

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

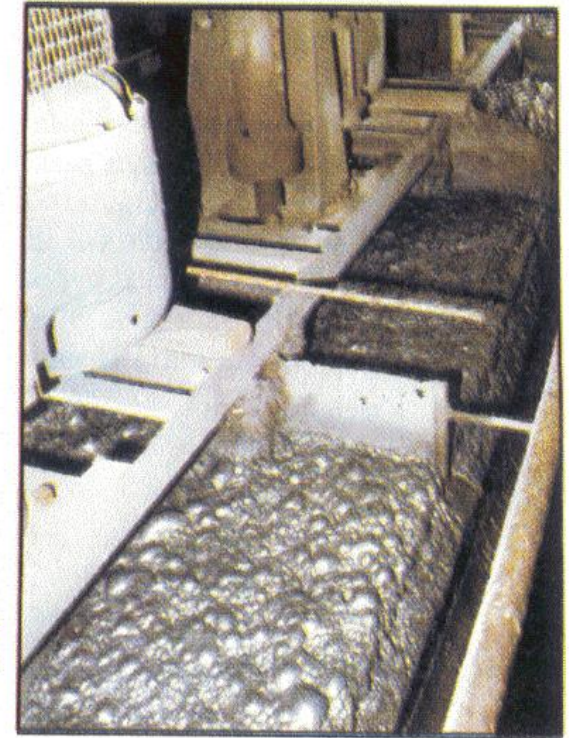
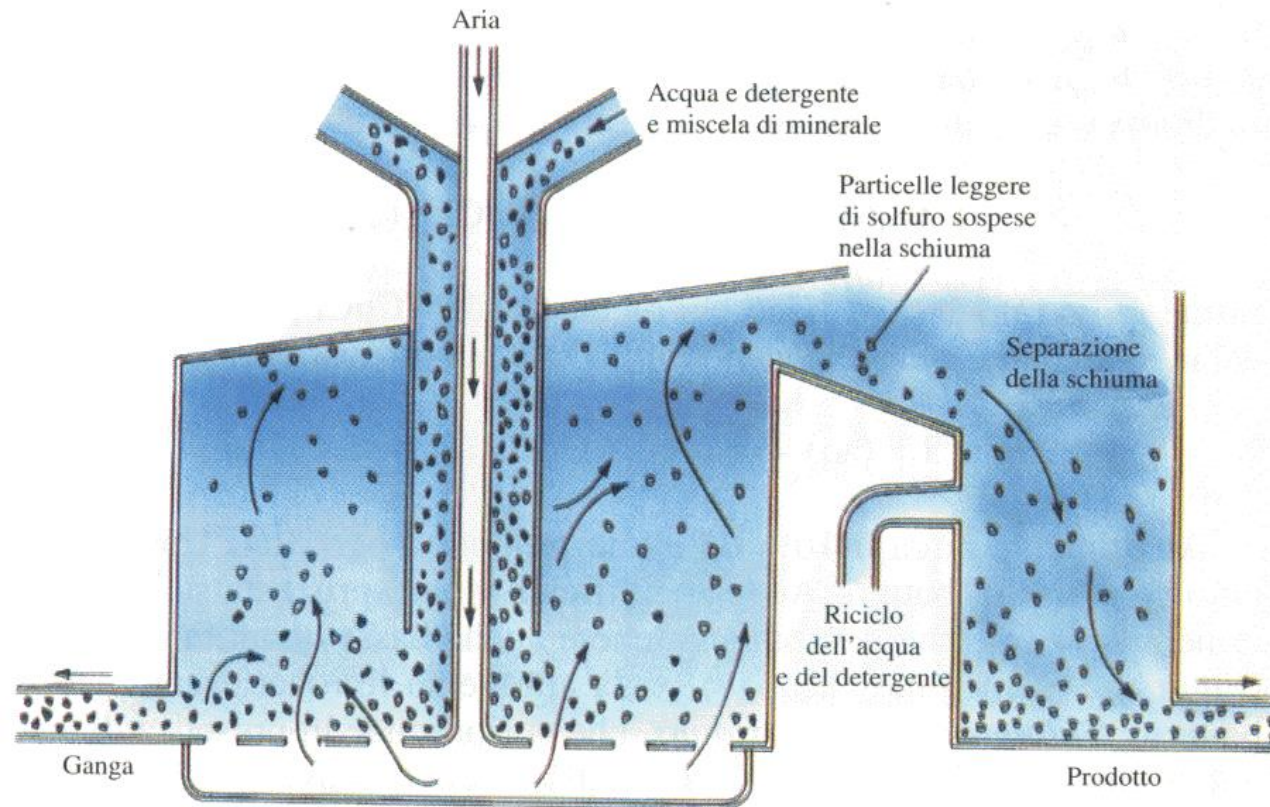
Riduzione

Metallo

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

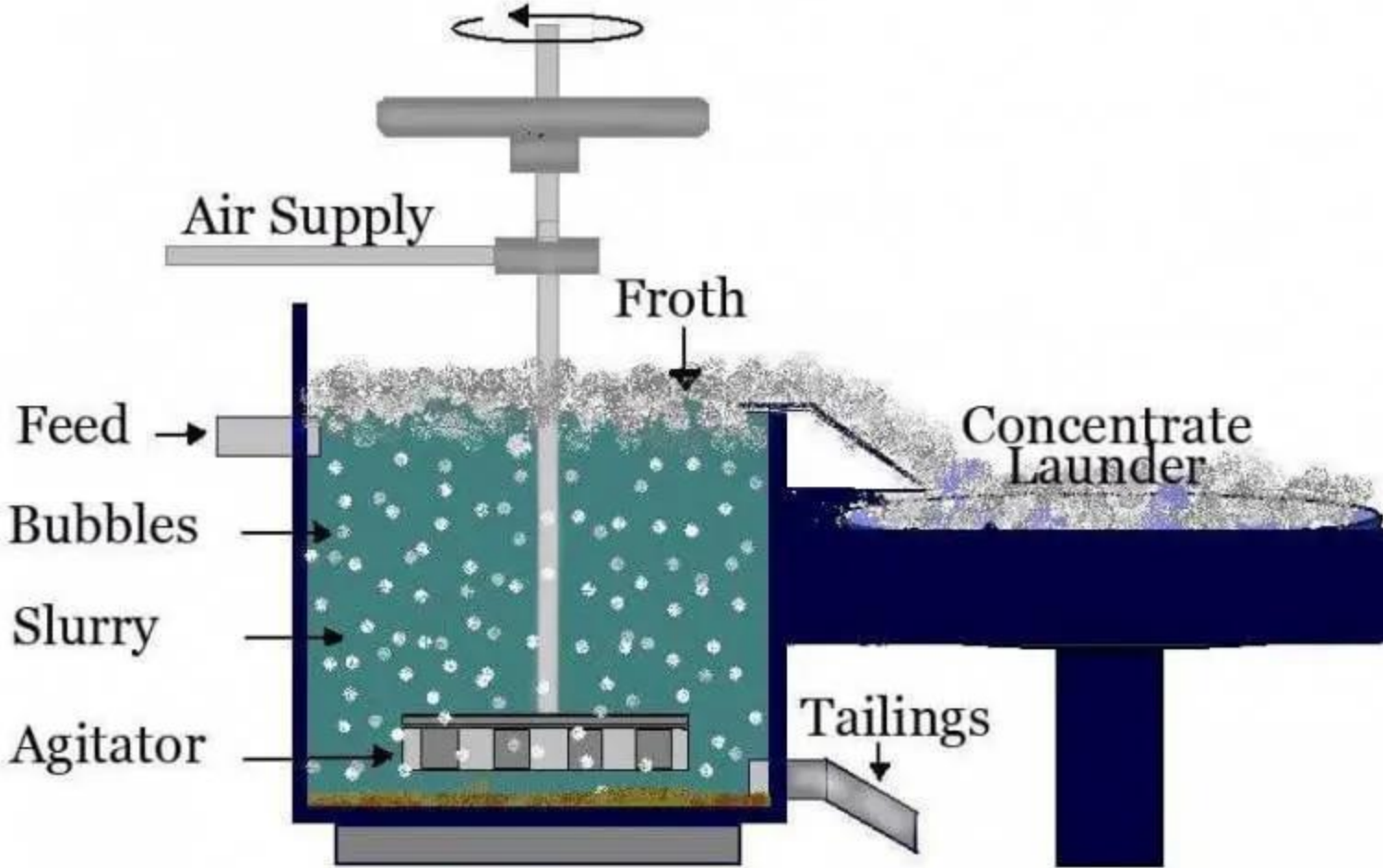


Flottazione

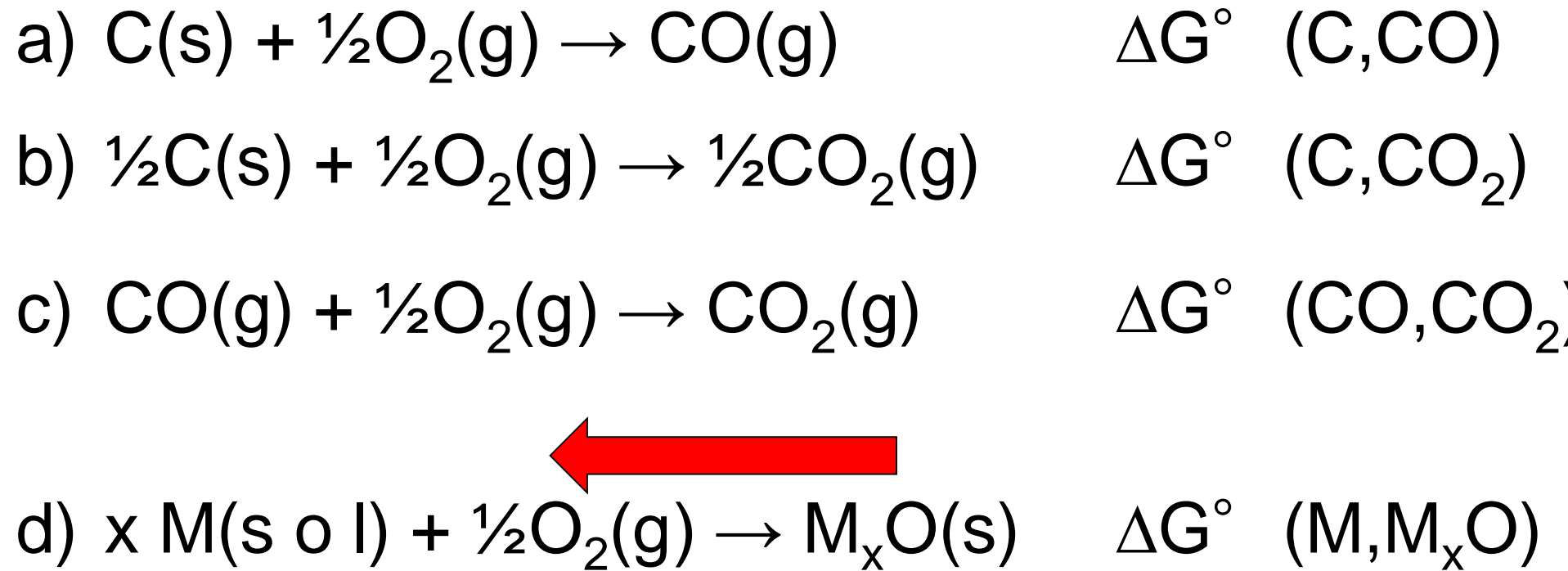


Cu%: da 0.8–1% → 15–30%

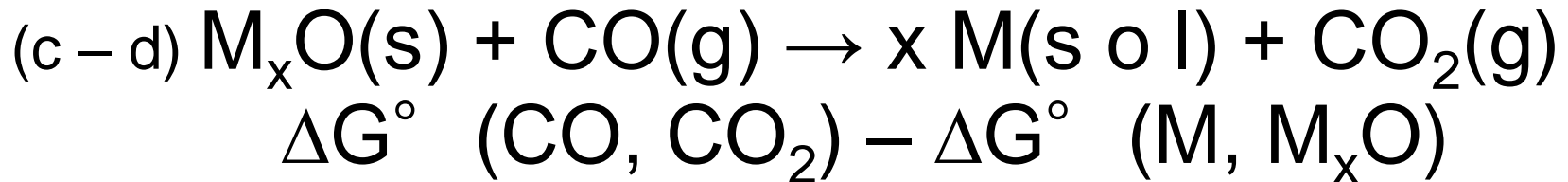
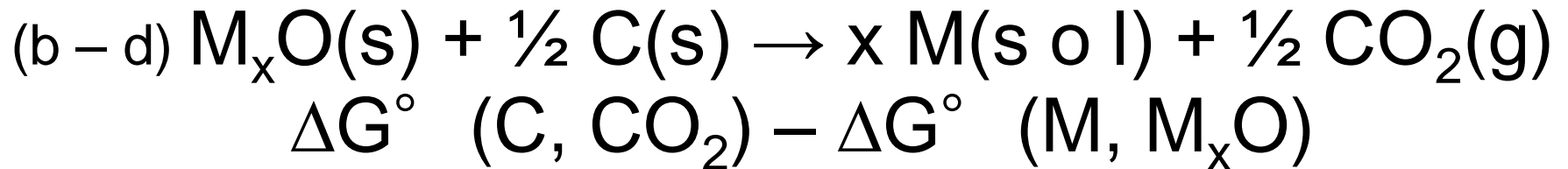
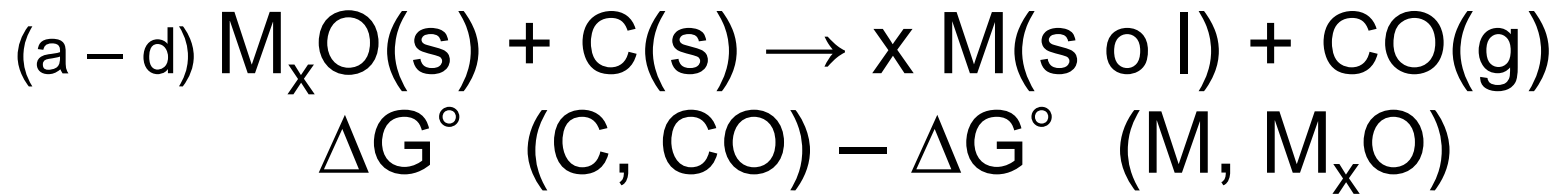
FLOTATION PROCESS



Aspetti termodinamici dei processi di riduzione

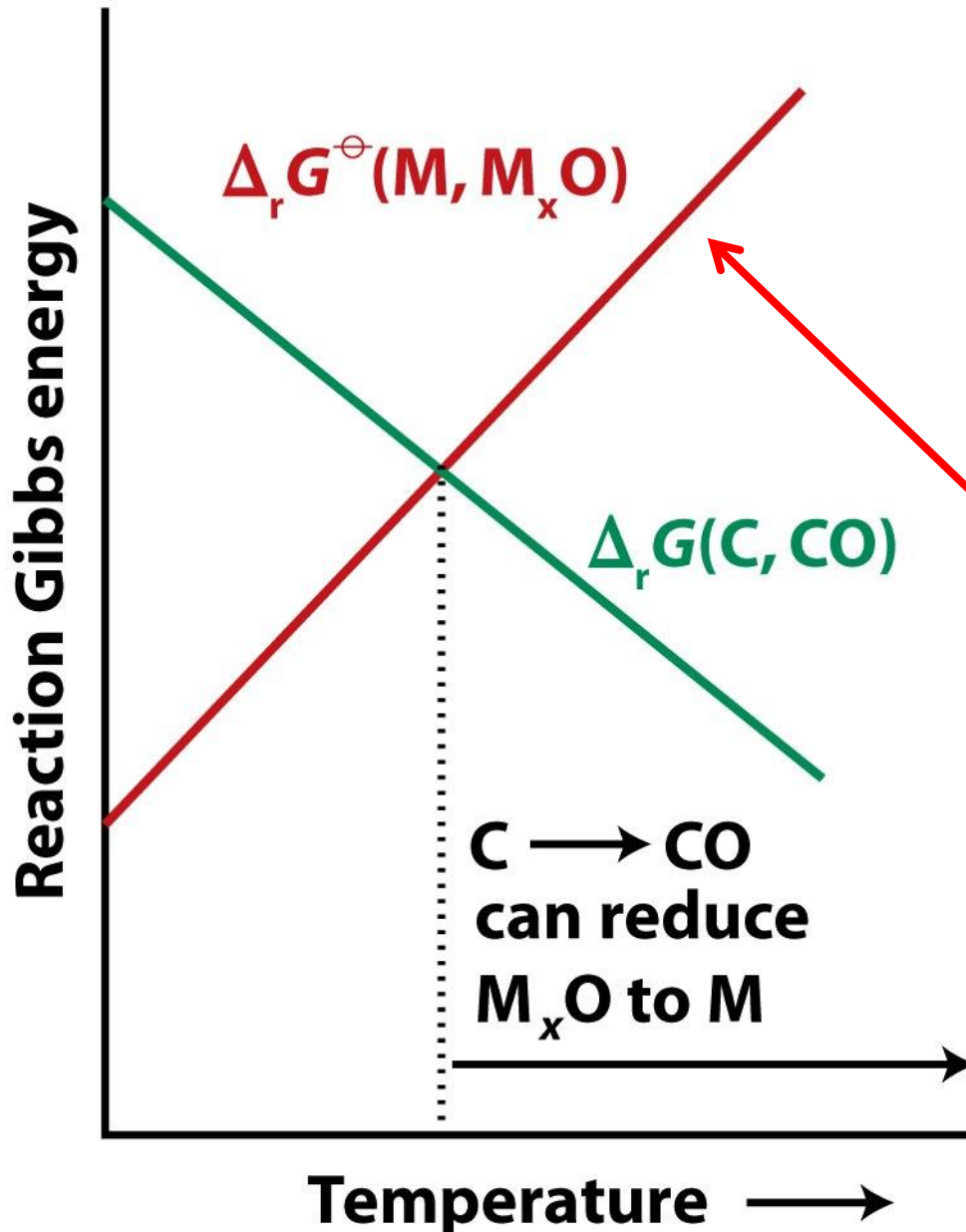


Per ottenere un valore negativo di ΔG nella riduzione di un ossido metallico con carbone o monossido di carbonio, una delle reazioni a – c deve avere un ΔG più negativo della reazione d (in senso inverso)



una di queste reazioni complessive deve avere ΔG° negativo

Diagramma di Ellingham



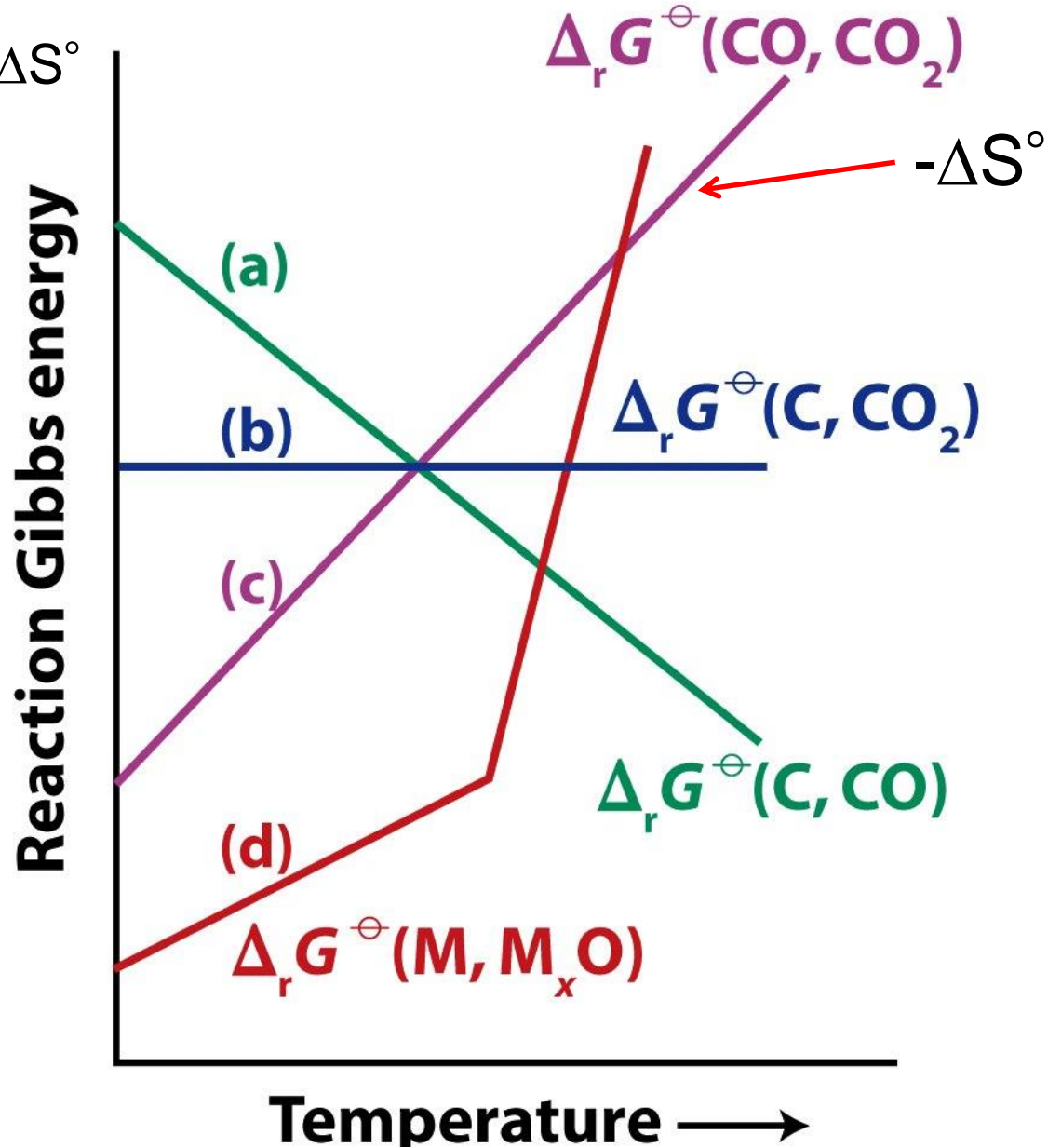
$$\Delta G^\ominus = \Delta H^\ominus - T\Delta S^\ominus$$

Pendenza della retta = $-\Delta S^\ominus$

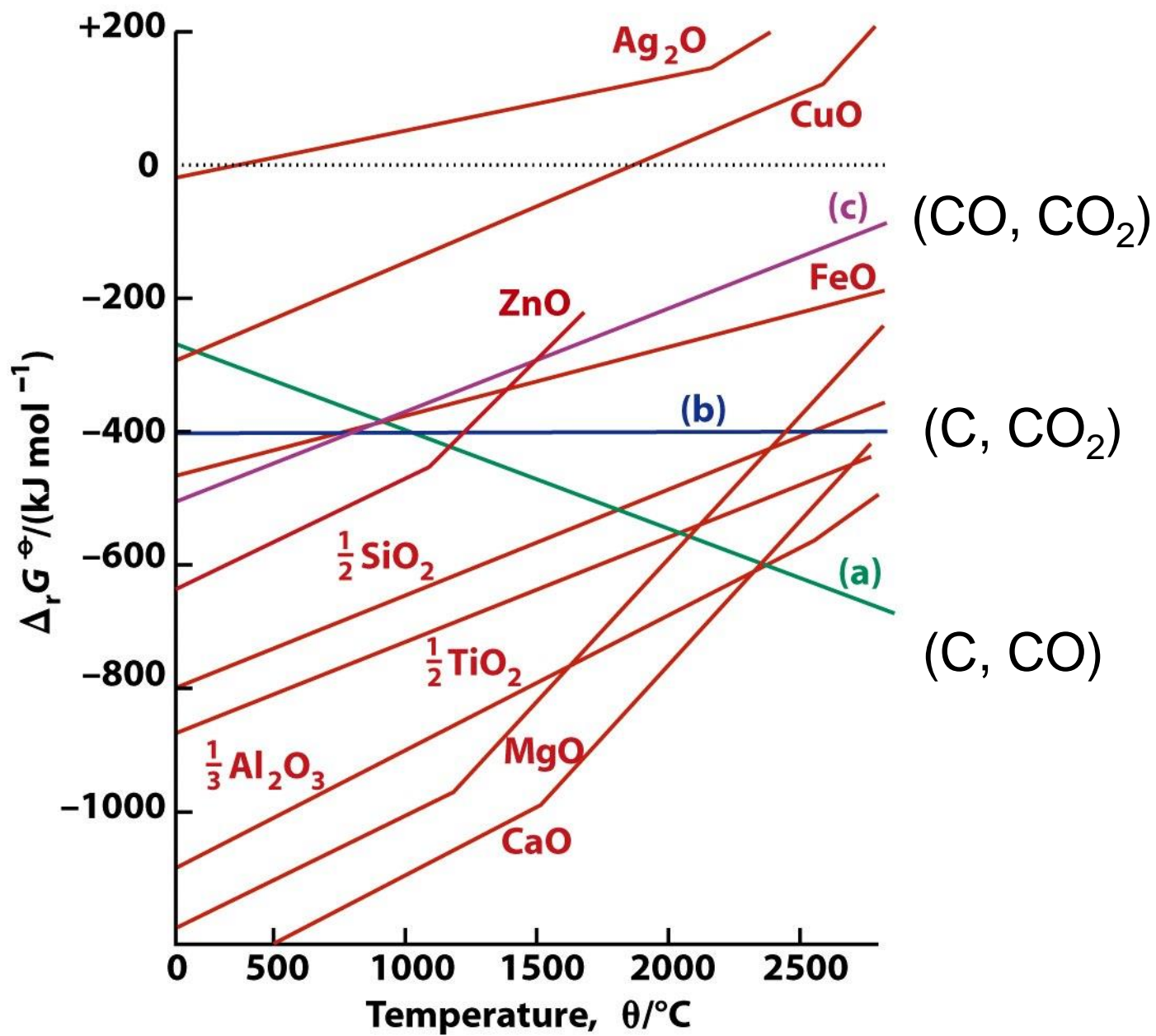
il ΔS^\ominus della reazione d), nella quale c'è un consumo netto di gas (O_2), deve essere negativo (e la retta corrispondente ha pendenza positiva)

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; similmente, nel "processo alla termite" l'alluminio viene usato per ridurre ossidi di ferro.

<https://www.youtube.com/watch?v=4gCqn4mJ8cY>

Metals known in the 20th century

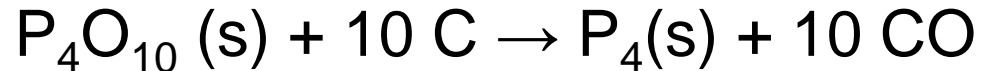
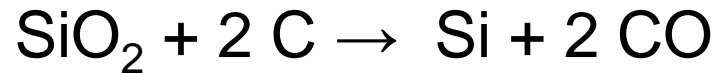
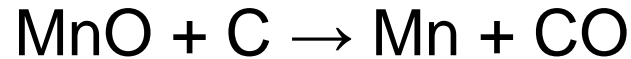
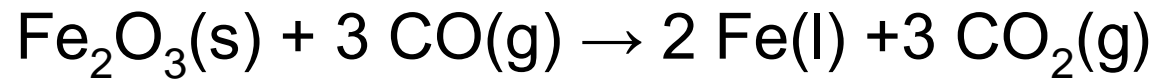
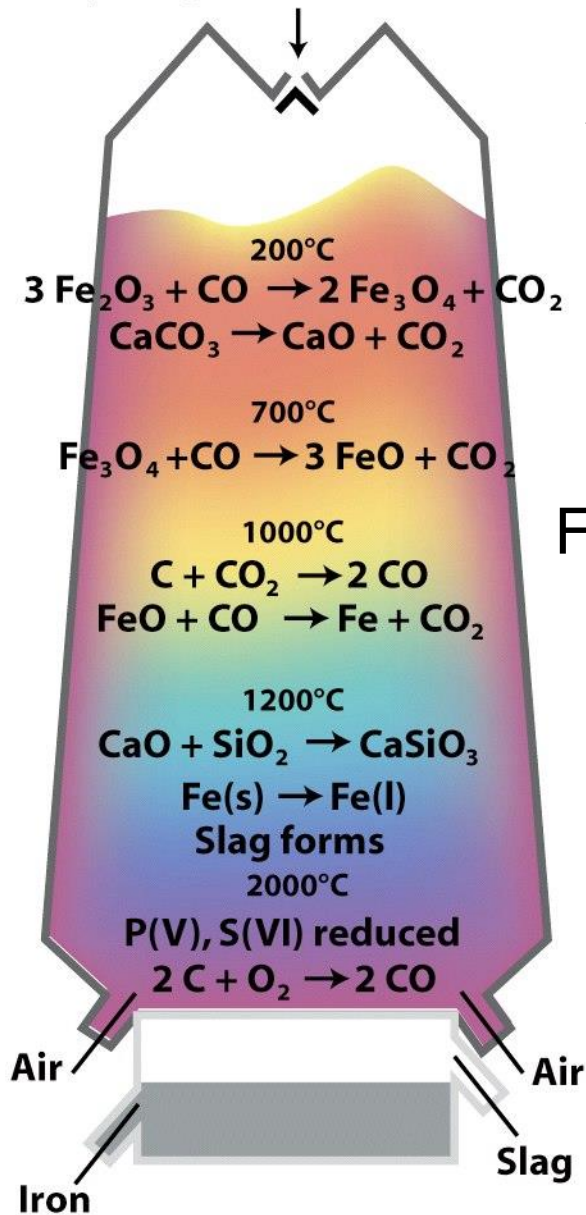
Li	Be											B						
Na	Mg	Al											Si					
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se			
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te			
Cs	Ba	*La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po			
Fr	Ra	**Ac																

*	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
**	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lw

Ancient metals
Medieval metals
Eighteenth century metals
Nineteenth century metals
Twentieth century metals

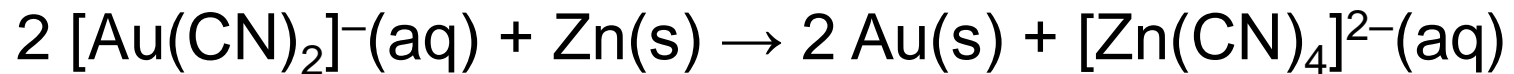
Ore, coke, limestone

Altoforno

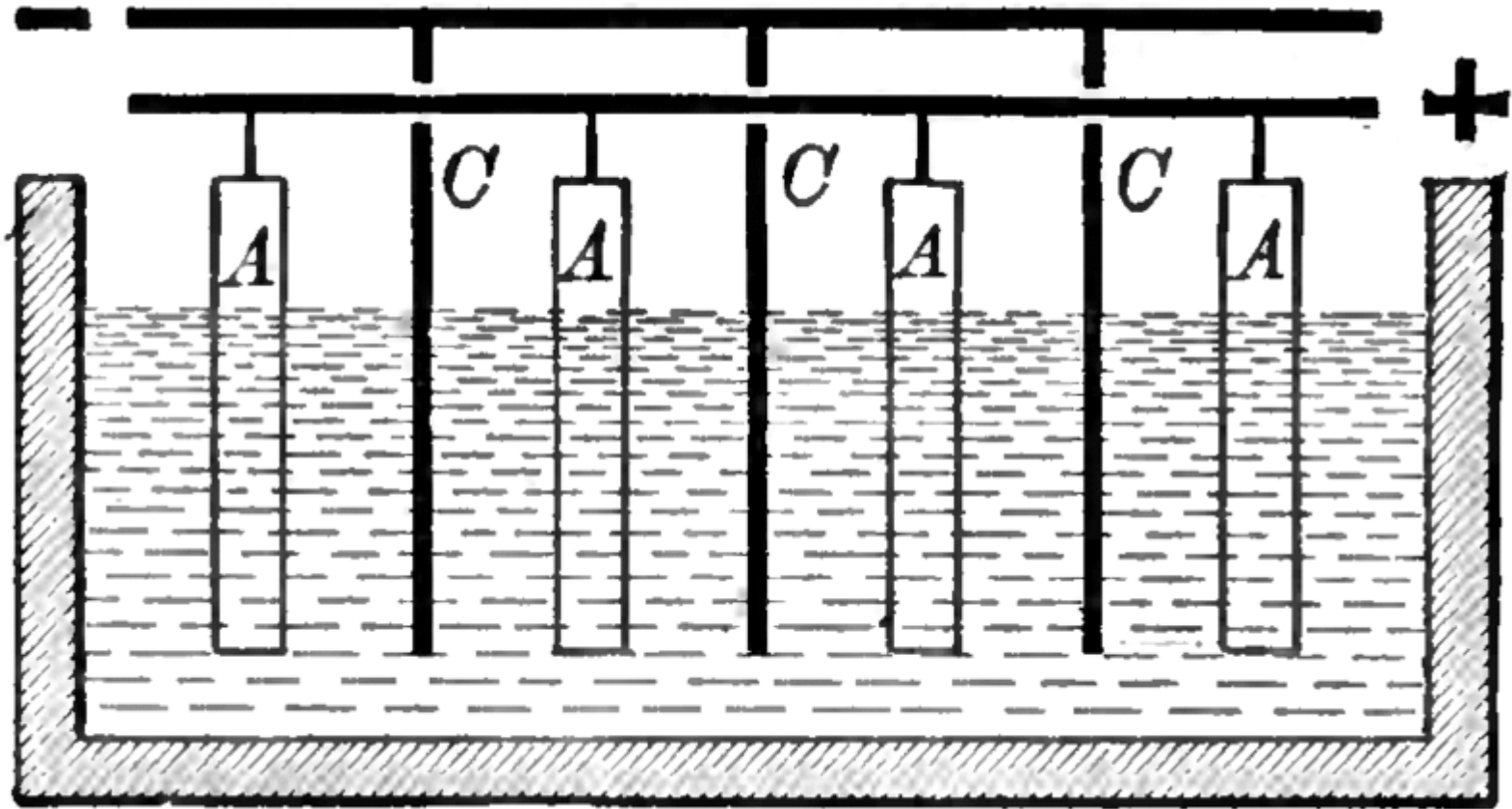


Ghisa grezza: 4.5% C; 1.7% Mn; 0.3% P; 0.04% S; 1% Si

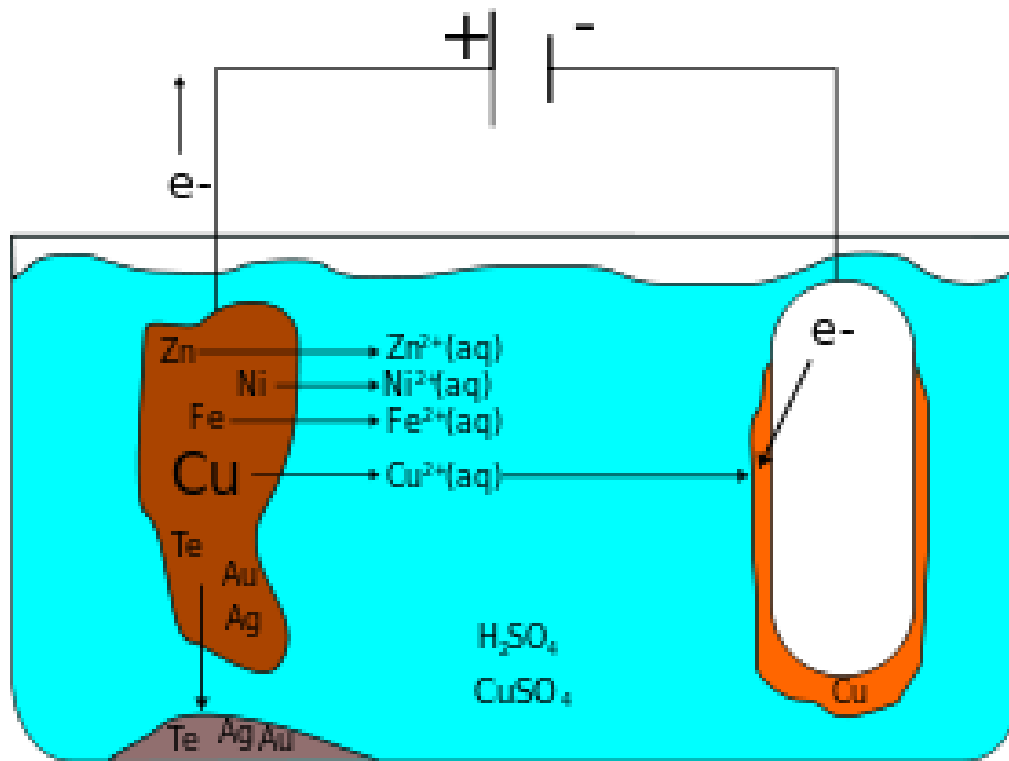
Processo idrometallurgico per l'estrazione dell'oro



Raffinazione elettrolitica del rame



0.2–0.3 V, 10.000 – 20.000 A



Fanghi anodici