M.E.T.A.L

Metallurgy in clean **E**nergy, industrial **T**echnologies and **A**rchaeology **L**abs

UniGe | DCCI



Quando il fuoco cambiò il mondo

Paolo Piccardo



...questa storia comincia prima
prima di ogni cosa
prima di ogni memoria
prima che la chimica fosse
prima che elementi e reazioni fossero compresi
per questo è l'inizio
il vero inizio di ogni esperienza chimica umana
porta direttamente al mito di un titano ribelle
sfidò gli dei dell'Olimpo per il bene di piccoli esseri
radice e origine di quello che siamo
non tutte le scoperte avvengono per caso
portano il bene e il male
esserne consapevoli ci rende responsabili...

Prometeo! Che cosa hai fatto?! (Zeus)





La storia del fuoco

- **1 milione di anni fa:** Le prime evidenze sull'uso consapevole del fuoco
- **400'000 anni fa:** gestione del fuoco a livello quotidiano
- **Homo erectus** e altre fasi evolutive
- **64'000 a.C., Spagna:** prime pitture rupestri ancestrali (interazione con materiali colorati) da parte dei Neanderthal
- **28'000 a.C., Tardo Paleolitico, Villaggio preistorico di Brno (Rep. Ceca):** statuette in terracotta di una figura femminile, dettal la venere di Dolní Věstonice
- **18-17'000 a.C. Caverne di Xianrendong e di Yuchanyan (Cina meridionale):** cottura dell'argilla per produrre vasi rudimentali (paleolitico)
- **14'500 a.C. Giappone (cultura Jōmon):** Produzione di forni per cottura di vasellame e terrecotte

Primo uso dei metalli (rame, oro) ca. 9000 a.C.
Medio Oriente (Anatolia, Mesopotamia), Urali, Balcani
Rame nativo, lavorato a freddo per fare piccoli strumenti, perle, ornamenti

Dal Fuoco alla metallurgia: il potere del Demiurgo

- **9000 a.C.** → Rame Nativo e Oro Nativo (lavorati a freddo, probabili prime esperienze di fusione e ricottura)
- **5000 a.C.** → Estrazione del rame dai minerali tramite riduzione
- **3300 a.C.** → Età del Bronzo
- **3400-3200 a.C.** Sumeri → primo testo scritto sui metalli
- **1200 a.C.** → Età del Ferro



Cosa ci racconta la mitologia?

- Diverse civiltà antiche correlarono **materiali, oggetti, sostanze** e **figure divine**
- **Dività governano l'estrazione, la trasformazione della materia e rendono sacri i poteri attribuiti ai materiali** siano essi il metallo, la pietra, l'argilla, il legno o il vetro
- Le tecnologie materiali erano vicine alle religioni, al potere temporale e alla cosmologia



UniGe
DCCI

Attraverso culture, paesi e civilità

Mesopotamia

- **Enki (Ea)** – Dio degli artigiani, della creazione, della conoscienza e dei materiali
- **Nuska** – Dio associato al fuoco
- **Gibil (Girra)** – Dio del fuoco e della metallurgia; fuoco come fonte di trasformazione e purificazione
- **Ishtar / Inanna** (Mesopotamia) – Dea della bellezza, della sessualità, della morte, della prima metallurgia

Cina

- **Wu Xing (Le cinque fasi)** – Legno, fuoco, terra, metallo, acqua uniti in un processo dinamico
- **Tradizioni taoiste** I materiali sono esseri alchemici immortali

Antico Egitto

- **Ptah** – Dio degli artigiani, dei costruttori, della pietra, della metallurgia; diede forma al pianeta tramite pensiero e parola
- **Khnum** – Vasaio divino che creò gli umani dall'argilla
- **Hathor** – Legato al turchese, alla malachite, all'oro e alle miniere

Culture Pre-Colombiane

- **Maya**: La Giada è associate alla vita
- **Aztechi**: **Xipe Totec** – Metallurgia e trasformazione
- **Aztechi**: **Tezcatlipoca** – L'Ossidiana (il vetro vulcanico) è legata al fato e alla forza
- **Inca**: Oro = della stessa materia del sole (Inti), Argento = della luna

UniGe

DCCI

Attraverso culture, paesi, civiltà

Grecia antica

- **Efesto** – Dio della metallurgia, del fuoco, della forgia
- **Atena** – legata al mondo artigiano e rurale

Romani

- **Vulcano** – Fuoco, metallurgia, estrazione
- **Minerva** – Creazioni, materiali applicati, tecnologia
- **Tellus** – Terra e materia grezza

Tradizioni Indiane (Veda & Hindu)

- **Agni** – Fuoco; Agente fondamentale della trasformazione
- **Tvastar** – Fabbro divino, associato alla creazione
- **Vishvakarma** – Architetto degli dei; signore dei materiali







UniGe
DCCI

Il metallo è vivo !

Dall’esperienza empirica:

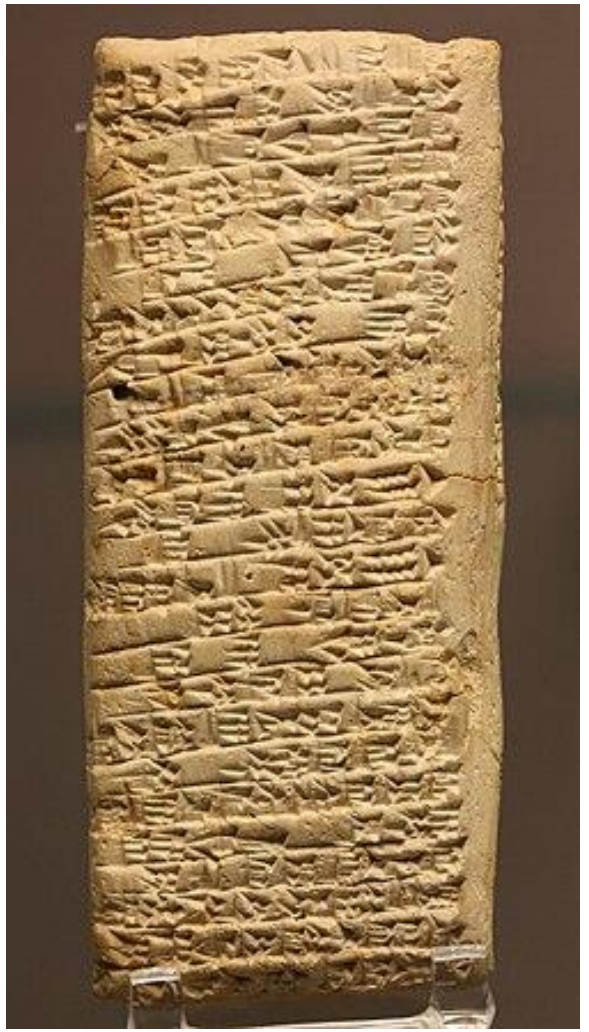
- Estrazione e corrosione: ossido all’ossido (la stabilità è un’illusione)
- Transizione fuso-solido
- Modifiche indotte da alligazione e trattamenti termomeccanici
- Colore e informazioni
- Crisi energetiche e combustibile



UniGe
DCCI

La prima lettera di protesta per la qualità della merce

Di' a Ea-nasir-chan: Nanni manda il seguente messaggio: Quando sei venuto, mi hai detto così: "Darò a Gimil-Sin (quando verrà) lingotti di rame di buona qualità". Sei andato via, ma non hai fatto quello che mi hai promesso. Hai messo lingotti che non erano buoni davanti al mio messaggero (Sit-Sin) e hai detto: "Se vuoi prenderli, prendili; se non vuoi prenderli, vai via!" Per cosa mi prendi, visto che mi tratti con tale disprezzo? Ho inviato come messaggeri gentiluomini come noi stessi per raccogliere la borsa con i miei soldi (depositati da te) ma mi hai trattato con disprezzo rimandandoli a me a mani vuote più volte, e questo attraverso territorio nemico. C'è qualcuno tra i mercanti che commerciano con Termun che mi ha trattato in questo modo? Solo tu tratti il mio messaggero con disprezzo! A causa di quella (unica) mina d'argento che ti devo (?), ti senti libero di parlare in questo modo, mentre ho dato al palazzo a tuo nome 1.080 libbre di rame, e Šumi-abum ha dato allo stesso modo 1.080 libbre di rame, a parte quello che entrambi abbiamo fatto scrivere su una tavoletta sigillata da conservare nel tempio di Shamash. Come mi hai trattato per quel rame? Mi hai trattenuto la borsa dei miei soldi in territorio nemico; ora tocca a te restituirmi (i miei soldi) per intero. Sappi che (da ora in poi) non accetterò qui alcun rame da te che non sia di buona qualità. Io (da ora in poi) selezionerò e prenderò i lingotti individualmente nel mio cortile, e eserciterò contro di te il mio diritto di rifiuto perché mi hai trattato con disprezzo.



Da Nanni a Ea-nāṣir 1750 a.C.

UniGe
DCCI

Colore, Percezione e qualità del metallo

- **Il gusto cromatico è parte intrinseca della natura umana**:
  - Fin dalla preistoria i colori hanno un ruolo chiave per estetica e per il sacro
  - Servono come **simbolismo**, **identità**, **rituali e autodefinizione**
- **Il Bronzo e il suo colore sono percezione della Qualità**
  - Nel mondo antico il colore del bronzo non era solo estetico
  - Era il solo modo per percepire composizione e qualità
- Da qui la domanda: **Come si controlla la qualità durante la produzione?**



UniGe
DCCI

Controllo della qualità senza strumentazione

Metallurgia è

- Controllo della temperatura
- Controllo dell’atmosfera
- Controllo del tempo

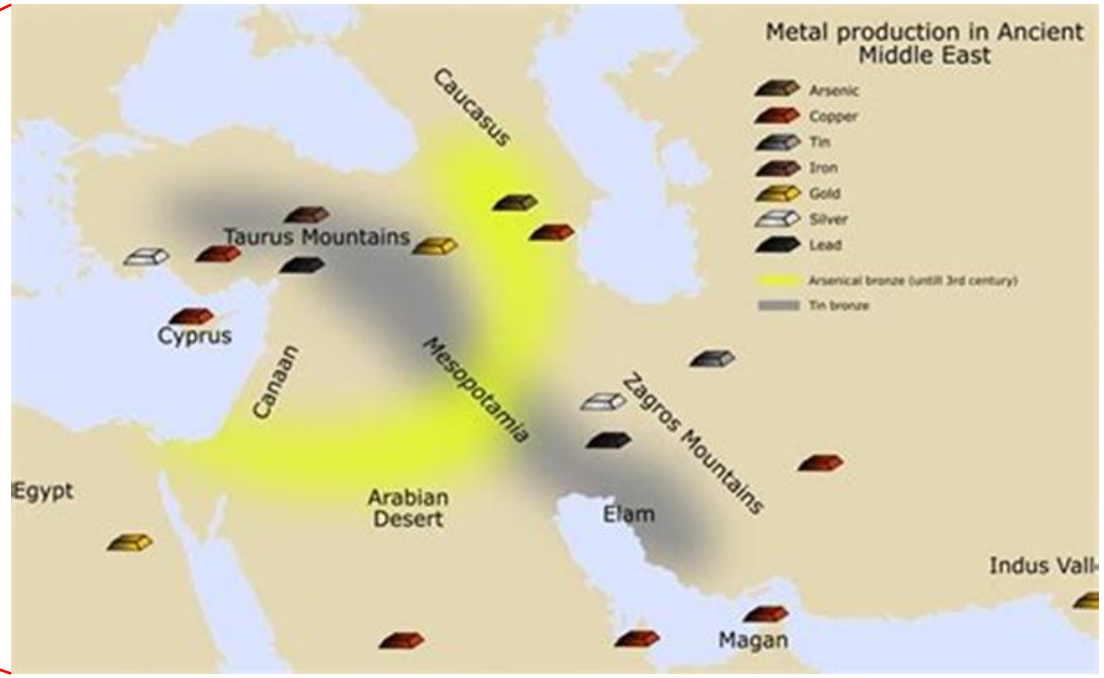
Puro empirismo!!!



UniGe
DCCI

Da Est a Ovest attraverso l'Eurasia

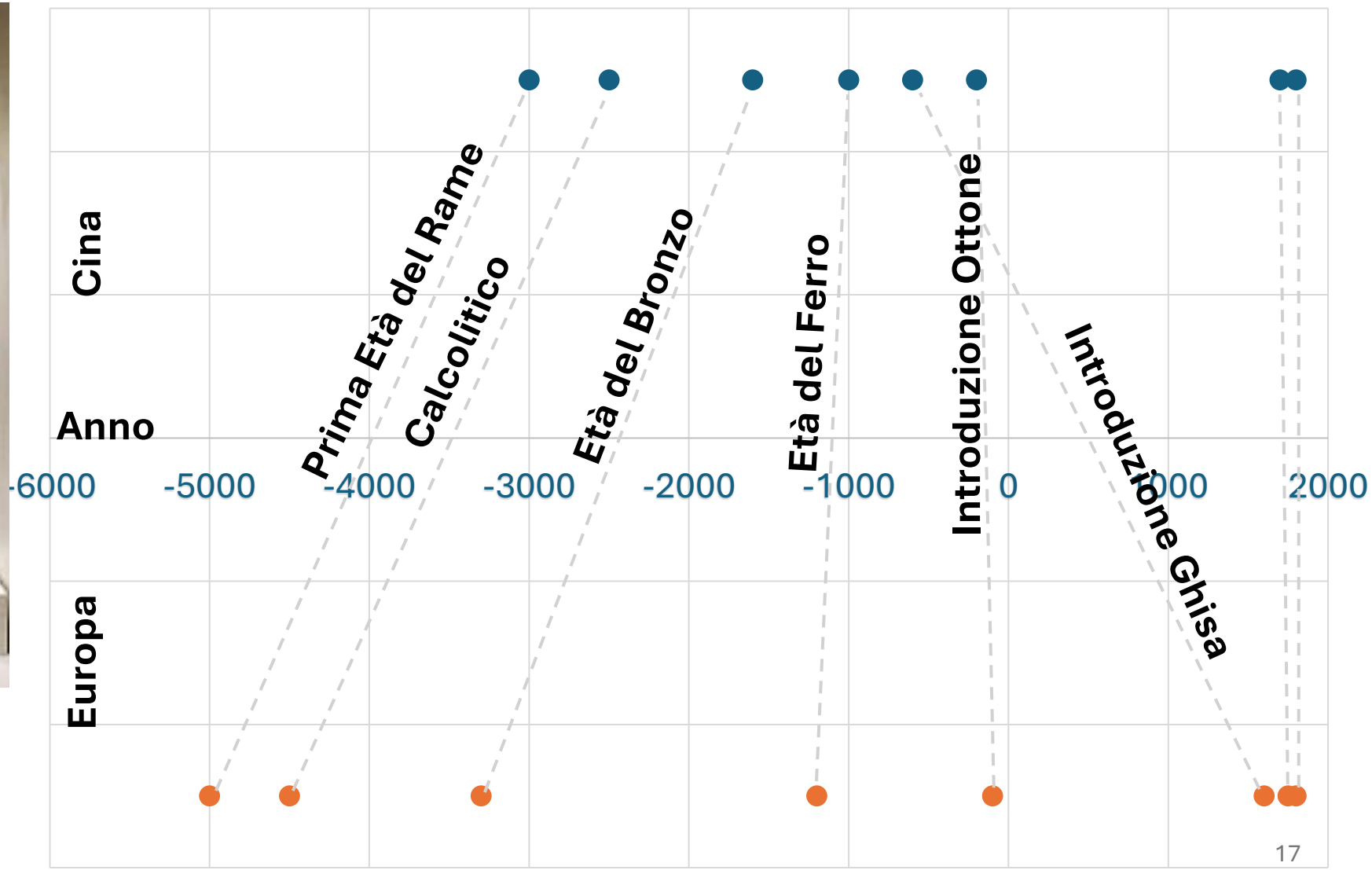




UniGe
DCCI

Da Est a Ovest attraverso l'Eurasia





UniGe
DCCI

L’ottone prima della scoperta dello zinco

(Cu-Zn): Orichalcum o Ottone?

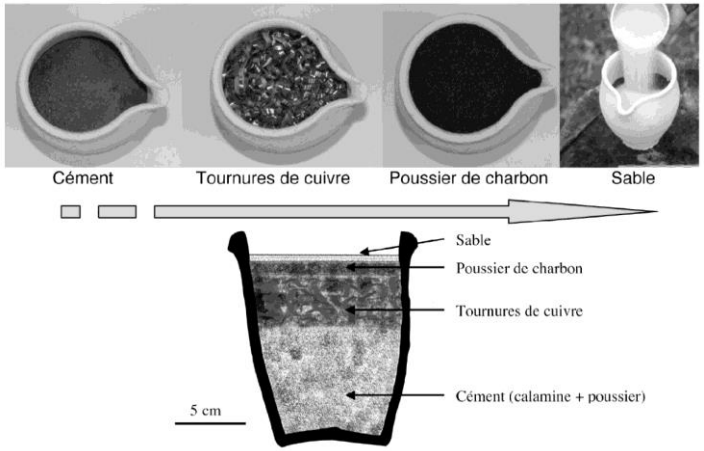
Dal Greco antico:

•**ὀρείχαλκος (oreíchalkos)**

ovvero:

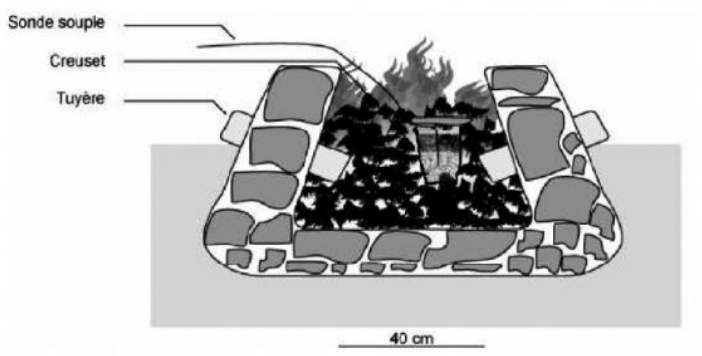
- **ὄρος (óros)** = *montagna*
- **χαλκός (chalkós)** = rame

Noto ai Greci ma ufficialmente inventato dai Romani nel I a.C.





Zinco: elementi **identifico e separato** in India, ~XIII- XIV AD





UniGe
DCCI

https://doi.org/10.4000/archeosciences.107

Evoluzione metallurgia - Evoluzione sociale

1. Età della Pietra
2. Calcolitico ed Età del Rame
3. Età del Bronzo
4. Età del Ferro
5. Introduzione della Ghisa
6. Prima e Seconda rivoluzione industriale
7. L'attuale Età dei Materiali

1. Nascita delle reti di scambio e del commercio
2. Prima urbanizzazione
3. Potere militare ed efficienza agricola
4. Creazione degli imperi
5. Infrastrutture, prima meccanizzazione → proto-industrializzazione
6. Ferrovie, grattacieli, navi → connessione globale, crescita urbanistica, economia moderna
7. Aerospaziale, energia, impianti e trapianti medici → tecnocrazia, intelligenza artificiale

UniGe
DCCI

Ghisa

Prima introduzione (Cina, V a.C.)

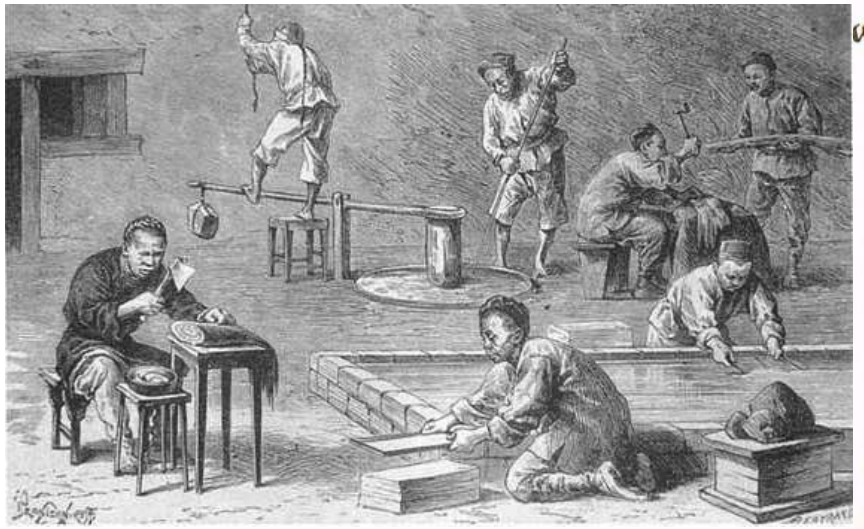
- Applicazioni:
  - **Attrezzi agricoli**
  - **Armi** (punte di freccia e parti di armi)
  - **Pentole** (Vasi e calderoni)
- Vantaggio: **facile da colare in stampo anche per forme complesse**

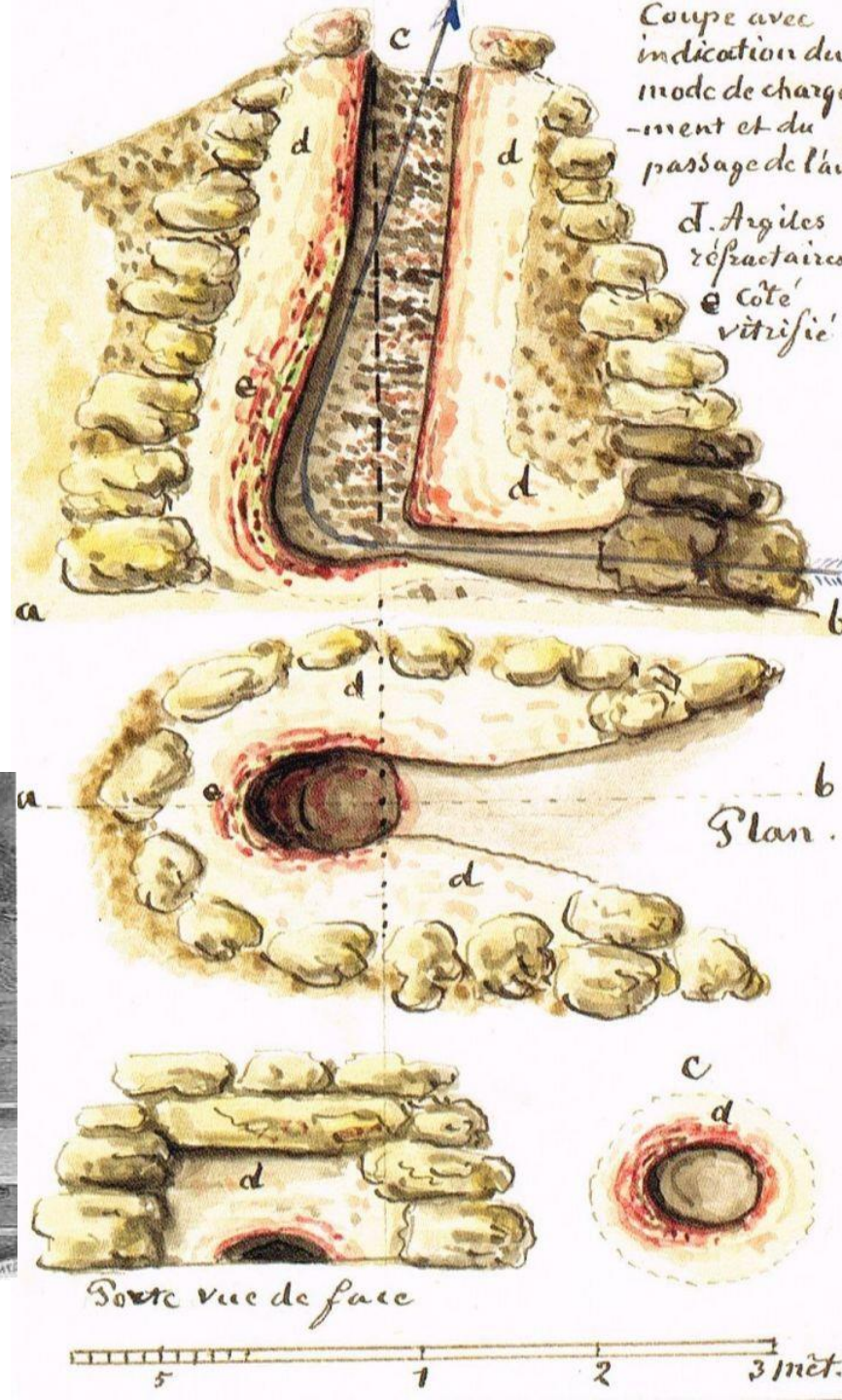
Medioevo Europeo (XIV-XVI)

- Ottenuto tramite **basso fuoco e rudimentali altoforni**
- Usi:
  - **Cannoni e artiglieria**
  - **Piastre per camini e stufe**
- Proprietà: **buona colabilità → ideale per colare oggetti di grandi dimensioni**

Rivoluzione industriale XVII-XVIII

- Crescita grazie all'invenzion del Coke (Darby, 1709)
- **Principali applicazioni:**
- **Tubi per l'acqua** (contributo alle infrastrutture urbane)
- **Componenti di macchine**
- **Decorazioni urbane** (portali)
- Iron Bridge





https://www.marc-grodwohl.com/patrimoine-ethnologique/histoires-forges-2-martinets-du-jura-foret-noire

UniGe
DCCI

L’acciaio dalle origini a oggi (XIV a.C. – XVIII AD)



https://www.researchitaly.it/en/news/meteoric-origin-of-tutankhamun-s-dagger/

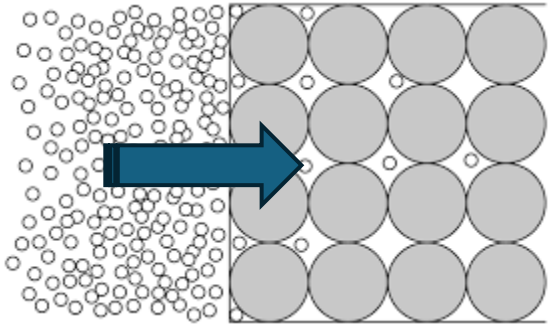
I pugnali di Tutankamon: 1341-1323 a.C. Fe-Ni meteoritico

- Punto di fusione 1535°C
- X a.C. - XVIII AD il carbonio è il solo elemento di lega volontario
- Fosforo, manganese, zolfo, derivano dal processo di riduzione del minerale





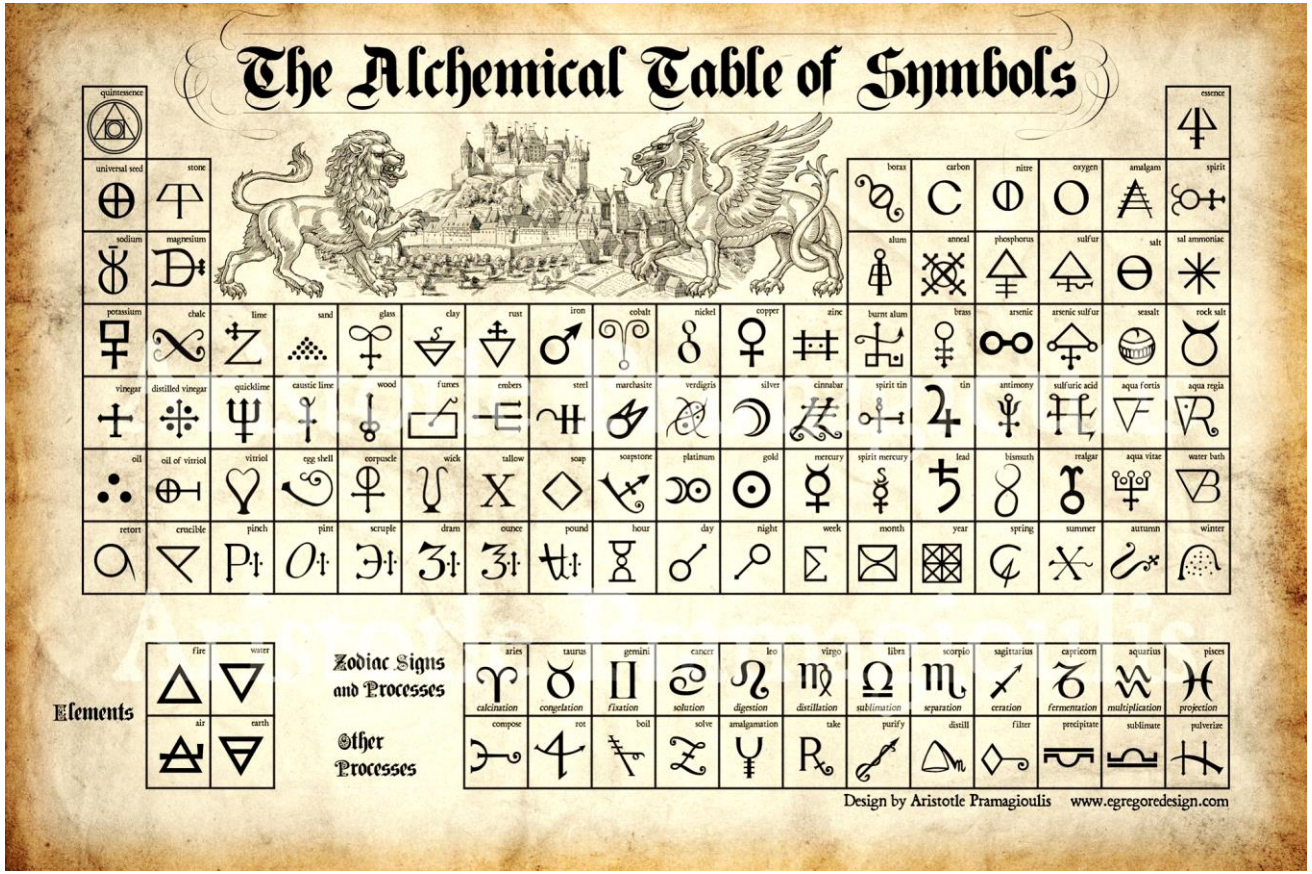
Atomi di carbonio – atomi di ferro



UniGe

DCCI

Alchimisti o primi Chimici?



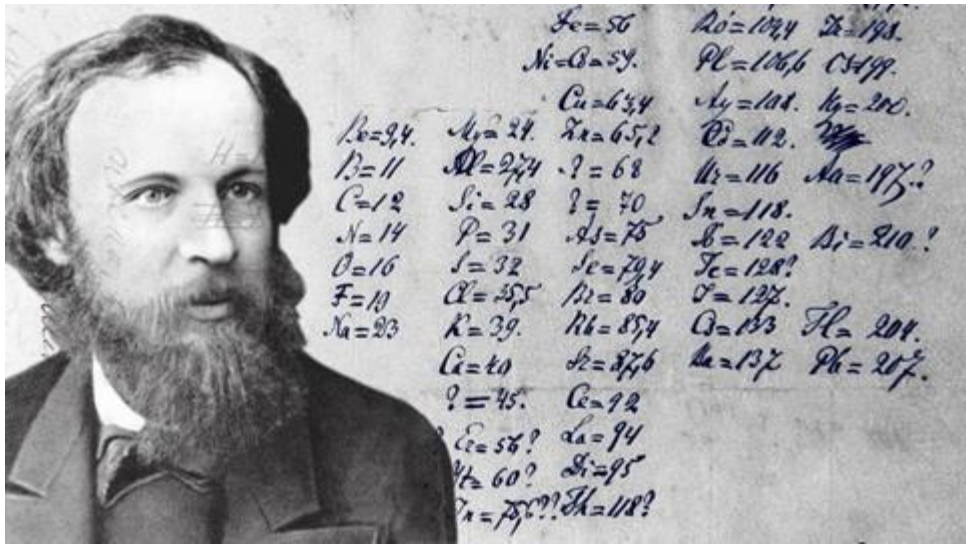


https://commons.wikimedia.org/wiki/File:%27Distillatio%27,_scene_in_an_alchemist_laboratory_Wellcome_M0018149.jpg

UniGe

DCCI

Quanti sono i metalli?

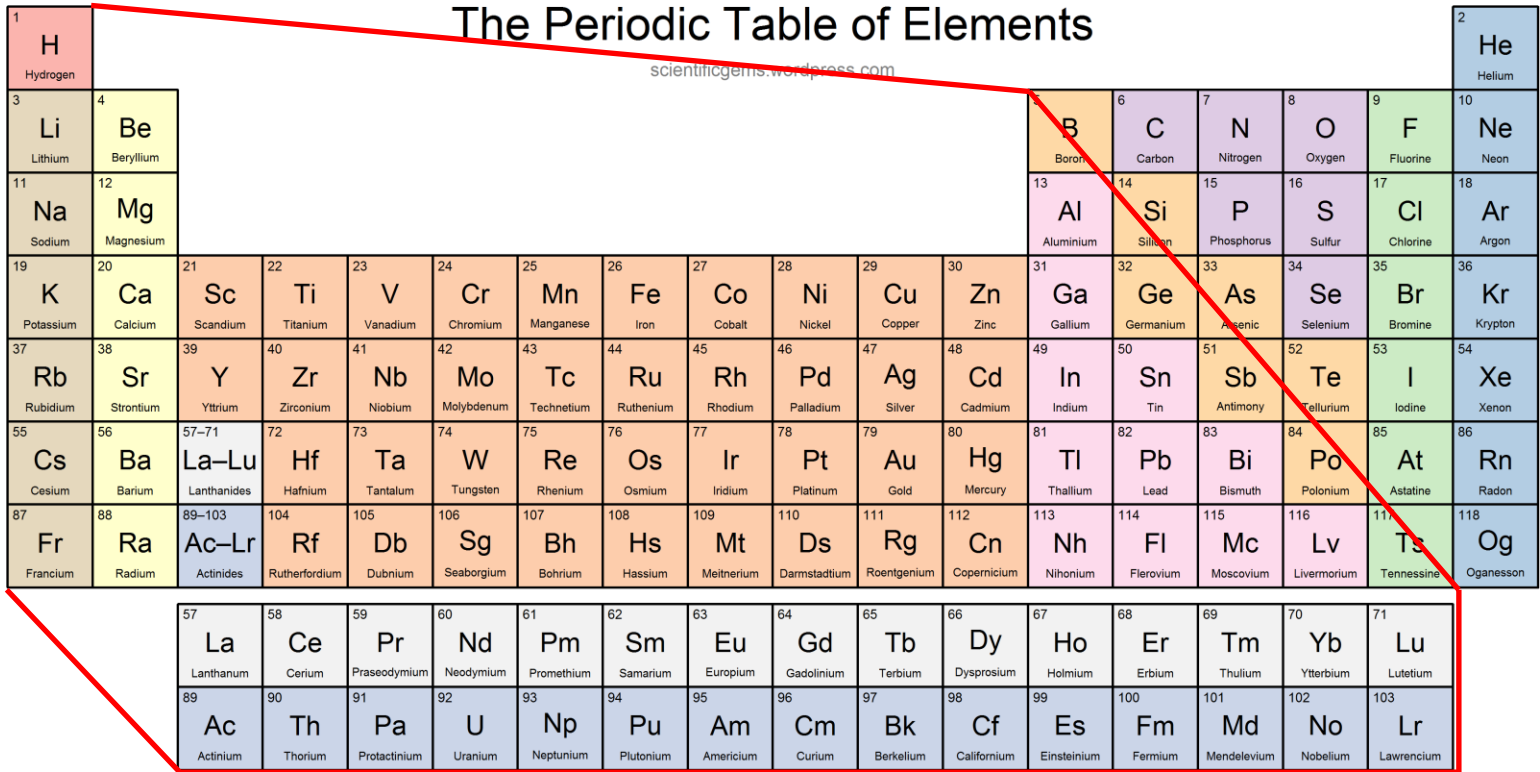


https://www.macplas.it/it/l-invenzione-di-mendeleev-da-sempre-guarda/14289

Oltre 80% degli elementi di cui è composto dell'universo.

Solo 7 hanno definito la storie dell'umanità fino al XIX secolo.

Con gli altri forgiamo il future.



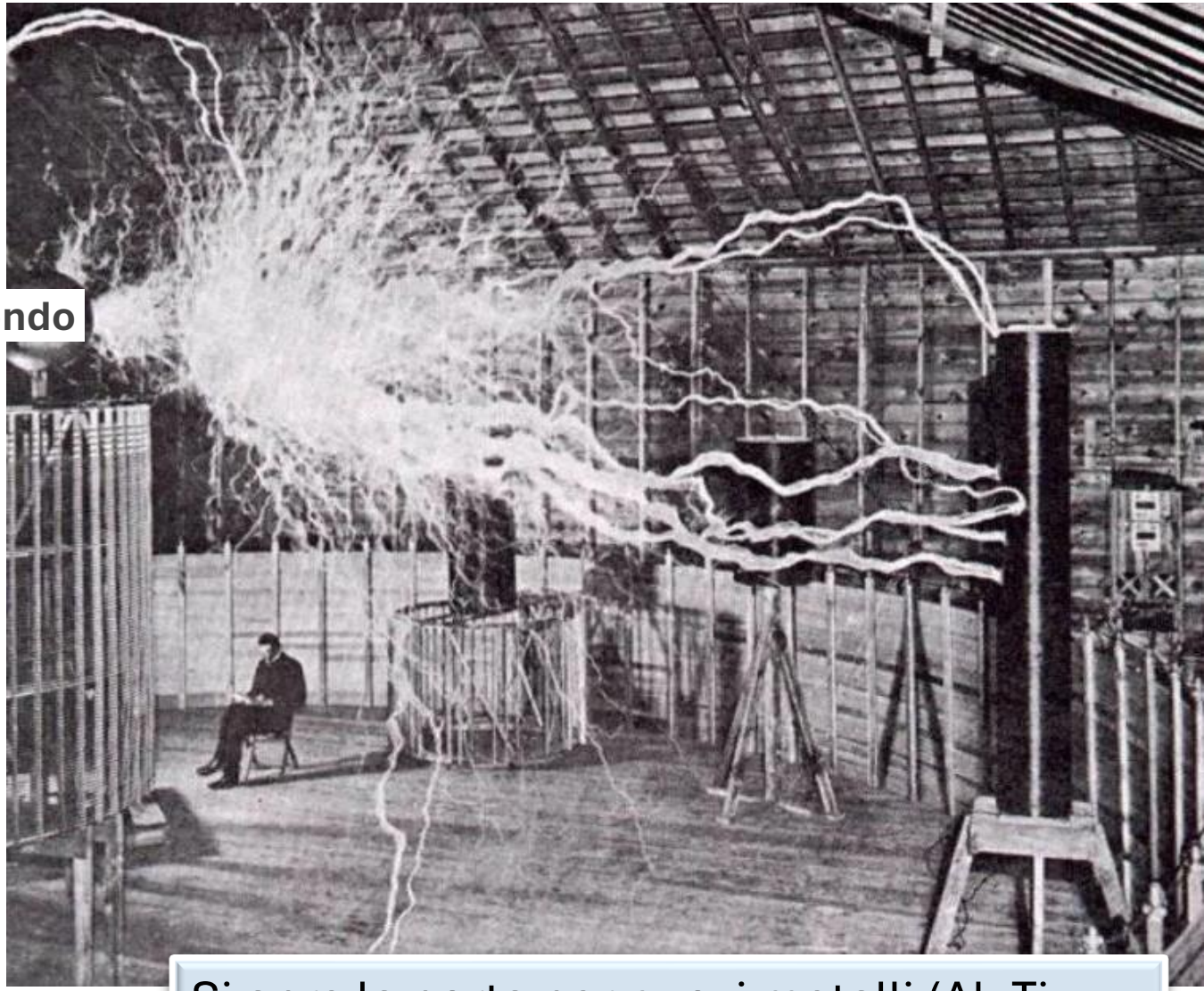
UniGe

DCCI

Nikola Tesla, Prometeo Moderno?

- **Fuoco → Elettricità**
- **Dono divino→ Scoperta scientifica**
- **Potenziamento dell'umanità → Elettrificazione del mondo moderno**

- Contribuì in modo fondamentale all'introduzione dell'**energia elettrica (soprattutto AC)** nell'industria
- Energia accessibile su larga scala
- Promosse una visione di **energia wireless, comunicazione globale, progresso tecnologico come forma di evoluzione**
- **Punito dagli investitori per la sue idee di condivisione**

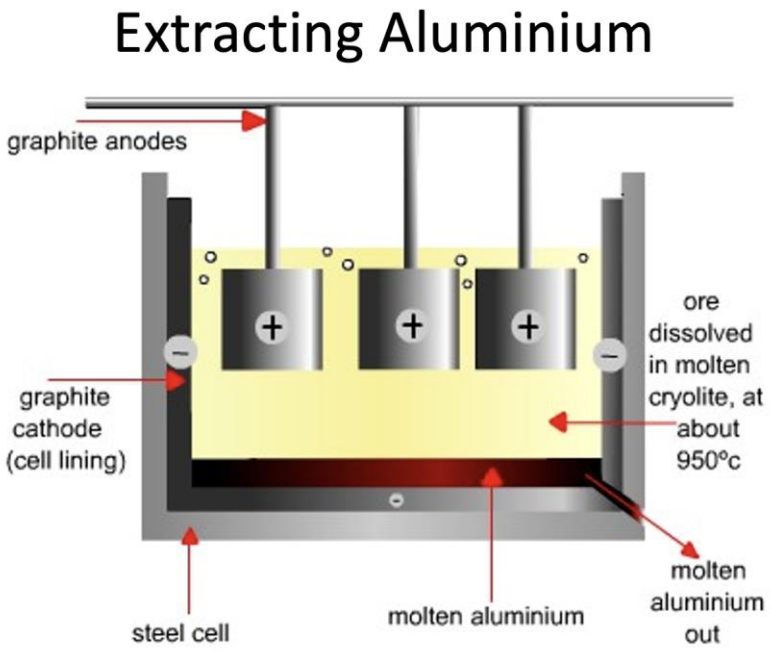


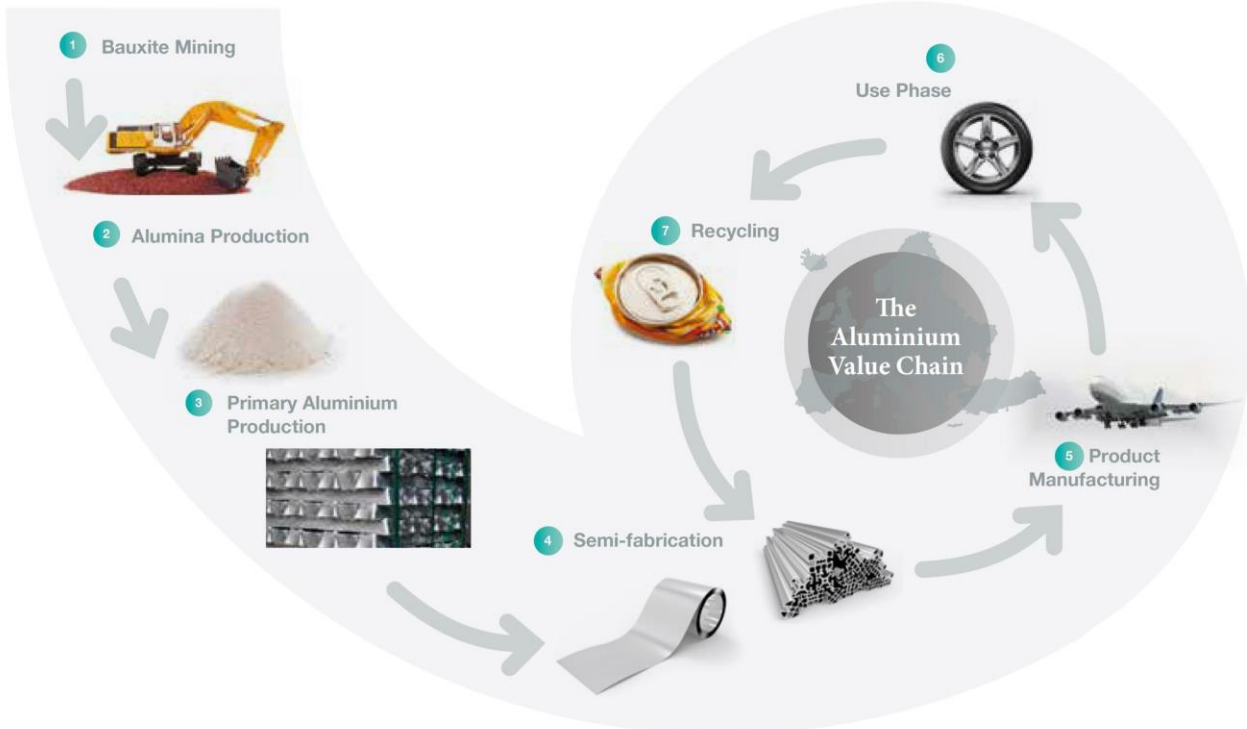
Si apre la porta per nuovi metalli (Al, Ti, Mg) e leghe e per metalli difficili (W, Cr, V)

UniGe
DCCI

L’uso di soluzioni «elettriche» forgiò il destino dell’alluminio da Nobile a Popolare

Metallo scoperto nel 1825 dal fisico danese Hans Christian Ørsted, con successive contribute del chimico tedesco Friedrich Wöhler.



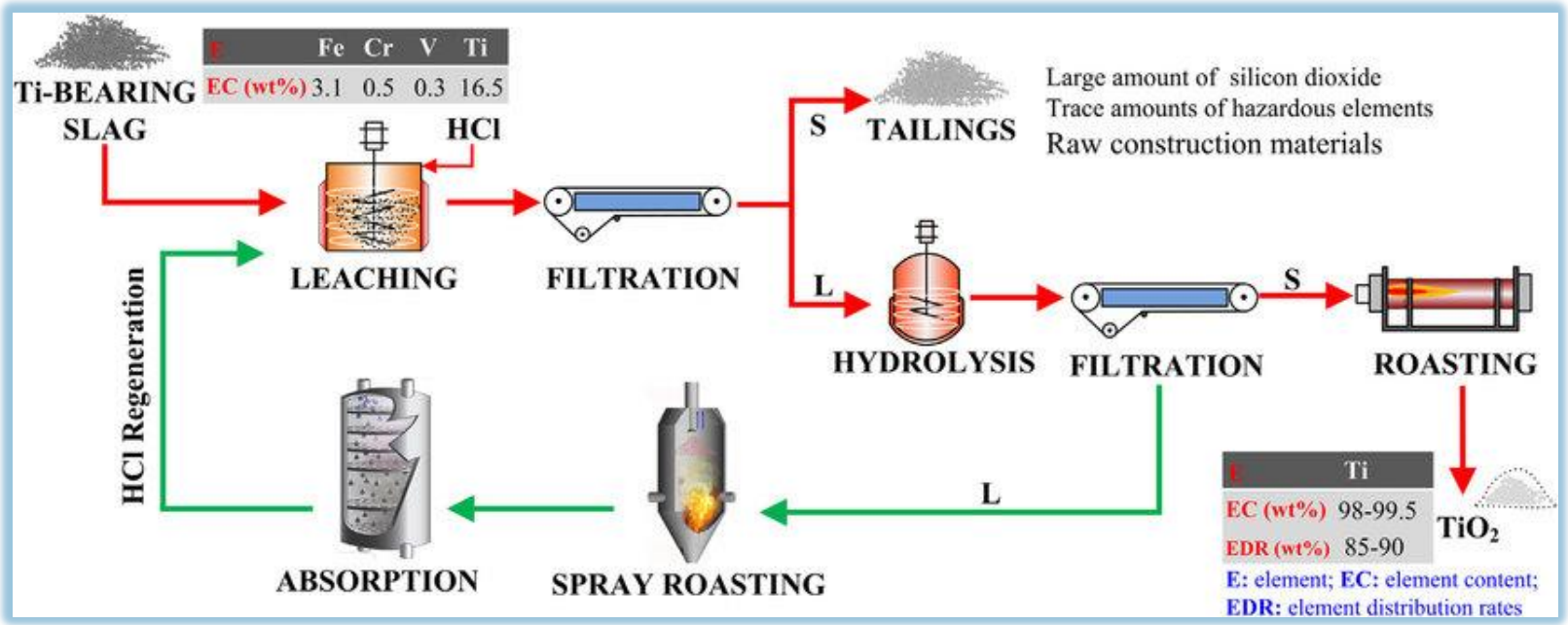


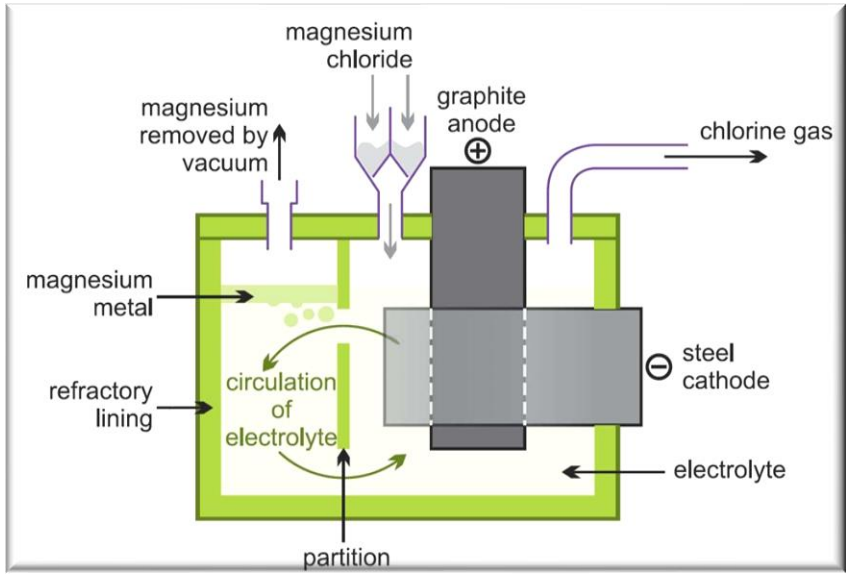
https://www.basystems.co.uk/blog/choosing-a-sustainable-material-in-construct

UniGe
DCCI

Fino al 1855 viene considerato prezioso come l’argento e usato per produrre gioielli e oggetti d’arte. Nel 1855, 12 lingotti di alluminio sono esposti al pubblico per la prima volta durante l’esposizione Universale di Parigi. La stampa saluta l’evento come la fine della “favola dell’argento che viene dall’argilla”.

Titanio e Magnesio









Mg

UniGe
DCCI

Nuove frontiere della metallurgia



Come moderni Prometeo

- Diamo nuova forma alla materia
- Dalle ceneri rinascono eco-materiali

- **Memoria di forma**
- **Superelasticità**
- **Leghe osteointegrabili**
- **Manifattura additiva**
- **Riciclo e riuso**

Per aspera ad astra











UniGe

DCCI

Il Metallo ha memoria

La morfologia dei suoi cristalli e il grado di omogeneità della lega dipendono dalla storia **termomeccanica**.

Colare, lavorare meccanicamente, applicare trattamenti termici, sagomare, utilizzare, abbandonare in ambiente aggressivo lasciano tracce **permanenti**.

Il Metallo è un libro che contiene la propria storia dalla nascita a oggi.

Un patrimonio intangibile:

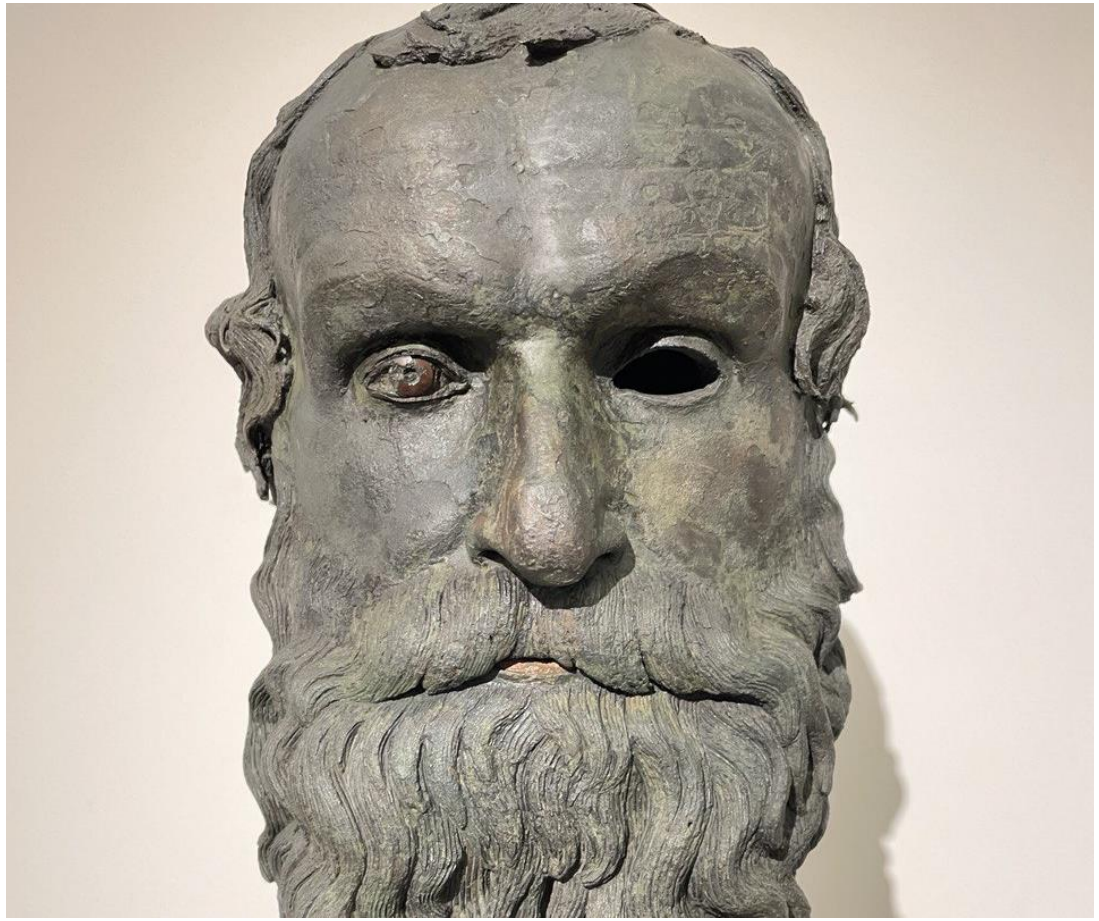
I gesti che anno trasformato il minerale in metallo e il metallo in lega e la lega in oggetto sono i passi fondamentali di una rivoluzione tecnologica ancora in corso.

Capire i metalli significa:

Avere una traccia dell'evoluzione dove:

- **ciò che è immateriale e invisibile e l'aspetto più prezioso**

Thank you



paolo.piccardo@unige.it

Gruppo di ricerca M.E.T.A.L.

Dipartimento di Chimica e Chimica Industriale

Università di Genova

Ringraziamenti
Prof. Roberto Spotorno
Tutti i membri del gruppo di ricerca dagli studenti ai ricercatori



UniGe
DCCI