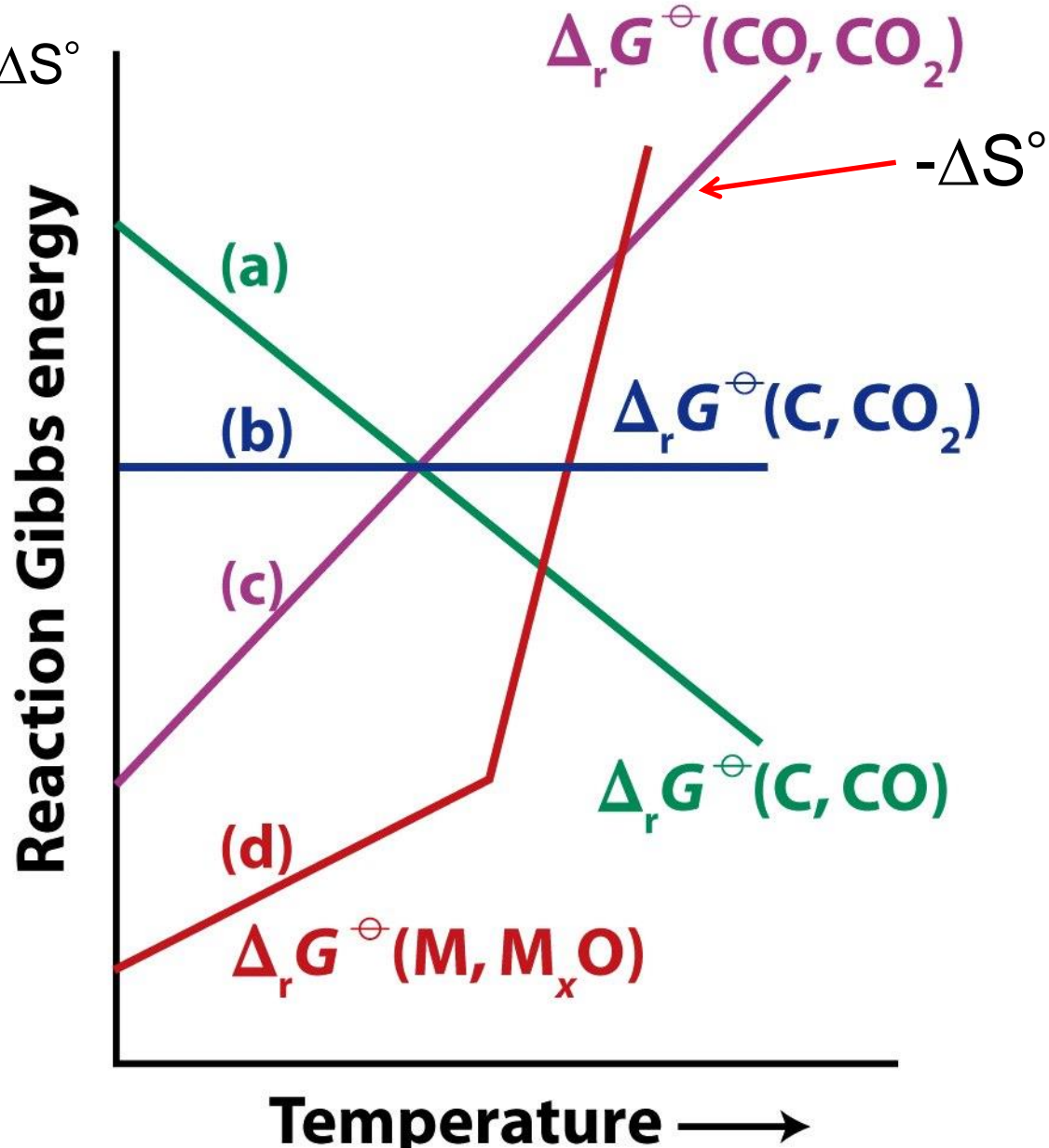
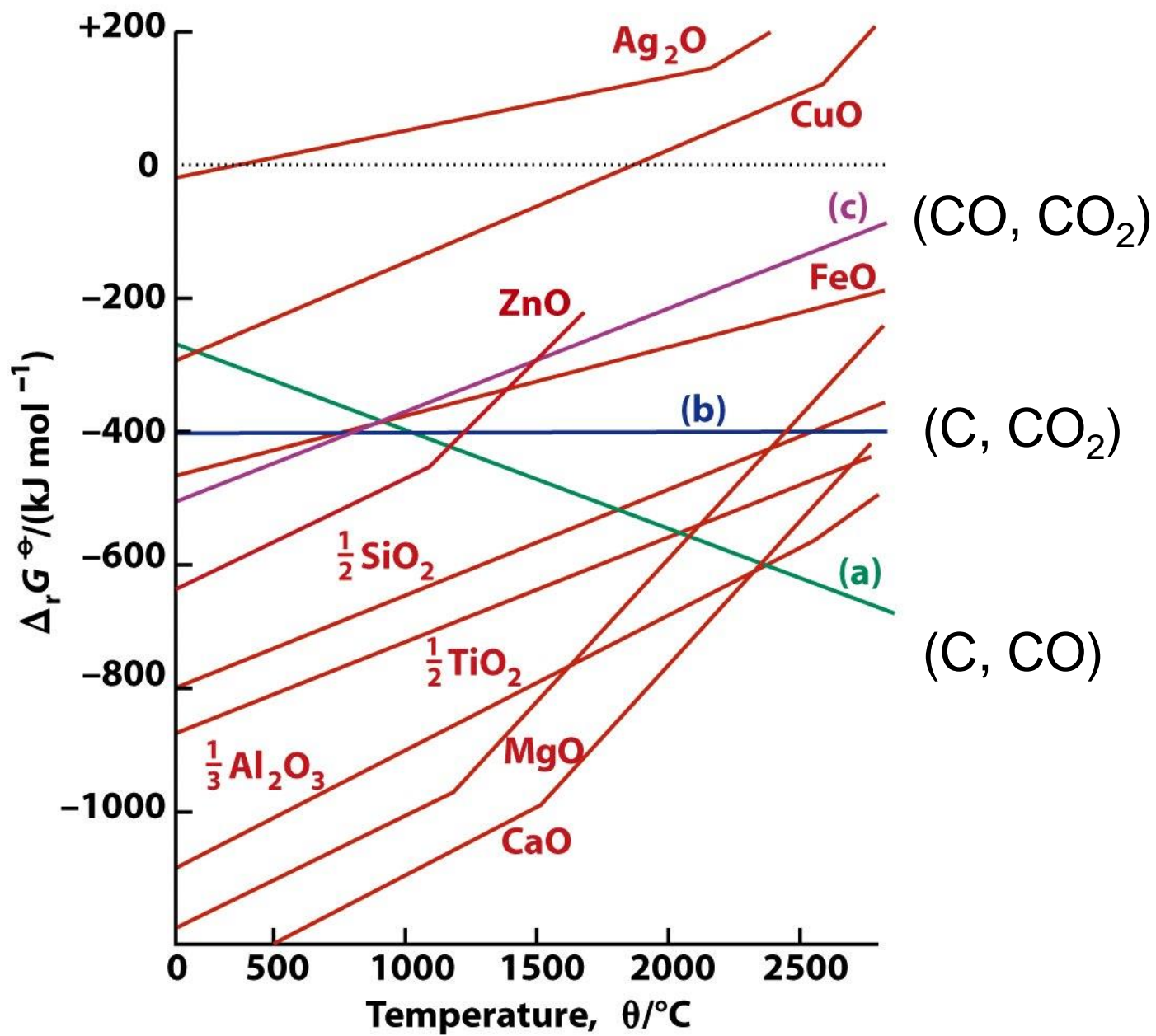


Diagramma di Ellingham

$$\Delta G^\circ = \Delta H^\circ - T\Delta S^\circ$$



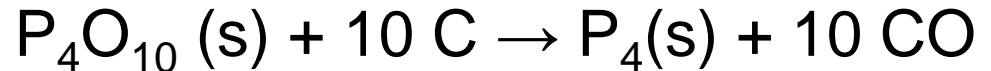
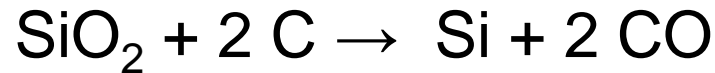
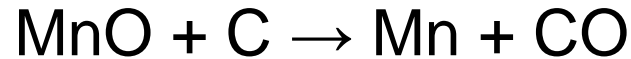
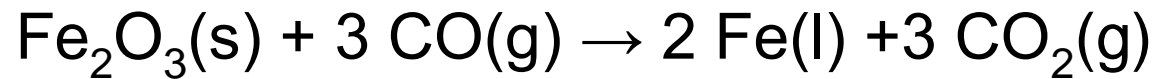
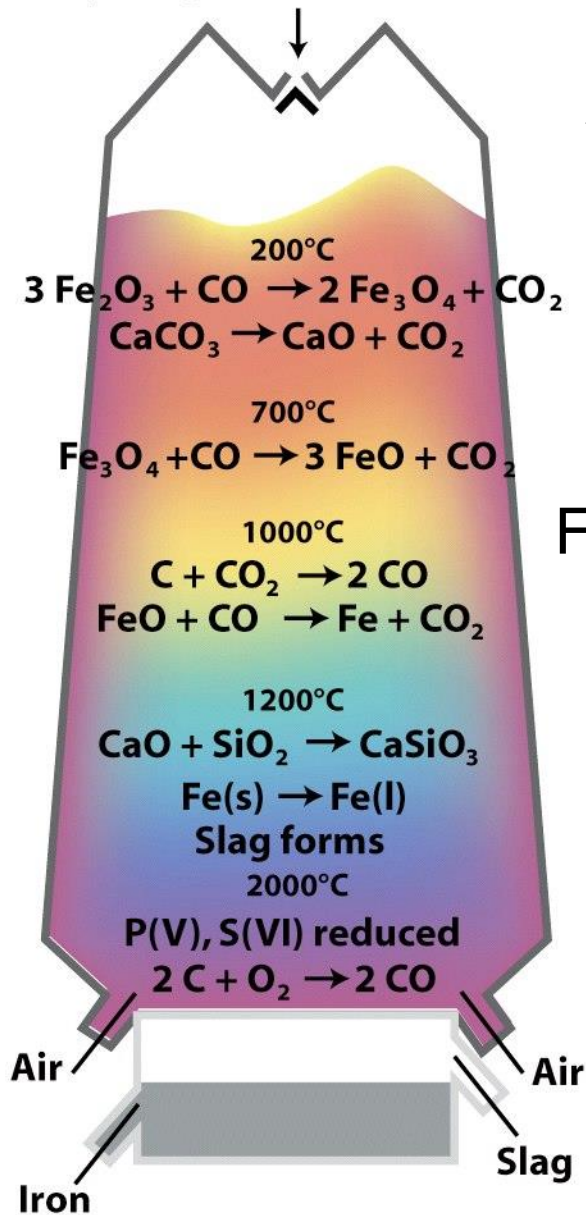
- per temperature alle quali la linea C/CO giace sotto quella dell'ossido del metallo, il carbone può essere usato per ridurre l'ossido metallico ed esso stesso è ossidato a CO;
- per temperature alle quali la linea C/CO₂ giace sotto quella dell'ossido del metallo, il carbone può essere usato per la riduzione ed esso stesso è ossidato a CO₂;
- per temperature alle quali la linea CO/CO₂ giace sotto quella dell'ossido del metallo, il CO può essere usato per la riduzione ed esso stesso è ossidato a CO₂.



- al crescere della temperatura ogni ossido metallico diventa termodinamicamente meno stabile rispetto al metallo (ΔG° meno negativo).
- al crescere della temperatura CO diventa termodinamicamente più stabile rispetto a C (ΔG° più negativo); quindi le combustioni ad elevata temperatura generano CO e non CO₂.
- un metallo M' può venire usato per ridurre l'ossido di un altro metallo M se, a una temperatura di interesse, la linea M'/ M'O sta sotto quella di M/MO. Ad esempio il magnesio può essere usato per ridurre SiO₂ al di sotto di 2200 K.

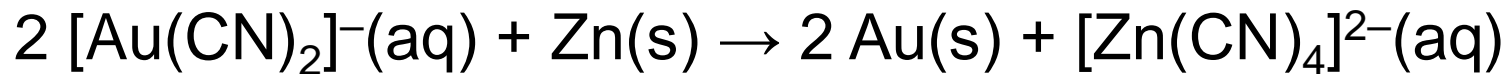
Ore, coke, limestone

Altoforno

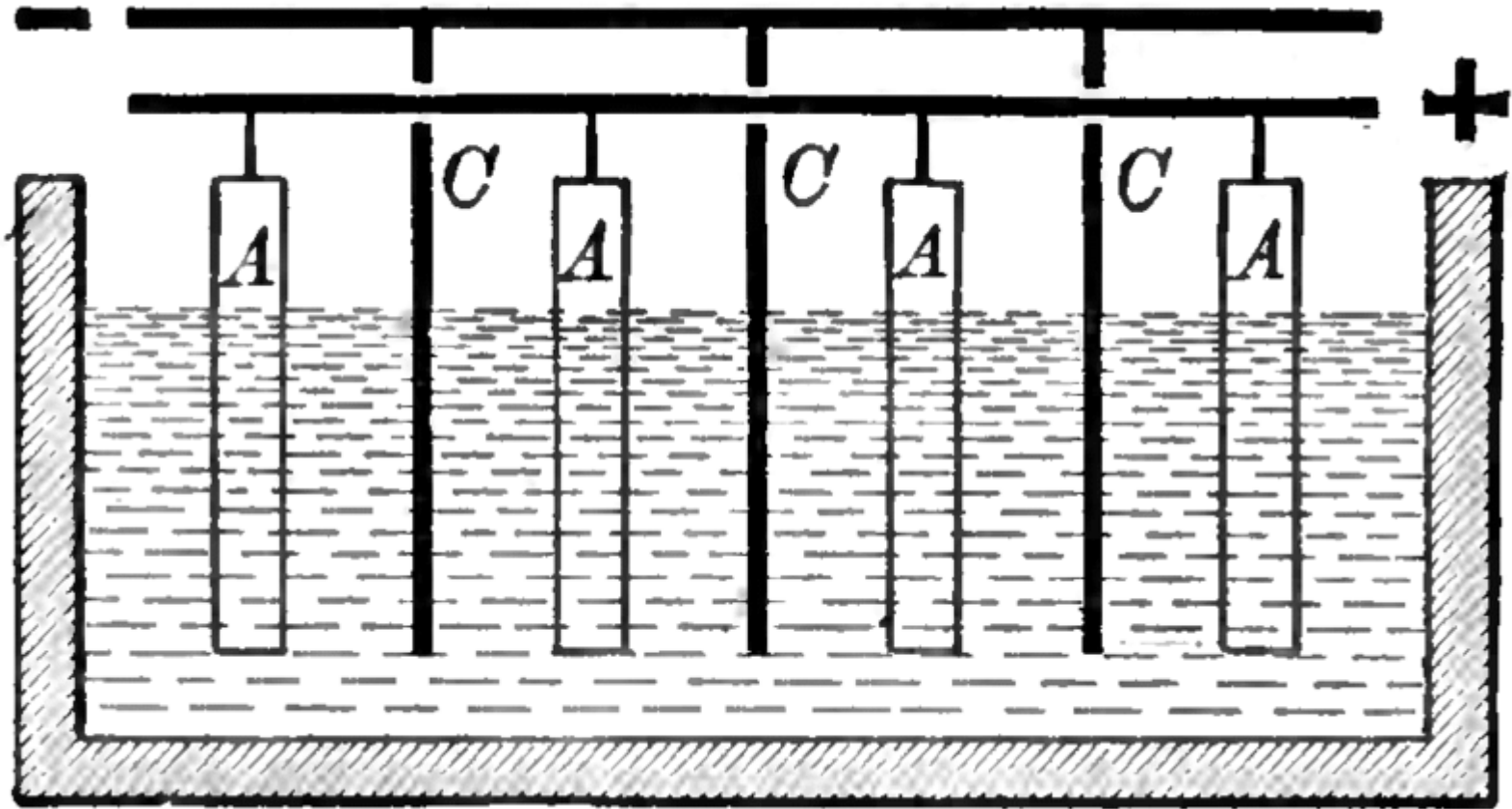


Ghisa grezza: 4.5% C; 1.7% Mn; 0.3% P; 0.04% S; 1% Si

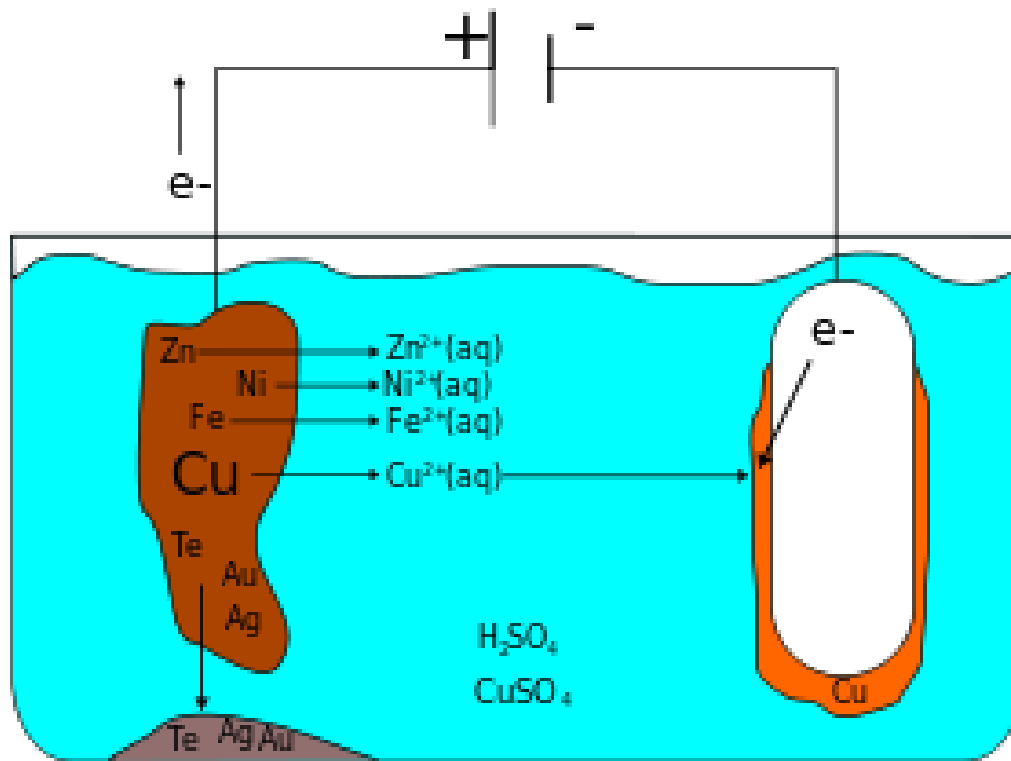
Processo idrometallurgico per l'estrazione dell'oro



Raffinazione elettrolitica del rame



0.2–0.3 V, 10.000 – 20.000 A



Fanghi anodici