

# GEOCHIMICA ED ARCHEOLOGIA

Prof. Gianluca Sottili

AA 2022-23

# Gianluca Sottili



Professore Associato GEO/08 (Geochemica e Vulcanologia)  
presso il Dipartimento di Scienze della Terra

Ambiti di ricerca archeometrica e geochemica: caratterizzazione dei materiali lapidei e delle malte cementizie in epoca romana, studi sulla provenienza dei materiali vulcanici di interesse archeologico, metodi di datazione e applicazioni della geocronologia a contesti vulcanici. Applicazioni della geochemica isotopica. Studio delle ceramiche dell'età del Bronzo. Applicazioni geochemiche allo studio delle ceramiche di epoca romana.

Attività di revisore scientifico: Acta Geodaetica et Geophysica (Springer) , Annals of Geophysics, Archaeometry (Wiley), Bulletin of Volcanology (Springer-Verlag), Geology (Geological Society of America), Global and Planetary Change (Elsevier), Interpretation (SEG - Society of Exploration Geophysicists), Journal of Volcanology and Geothermal Research (Elsevier) ,Lithos (Elsevier), Nature Geoscience, Periodico di Mineralogia, Scientific Reports – Nature, Solid Earth (EGU) , Terra Nova (Wiley)



## GARANTE DEGLI STUDENTI DELLA FACOLTÀ

Prof.ssa [Condello Emma](#)

Il Garante degli studenti per la Facoltà ha il compito di agevolare un rapporto corretto ed efficiente tra gli studenti e la Facoltà, intesa come corpo docente e amministrativo e come somma dei servizi erogati. Il Garante accoglie e vaglia segnalazioni, reclami, osservazioni, proposte avanzate da studenti in relazione al diritto allo studio e ai vari aspetti della loro condizione di studenti nella Facoltà e nell'Ateneo; opera accertamenti sulle disfunzioni o situazioni specifiche segnalate, e riferisce al Preside per i provvedimenti che si rendano necessari. Oltre al Preside della Facoltà, sono referenti del Garante il Prorettore per il diritto allo studio e il Garante di Ateneo degli studenti, ai quali fare riferimento per problematiche di interesse e soluzione generali.

Il Garante non accoglie segnalazioni anonime, ma garantisce agli studenti che lo richiedano l'anonimato della segnalazione e la garanzia di riservatezza su qualsiasi elemento che, oltre al nome, possa identificarli.

Il Garante riceve nel suo studio che si trova al II piano dell'edificio centrale della Facoltà, presso il Dipartimento di Storia, Antropologia, Religioni, Arte, Spettacolo - Sezione di Storia Medievale e Paleografia, stanza n. 6; lo studio può essere raggiunto da studenti disabili tramite ascensore.

# Il sito e-learning del corso di Geochimica e Archeologia



Italiano (it)

## Geochimica e Archeologia

Home / I miei corsi / Geochimica e Archeologia

### Geochimica e Archeologia



#### PROGRAMMA

La geochimica nelle applicazioni di supporto alla ricerca archeologica. Applicazioni delle analisi degli isotopi stabili in Archeologia: paleoclimatologia, studi di provenienza di minerali, rocce e metalli usati per la realizzazione di manufatti, ricostruzione del pattern alimentare (paleodiete) umano ed animale. La tefrostratigrafia come strumento di supporto all'Archeologia. Metodi di cronologia di interesse in Archeologia. Metodi basati sul decadimento di radioisotopi:  $^{40}\text{Ar}$ - $^{39}\text{Ar}$ ; U-Th-Pb; radiocarbonio, metodi basati sul disequilibrio radioattivo.

Archeometallurgia: oenni storici e finalità. Sfruttamento dei corpi mineralizzati dalla Preistoria all'Età Medievale, principali centri minerari e rotte commerciali. Processi di metallurgia, scorie, leghe metalliche e tecniche di alioazione. Tecniche di lavorazione dei manufatti metallici. Analisi chimica dei manufatti metallici ed applicazione a studi di provenienza.

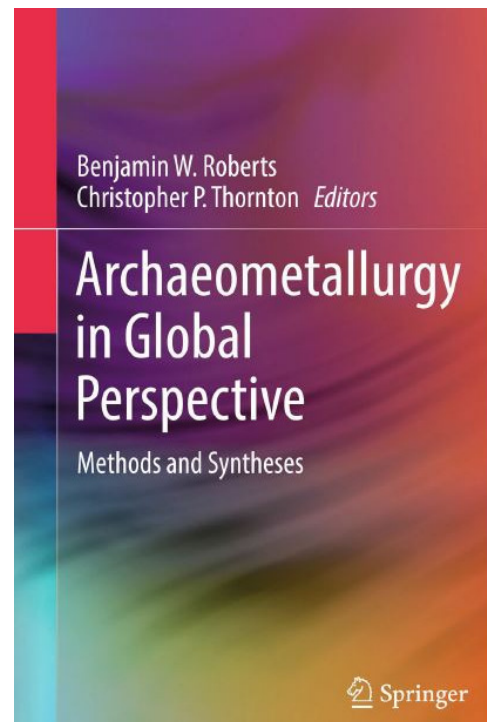
- Programma,
- Lezioni (pdf power point),
- Articoli di rivista trattati a lezione,
- Dispense,
- Comunicazioni su appelli di esame,
- Attività di seminari.

## GEOCHIMICA E ARCHEOLOGIA

### MATERIALE DIDATTICO:

E-learning – file pdf di libri di testo + articoli scientifici

Per approfondimenti specifici: testi integrali in pdf disponibili dal docente



# **GEOCHIMICA E ARCHEOLOGIA**

## **STRUTTURA DEL CORSO:**

### **INTRODUZIONE**

**I MODULO: i metalli**

**II MODULO: dall'argilla alla terracotta**

**III MODULO: la geochimica applicata ai reperti ossei; metodi geocronologici**

### **ATTIVITA' DI LABORATORIO:**

- Rappresentazioni grafiche di dati geochimici e analisi mediante excel.
- Visita ai laboratori microanalitici (Microscopio a scansione elettronica, Microsonda elettronica, Spettrometro di massa).

## **Di cosa si occupa il corso di Geochimica e Archeologia:**

Studio scientifico con analisi di laboratorio e in sito dei materiali di cui i manufatti di interesse storico, archeologico, artistico e architettonico sono costituiti.

Ricostruzione dei contesti naturali dove si sono originati i materiali di interesse archeologico e gli ambienti dove tali beni si sono ritrovati nel tempo.

## **Finalità del corso:**

- Fornire gli strumenti conoscitivi per conoscere, valutare e decidere le metodologie più consone all'acquisizione di informazioni e dati che possono essere ricavati sui diversi tipi di materiali
- Sviluppare una capacità critica nella lettura della letteratura tecnico-scientifica
- Saper valutare, nell'ambito della propria attività scientifica o professionale, il significato e l'affidabilità dei dati ottenuti dall'analisi di manufatti specifici
- Saper interloquire con figure tecnico-scientifiche (ad es. presso laboratori specializzati) che fanno ricorso ad un linguaggio tecnico specifico
- Superare culturalmente e consapevolmente la barriera tra ambiti umanistici e tecnico-scientifici

# PATTO FORMATIVO CON GLI STUDENTI

## **Conoscenza e capacità di comprensione**

Conoscenza delle applicazioni della geochimica allo studio dei materiali, intesi quali materie prime, di origine geologica. Conoscenza delle metodologie analitiche utilizzate per lo studio geochimico dei materiali con particolare riferimento alla produzione della ceramica, dei leganti, delle malte e dei metalli. Conoscenza delle applicazioni della geochimica isotopica alla geocronologia e allo studio di provenienza di manufatti di interesse archeologico e storico-artistico.



# PATTO FORMATIVO CON GLI STUDENTI

## **Capacità applicative**

Gli studenti che abbiano superato l'esame saranno provvisti delle conoscenze base per l'impiego di tecniche analitiche proprie della geochimica finalizzate allo studio di manufatti di interesse archeologico.

Capacità di impostare un progetto di ricerca o un report tecnico-scientifico che comprenda aspetti e applicazioni della geochimica.

## **Abilità nella comunicazione**

Acquisizione dell'uso di competenze e di una terminologia tecnico-scientifica rigorose ed appropriate, specifiche dei campi di applicazione della geochimica. Capacità di impostare studi e ricerche basate su metodi geochimici applicati ai manufatti di interesse archeologico.

# PATTO FORMATIVO CON GLI STUDENTI

## **MODALITA' DI SVOLGIMENTO DELL'ESAME**

### PROVA ORALE:

- Articolo scientifico a scelta dello studente
- le ceramiche
- i metalli
- metodi di datazione
- metodi di analisi geochimiche

## PATTO FORMATIVO CON GLI STUDENTI

### **TRE ESONERI SCRITTI :**

Voto finale sarà la media aritmetica dei tre esoneri (eventuali assenze non fanno media).

Si può accettare il voto finale dato dalla media dei tre esoneri e verbalizzare.

Si può partire dal voto dei tre esoneri al colloquio orale.

Si può accettare il voto di uno o due esoneri e poi trattare all'orale la/le parti eventualmente da integrare.

E (ovviamente) si può affrontare direttamente la prova orale.

# L'IMPRONTA

CULTURA  
UMANISTICA

**LORENZO TOMASIN**

E TECNOLOGIA

Carocci editore  Sfere extra

# DIGITALE



*"Perché Lisippo ti modellò così abbattuto e mescolò al bronzo l'afflizione?" (Gemino)*





“Tutta la palpebra intorno e le ciglia gli arse la vampa della pupilla bruciata: crepitavano nel fuoco le radici, come quando un fabbro grande scure o ascia in acqua fredda immerge per temprarla e quella manda fuori un grande sibilo: questa è appunto la forza del ferro; così strideva l’occhio del mostro intorno al palo d’ulivo.” (Odissea IX, vv.371-394)



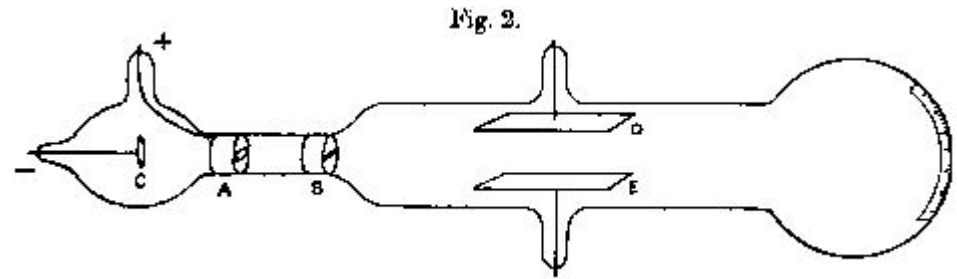
*“Se potessimo suddividere un pezzo di ferro in due parti, poi in due parti ancora e così via fino a ottenere porzioni impalpabili di materia, ci accorgeremmo a un dato punto di non poter procedere oltre. Arriveremmo fatalmente a un limite, rappresentato dall'unità-ferro che non si potrà mai suddividere ancora, perché ogni tipo di sostanza è necessariamente costituita dalla somma delle sue unità elementari.”*

Democrito, V sec. a.C.





Joseph John Thomson  
Premio Nobel per la fisica 1906

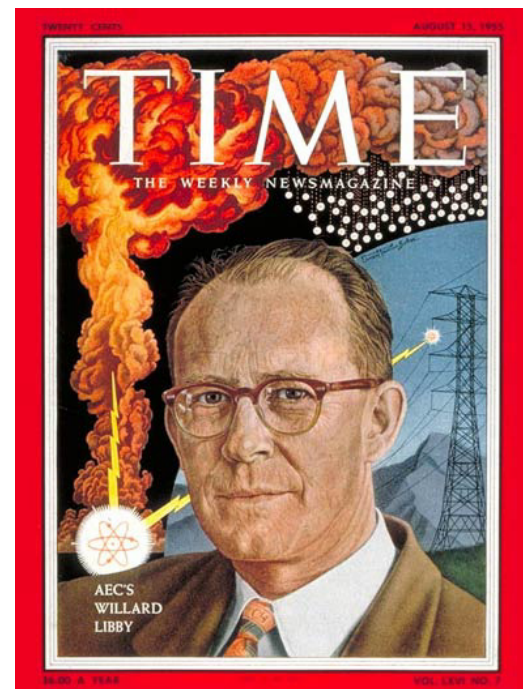


Dallo studio dei raggi catodici Thomson comprese che l'elettrone è una particella subatomica, la prima ad essere scoperta.

Nel 1912 realizzò il primo spettrometro di massa, lo strumento che consentiva di determinare il rapporto tra la massa e la carica degli ioni.

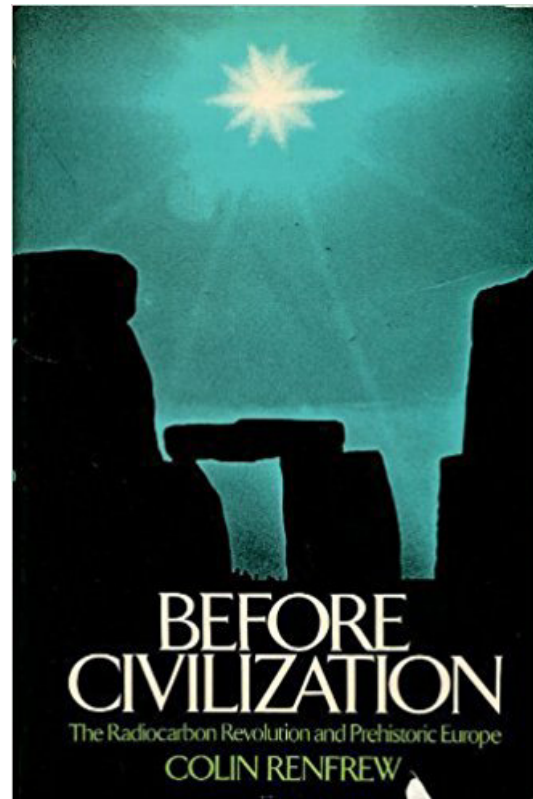
## La geochimica isotopica e la “rivoluzione del radiocarbonio”

Nel 1949 un gruppo di scienziati guidati da Willard Libby (premio Nobel per la Chimica nel 1960) sviluppo la tecnica per le datazioni radiometriche.



Le datazioni radiocarbonio hanno rivoluzionato lo studio della preistoria.

Prima che divenisse una tecnica accessibile, le datazioni erano basate fondamentalmente su due tecniche: i cambi nella forma dei manufatti nel tempo e, occasionalmente, la presenza di manufatti in contesti cronologicamente noti (ad es. il rinvenimento delle ceramiche micenee in Egitto, in contesti datati grazie a delle iscrizioni).



## 1 Introduction

The study of prehistory today is in a state of crisis. Archaeologists all over the world have realized that much of prehistory, as written in the existing textbooks, is inadequate: some of it quite simply wrong. A

Era ampiamente accettato che i monumenti megalitici dell'Europa occidentale fossero imitazioni dei monumenti egizi o del Vicino Oriente (ipotesi diffusionista).

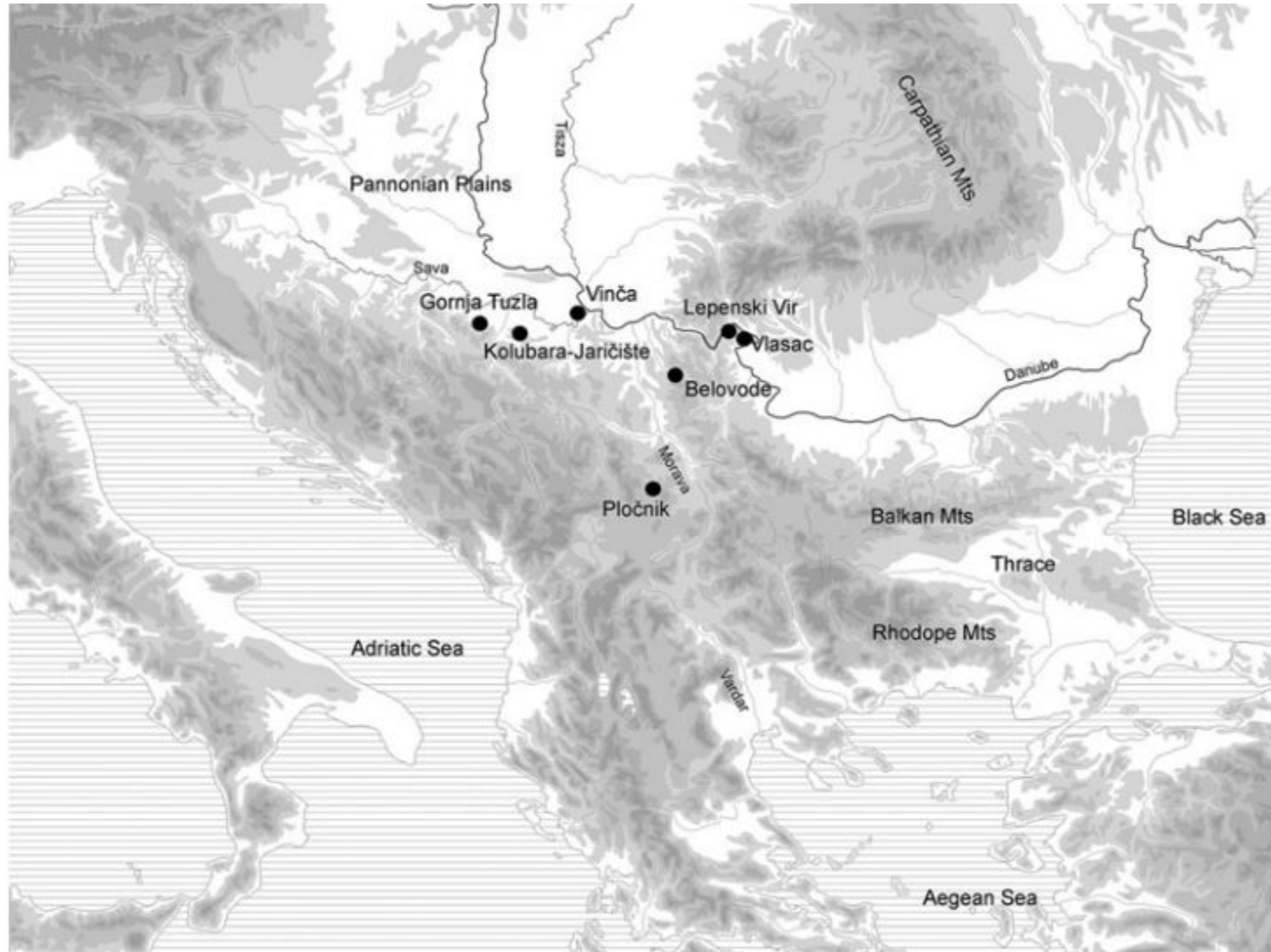


Templi di Ggantija (isola di Gozo), 3.600-3.000 a.C.



Piramide di Zoser, 2667–2648 a.C. (terza dinastia)

Le datazioni radiocarbonio hanno dimostrato che molte tombe e templi megalitici preistorici europei sono antecedenti alle piramidi e alle ziggurat.



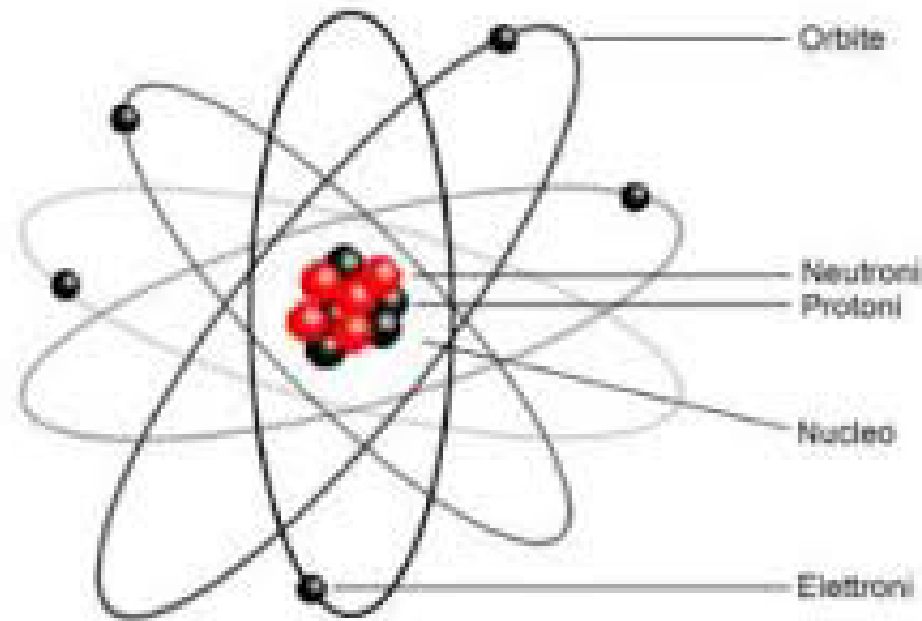
La cultura di Vinča: il più antico esempio noto di metallurgia? (circa 5000 a.C.)

La teoria diffusionista collassò e gli archeologi iniziarono a mettere a fuoco una nuova visione in cui le singole società potessero sviluppare al proprio interno processi di cambiamento e di innovazione tecnologica e sociale (funzionalismo).



# **TEST DI AUTOVALUTAZIONE**

## Il modello atomico di Rutherford (1911)



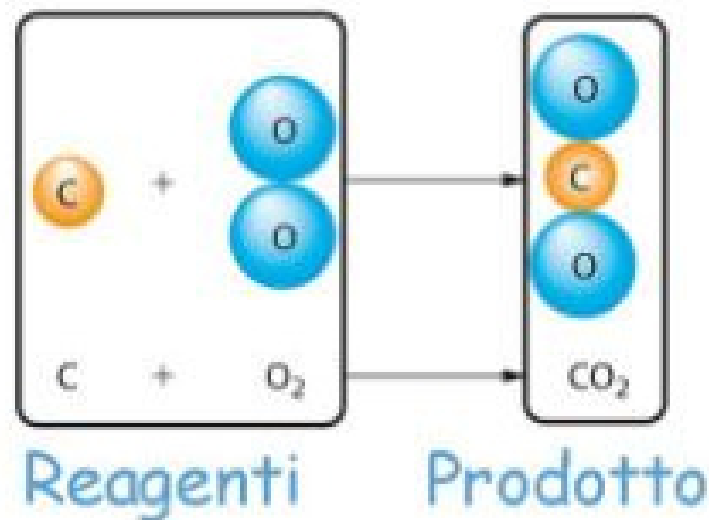
i **protoni** (carichi positivamente) e i **neutroni** (privi di carica) formano il "nucleo" (carico positivamente); protoni e neutroni sono detti quindi "nucleoni";

- gli **elettroni** (carichi negativamente) sono presenti nello stesso numero dei protoni e ruotano attorno al nucleo senza seguire un'orbita precisa (l'elettrone si dice quindi "delocalizzato"), rimanendo confinati all'interno degli **orbitali** (o "livelli energetici").



# Le Reazioni Chimiche

Una **reazione chimica** è un processo in cui partendo da alcune sostanze (**reagenti**) si ottengono sostanze diverse (**prodotti**).



## METALLI

- sono **SOLIDI** a temperatura ambiente
- hanno un **aspetto LUCENTE** (tranne il mercurio),
- sono buoni **CONDUTTORI** di calore ed elettricità,
- sono **DUTTILI** e **MALLEABILI**.

I metalli sono numerosi: più di 80 e fra i più importanti ci sono il ferro, l'alluminio, il rame, l'oro, l'argento, il piombo.

## NON METALLI

- non sono buoni **CONDUTTORI** di calore ed elettricità,
- non sono **DUTTILI** e **MALLEABILI**
- possono essere **SOLIDI, LIQUIDI** o **GASSOSI**

## SEMIMETALLI

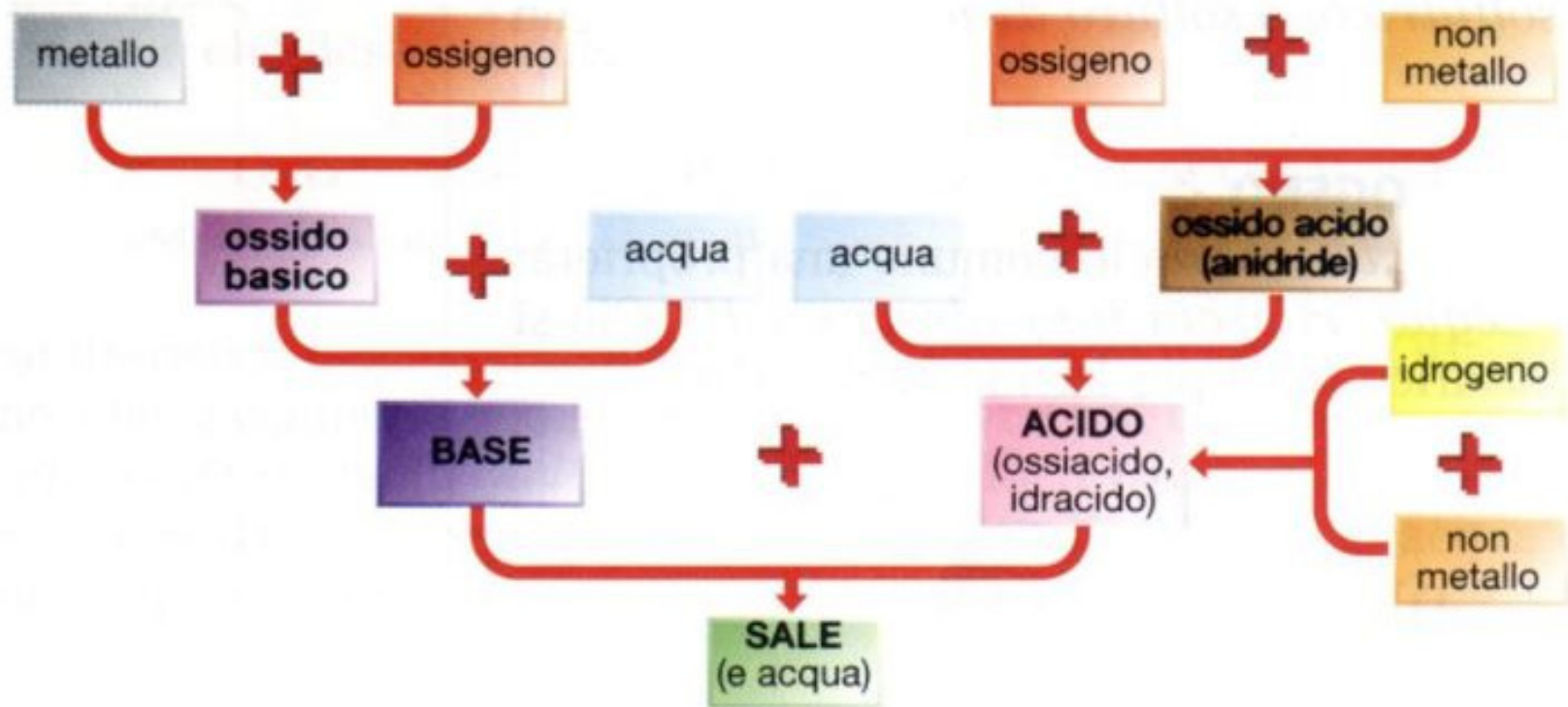
sono in parte **metalli** e in parte **non metalli**; sono anche detti **SEMICONDUTTORI**.

- sono buoni **CONDUTTORI** di **ELETTRICITA'** (caratteristica dei metalli)
- **ISOLANTI** (caratteristica dei non metalli)

Esempi di semimetalli sono l'arsenico e il silicio.

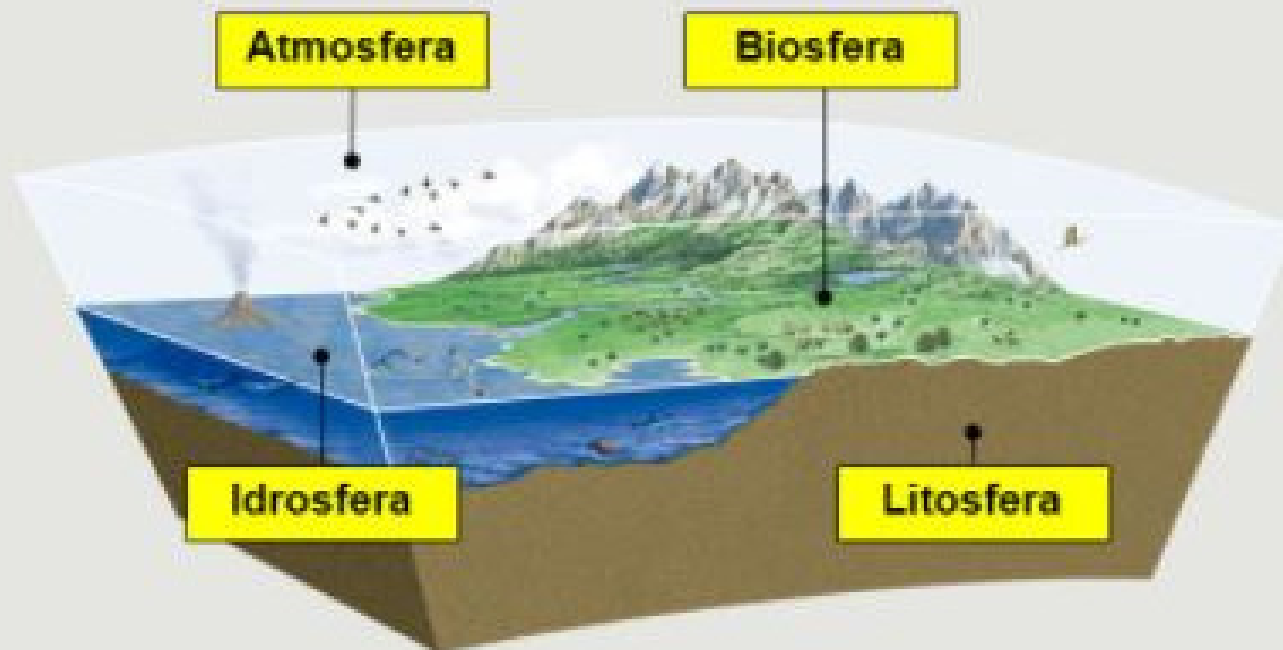
## GAS NOBILI

sono poco presenti nell'atmosfera e sono **INERTI**, cioè non reagiscono a contatto con altri elementi.



L'insieme delle diverse parti del nostro pianeta e le loro reciproche interazioni costituiscono il **sistema Terra**.

La Terra può essere idealmente suddivisa in «**sfere**», in base alla densità dei materiali che la costituiscono.



## Minerali

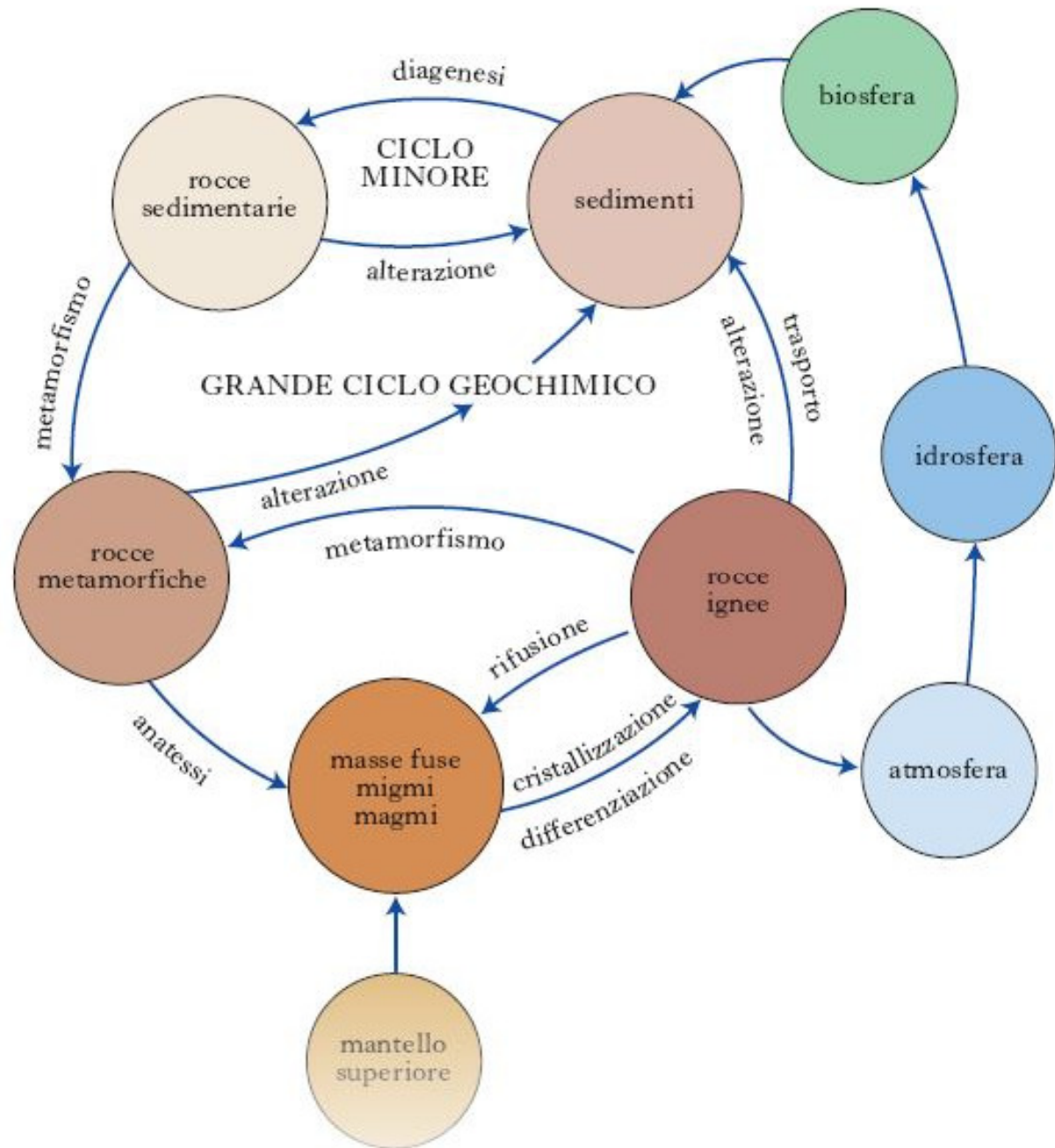
- **Minerali** sono solidi naturali con un elevato ordinamento a scala atomica ed una definita (ma non fissa) composizione chimica.

## Rocce

- **Rocce** sono aggregati naturali di minerali legati tra loro da forze di coesione a carattere permanente e formati tramite uno o più processi geologici.

Ambiente di formazione di diverso tipo:  
magmatico, sedimentario e metamorfico.

MINERALI E ROCCE SONO DUE OGGETTI  
BEN DISTINTI TRA LORO!



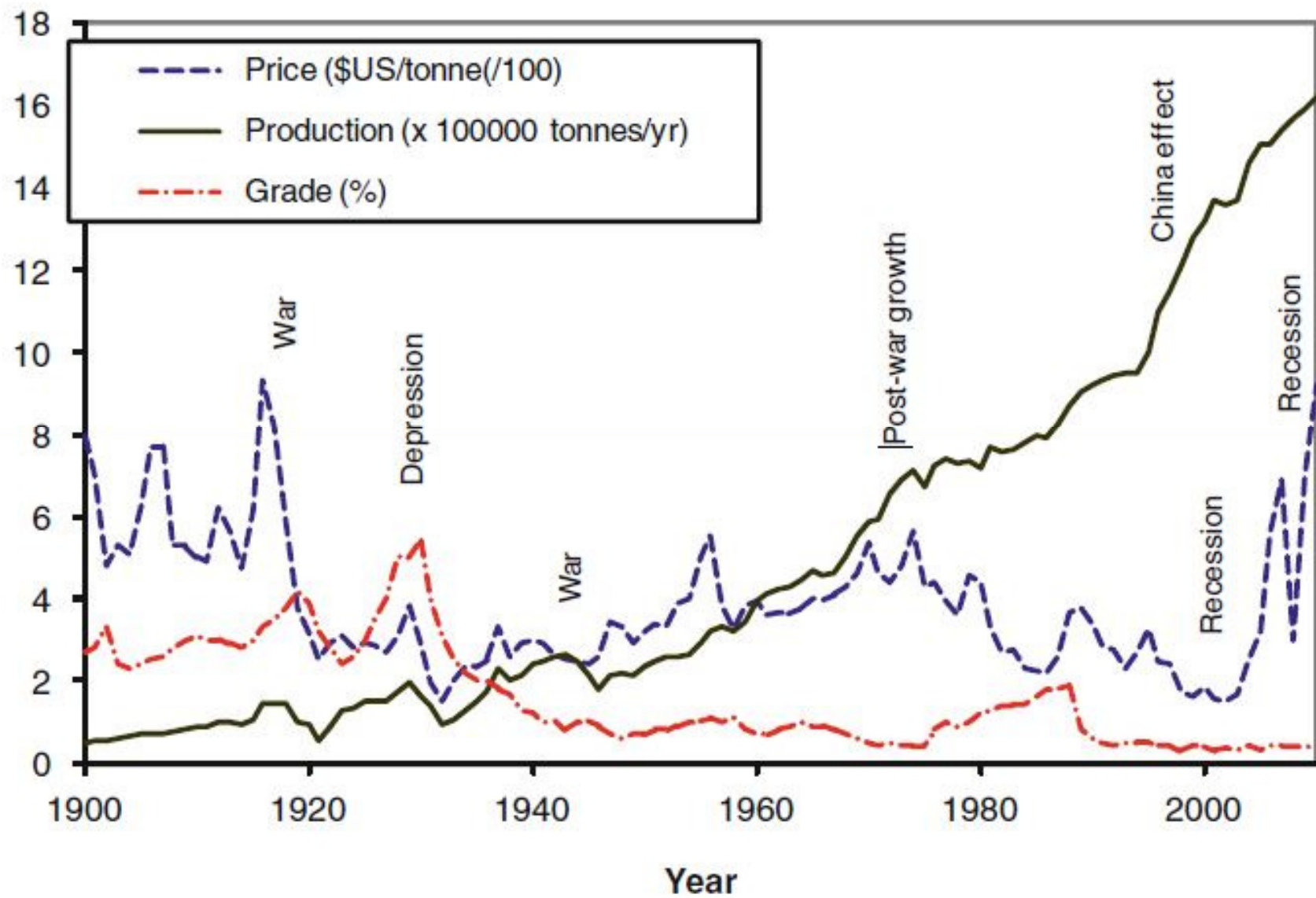


Fig. 1.1 Evolution in the price and production of copper over the past 120 years (statistics from



Minerali di argento



## L'argento nel mondo antico: studi di provenienza



## ■ A glimpse into the Roman finances of the Second Punic War through silver isotopes

F. Albarède<sup>1,2\*</sup>, J. Blichert-Toft<sup>1,2</sup>, M. Rivoal<sup>1</sup>, P. Telouk<sup>1</sup>

1. École Normale Supérieure de Lyon and CNRS, 69007 Lyon, France
- \* Corresponding author (email: [albarede@gmail.com](mailto:albarede@gmail.com); [albarede@ens-lyon.fr](mailto:albarede@ens-lyon.fr))
2. Earth Science Department, Rice University, Houston, TX 77025, USA



Figure 1 The pre-reform (pre-211 BC) *quadrigatus* (top) vs. the post-reform *denarius* (bottom). 'Cr' refers to Crawford's nomenclature (Crawford, 1974).

### Struttura della pubblicazione:

- Title
- Abstract
- Introduction
- Material and Methods
- Results and Discussion
- References

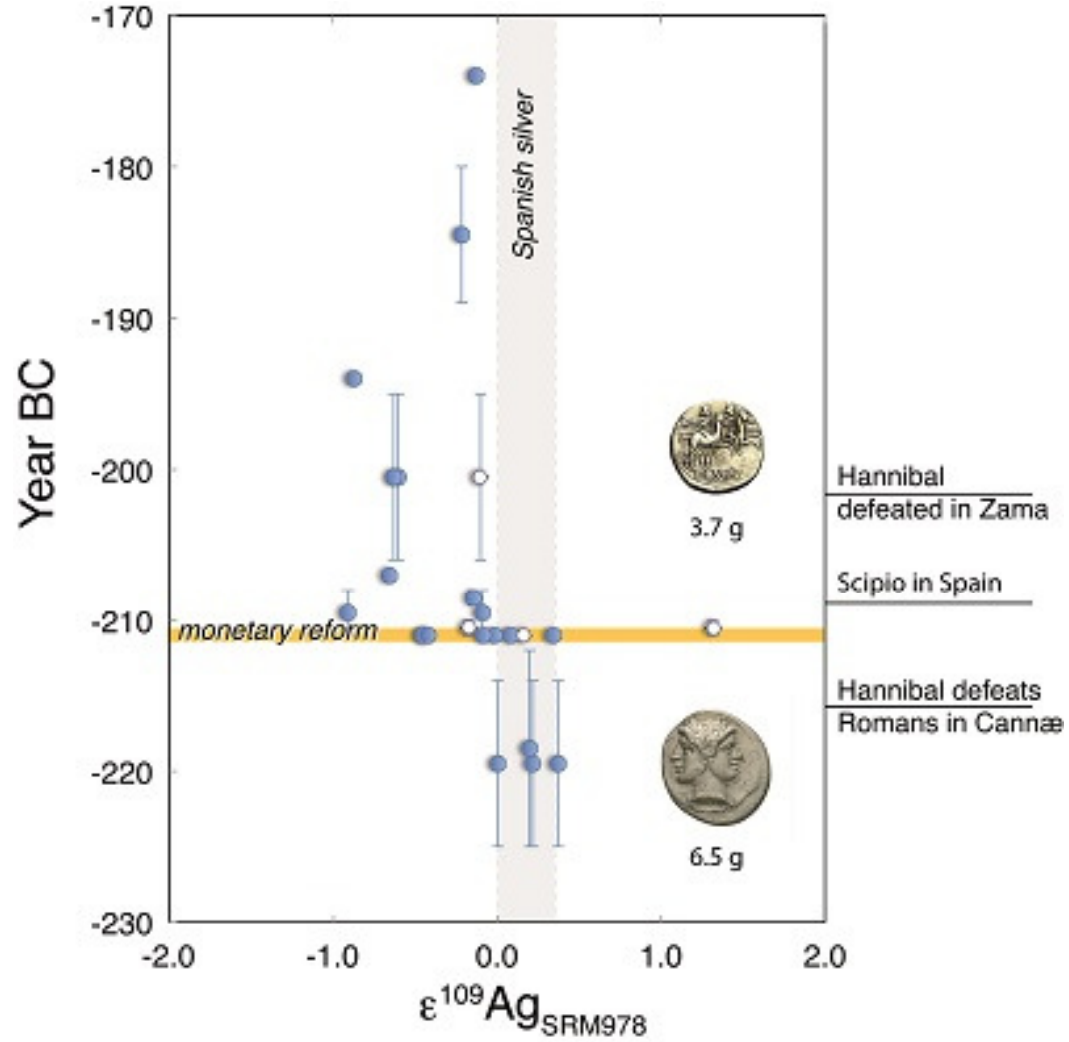
**Il tema generale:** la riforma monetaria Romana del 211 a.C che rappresentò l'istituzione di un sistema monetario a sostegno dell'espansione militare di Roma nei secoli successivi

**Il tema specifico:** definire le aree di provenienza dell'argento nelle monete romane prima e dopo la riforma del 211 a.C.

**Materiali:** analisi isotopica (Ag e Pb) di 24 monete di argento (denarii, quadrigati e vittoriati) risalenti a prima e dopo la riforma del 211 a.C.

**Metodi:** applicazione di un metodo innovativo “per dissoluzione” di Pb e Ag molto meno distruttivo delle tecniche usate in passato finalizzato alla determinazione del contenuto isotopico  $^{109}\text{Ag}/^{107}\text{Ag}$ .

## Risultati



Albarède et al., 2016 "A glimpse into the Roman finances of the Second Punic War through silver isotopes"  
*Geochemical Perspectives Letters*

## **Conclusioni:**

Le zone di approvvigionamento dell'argento prima e dopo la riforma del 211 a.C. cambiano drasticamente: la Spagna cessa di essere la zona di estrazione dell'argento e le monete coniate sono più piccole, anche se mantengono un elevato grado di purezza dell'argento.

## **Implicazioni di carattere storico e archeologico:**

La riforma monetaria del 211 a.C. è stata effettuata in brevissimo tempo e coincide con la cessazione dell'arrivo dell'argento dalla Spagna (invasione di Annibale dell'Italia) e con l'arrivo (insufficiente) di argento da altre fonti (saccheggio di Capua e Siracusa?).

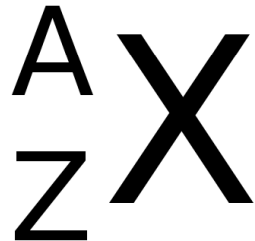
Il fatto di ridurre le dimensioni delle monete, pur mantenendo alto il grado di purezza del metallo, indica una duplice volontà del Senato Romano: assicurare la popolazione in un periodo di economia di guerra e di evitare effetti inflazionistici dovuti alla circolazione di nuovo argento.

**Isotopo**, dal greco ἴσος (ìsos, "stesso") e τόπος (tòpos, "luogo")

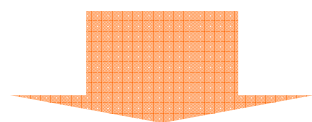
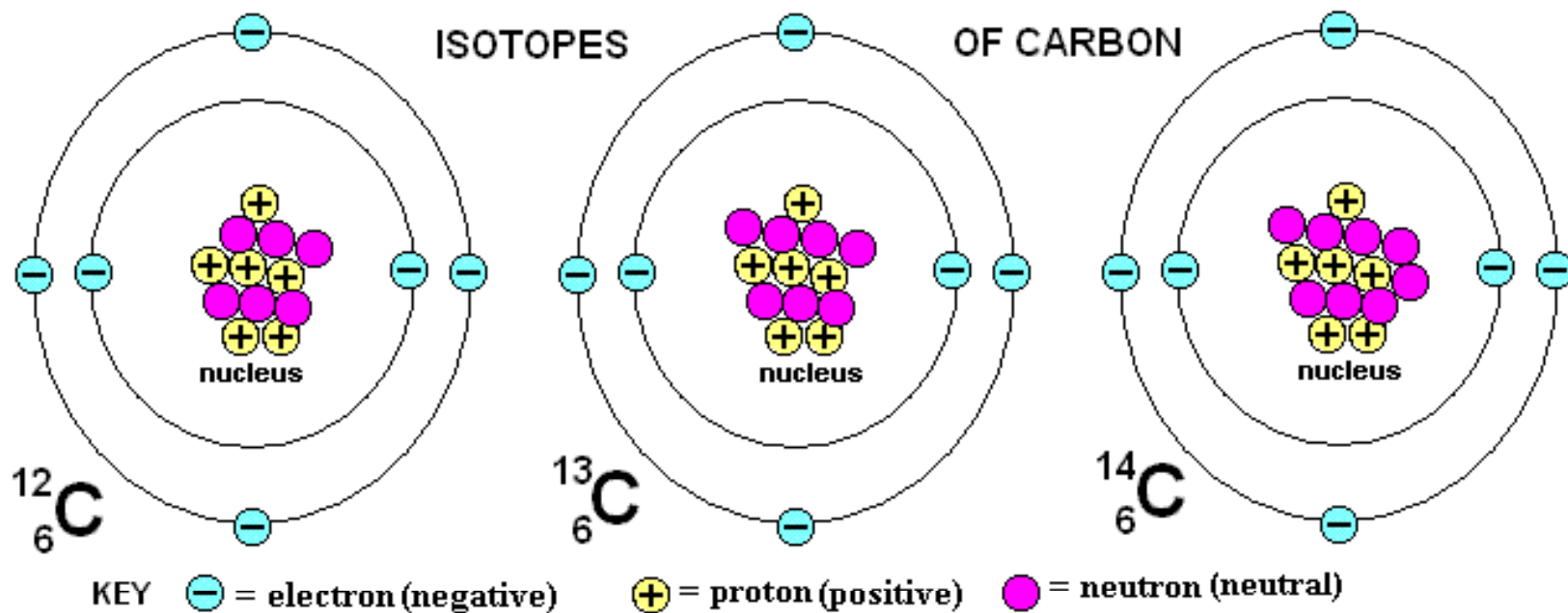
Cosa è: un atomo di uno stesso elemento chimico (medesimo **numero atomico Z**) con un diverso numero di massa A > quindi con differente **massa atomica**

Il **numero atomico (Z)** è il numero di protoni contenuti in un nucleo atomico

Il **numero di massa, (A)** è la somma del numero di protoni e neutroni totali (nucleoni)

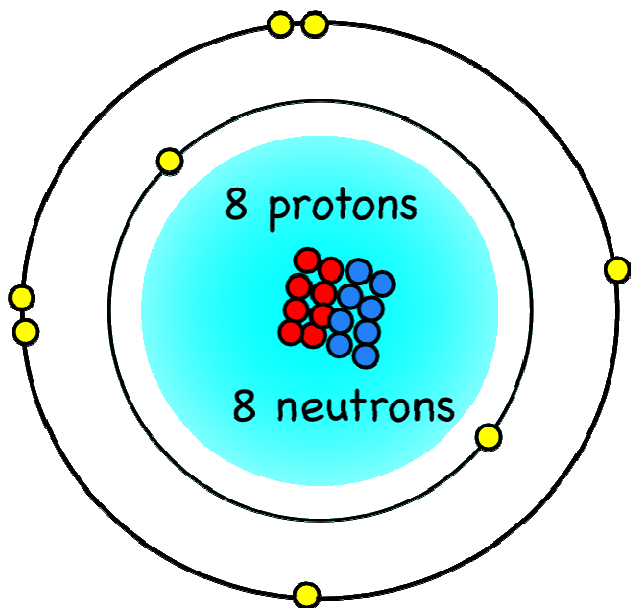


La differenza dei numeri di massa è dovuta ad un diverso numero di neutroni presenti nel nucleo dell'atomo, a parità di numero atomico.



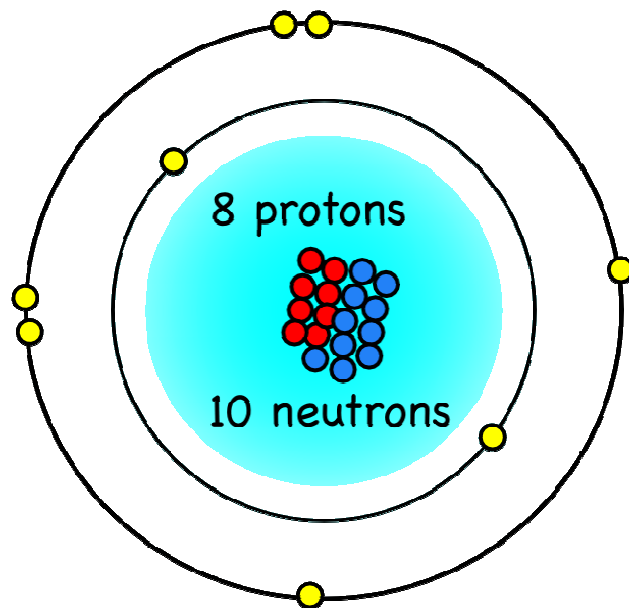
mass number (A) → 12  
 atomic number (Z) → 6  
C

Oxygen-16



atomic mass = 18

Oxygen-18



atomic mass = 18