

L'alluminio

di Laura Cassata

Autore

Laura Cassata

Referente scientifico

Michela Mayer

Grado scolastico

Scuola Secondaria di II grado

Percorso collegato

Ossidazioni e riduzioni: trasformazioni chimiche con scambio di elettroni – Nucleo “Trasformazioni”

Per lo studente

L'alluminio è uno dei metalli più abbondanti sulla Terra: insieme al silicio forma la maggior parte delle rocce della crosta continentale. Eppure c'è stato un tempo in cui questo metallo estremamente leggero, resistente e malleabile era preziosissimo. Quando l'imperatore di Francia Napoleone III voleva impressionare i suoi ospiti, li faceva servire a cena con utensili di alluminio, mentre gli invitati meno illustri dovevano accontentarsi del banale argento o dell'oro. Essendo molto reattivo, in natura l'alluminio non si trova mai allo stato elementare, ma solo legato ad altri atomi, spesso all'ossigeno sotto forma di allumina (ossido di alluminio, Al_2O_3), dal quale è difficilissimo separarlo. Per questo motivo, fino ai primi anni del 1800, non si sapeva neanche che l'alluminio esistesse e si dovette aspettare la metà del XIX secolo prima di riuscire finalmente a isolarlo. Al contrario l'oro, seppure molto più raro, era ben noto all'uomo già da migliaia di anni.

1) Quale caratteristica dell'alluminio lo rende particolarmente adatto all'industria aeronautica?

2) Per estrarre alluminio metallico dall'allumina (Al_2O_3), è necessario:

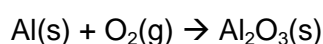
- a) ridurlo da Al^{3+} ad Al^0
- b) ossidarlo da Al^{2-} ad Al^0
- c) ridurlo da Al^{2-} ad Al^0
- d) ossidarlo da Al^{3+} ad Al^0

3) Quale caratteristica dell'oro ha permesso all'uomo di scoprire e usare questo metallo migliaia di anni prima rispetto all'alluminio?

- a) La sua malleabilità.
- b) La sua lucentezza metallica.
- c) La sua rarità.
- d) La sua scarsa reattività.

4) La resistenza dell'alluminio non è una caratteristica sua propria: viene infatti attaccato dall'ossigeno come e più di molti altri metalli, formando una patina di allumina su tutta la superficie esposta all'aria. A differenza della ruggine, che si sfalda e consuma il ferro, l'allumina, trasparente e molto resistente, rende l'alluminio praticamente inattaccabile. Nonostante abbiano aspetto e proprietà diversi, la ruggine e l'allumina sono specie simili dal punto di vista chimico. Che cosa hanno in comune?

5) L'allumina (Al_2O_3) è il prodotto della seguente reazione di ossidoriduzione:



Quale tra le alternative proposte corrisponde al corretto bilanciamento della reazione?

- a) $2\text{Al}(\text{s}) + 3\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3(\text{s})$
- b) $3\text{Al}(\text{s}) + 4\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{Al}_2\text{O}_3(\text{s})$
- c) $4\text{Al}(\text{s}) + 3\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{Al}_2\text{O}_3(\text{s})$
- d) $6\text{Al}(\text{s}) + 4\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 3\text{Al}_2\text{O}_3(\text{s})$

Nemmeno l'allumina pura è comune in natura: si trova sotto forma di rubino e zaffiro (gemme preziose composte da Al_2O_3 e colorate da tracce di cromo, ferro e titanio), ma si può ricavare in grande quantità dalla bauxite (in figura), una roccia che ne può contenere fino al 70-80%.



bauxite
by [James St. John](#)
(CC BY 2.0)



allumina
by [Dorgan](#)
(CC BY-SA 3.0)



alluminio
by [Sun Ladder](#)
(CC BY-SA 3.0)

Nel 1855, il prezzo dell'alluminio era di 100.000 dollari al chilo, mentre oggi è inferiore a 2 dollari al chilo. Il crollo dei prezzi coincise con due importanti innovazioni tecniche che resero molto più economica la produzione: nel 1888 il chimico austriaco Karl Bayer brevettò un sistema rapido ed economico per ricavare allumina dalla bauxite; mentre l'americano Hall e il francese Heroult, quasi contemporaneamente, avevano ideato un processo di estrazione elettrolitica dell'alluminio a partire dall'ossido Al_2O_3 .

6) Perché l'ossido di alluminio si ricava dalla bauxite, attraverso un processo lungo e dispendioso, piuttosto che da rubini e zaffiri, nei quali si trova in forma pura?

7) In base a quanto letto fin qua, in quale periodo storico regnò Napoleone III di Francia?

- a) A cavallo tra XVIII e XIX secolo.
- b) Dal 1830 al 1844.
- c) Dalla metà del 1800 fino al 1870.
- d) A cavallo tra 1800 e 1900.

Elenca almeno due informazioni tratte dalla storia dell'alluminio e utili per identificare il periodo in cui regnò Napoleone III.

1° _____

2° _____

Per ottenere l'alluminio che maneggiamo ormai senza farci caso, spesso buttandolo via dopo averlo usato soltanto una volta, sono quindi necessari tre processi industriali piuttosto impegnativi:

1. **L'estrazione meccanica della bauxite**, relativamente semplice poiché i depositi sfruttati sono generalmente superficiali. Per accedere alla roccia è quindi sufficiente eliminare la copertura vegetale e il suolo, creando una miniera a cielo aperto.
2. **La separazione chimica dell'allumina a partire dalla bauxite** (processo Bayer), che richiede grandi quantità di soda caustica (NaOH) e altissime temperature, quindi ampia disponibilità di combustibili.
3. **La produzione elettrochimica di alluminio a partire dall'allumina** (processo Hall-Heroult), che ha bisogno di carbonio (ricavato dal carbone o dalla raffinazione del petrolio), che si combina con l'ossigeno, e di quantità enormi di energia elettrica.

8) Ognuno dei processi analizzati ha un impatto ambientale, in termini di modifiche agli ecosistemi naturali, sfruttamento delle risorse, inquinamento del suolo, delle acque, dell'aria, e così via. Associa e collega con una freccia ogni processo alla propria causa principale di impatto ambientale.

1 – Estrazione meccanica della bauxite

A. I materiali di scarto vengono espulsi in fanghi rossi fortemente alcalini, pericolosi per l'ambiente e per la salute umana. Non esistono ancora forme di trattamento definitive per il loro smaltimento.

2 – Separazione chimica dell'allumina

B. Il consumo di elettricità per questo processo è elevatissimo. Il principale impatto ambientale deriva perciò dall'inquinamento prodotto dalle centrali (termoelettriche, nucleari, ecc.) da cui proviene l'energia elettrica impiegata.

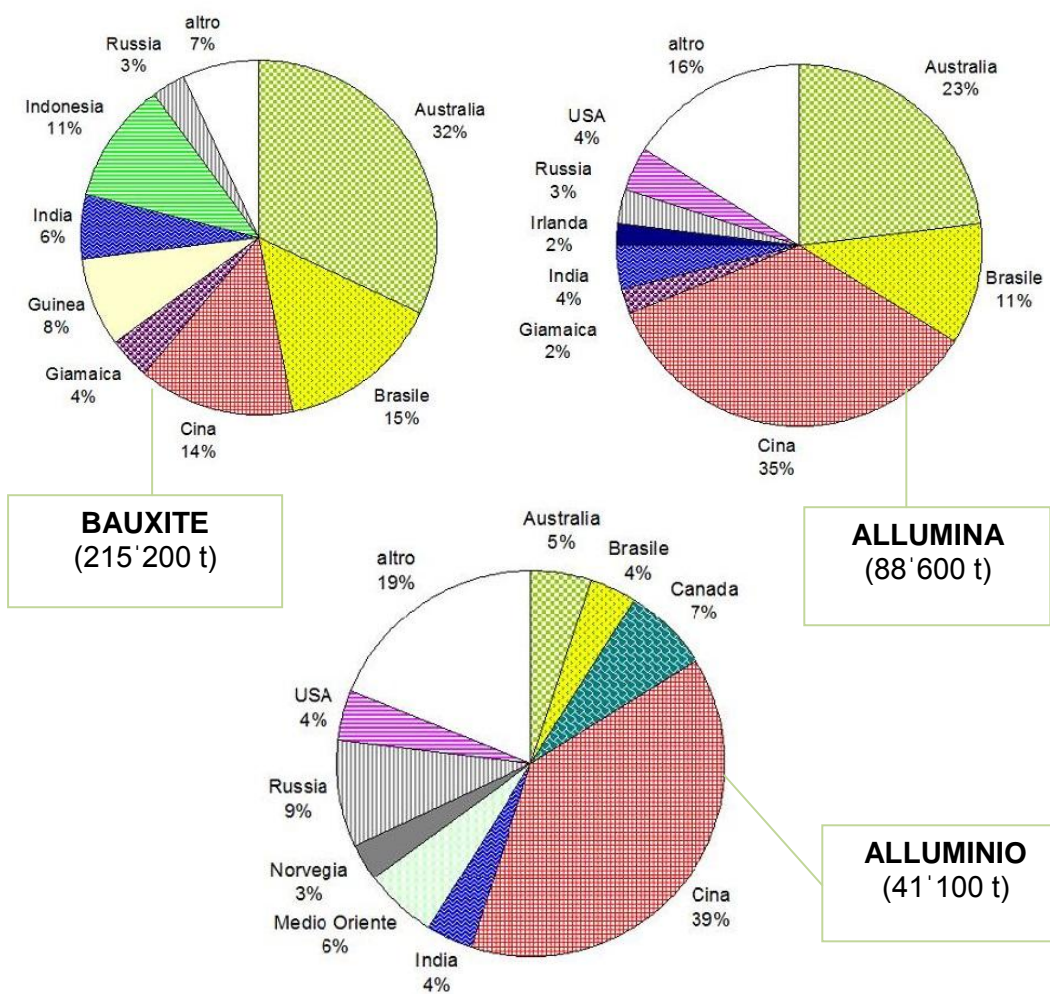
3 – Produzione elettrochimica dell'alluminio

C. Quando il processo si conclude, rimane una vasta depressione deserta, che, se abbandonata, impiegherà molto tempo prima di trovare un nuovo equilibrio e di essere colonizzata da un ecosistema stabile.

9) Per produrre 1 tonnellata di allumina (processo Bayer) servono circa 3.000 kWh di energia e 2,5 tonnellate di bauxite. Per produrre 1 tonnellata di alluminio (processo Hall-Heroult) servono circa 15.000 kWh di energia e 2 tonnellate di allumina. Quanta energia e quante tonnellate di bauxite servono per produrre una tonnellata di alluminio?

- a) Circa 18.000 kWh di energia e 4,5 tonnellate di bauxite.
- b) Circa 21.000 kWh di energia e 5 tonnellate di bauxite.
- c) Circa 15.000 kWh di energia e 2 tonnellate di bauxite.
- d) Circa 6.000 kWh di energia e 4 tonnellate di bauxite.

I grafici qui sotto mostrano la produzione mondiale e i principali paesi produttori di bauxite, di allumina e di alluminio metallico nell'anno 2010.



10) Gran parte della bauxite presente sulla Terra è il risultato di processi di degradazione superficiale di altre rocce legati a particolari condizioni climatiche. Analizzando il primo grafico, determina dove tende a formarsi la bauxite.

- In ambienti polari e subpolari.
- Nelle regioni di alta montagna.
- In zone tropicali e subtropicali.
- Nelle profondità degli oceani.

11) Confrontando i tre grafici ci si accorge che alcuni paesi (Indonesia e Guinea) sono presenti nel primo grafico ma non nei due successivi, mentre altri paesi (come Canada e Medio Oriente) compaiono nell'ultimo grafico ma non nei precedenti. Prova a spiegare questa osservazione completando le frasi seguenti.

Indonesia e Guinea sono paesi ricchi di (1) _____ ,
ma forse non hanno abbastanza (2) _____.

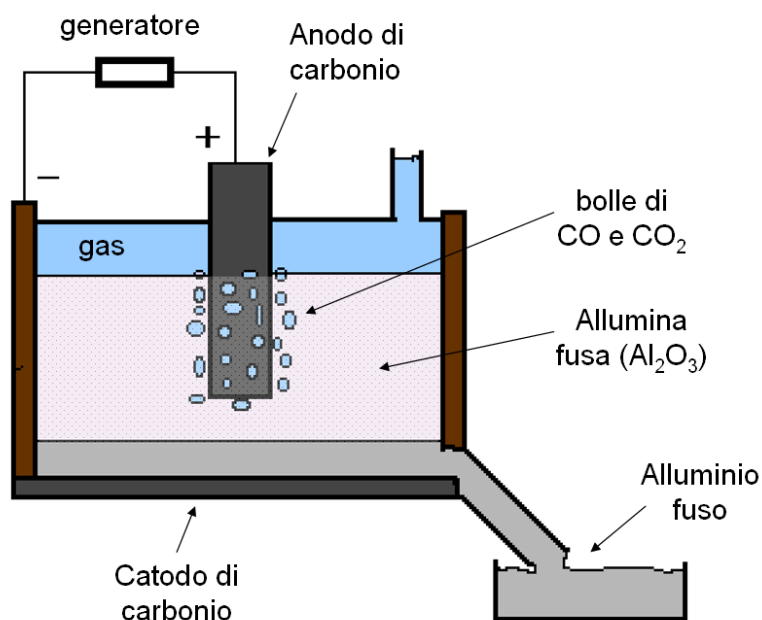
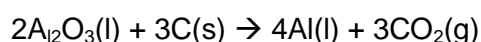
Canada e Medio Oriente, invece, non hanno (3) _____ ,
ma hanno a disposizione grandi quantità di (4) _____.

12) L'alluminio è riciclabile al 100%, senza alcuna perdita delle sue proprietà. La produzione di alluminio riciclato richiede energia per fondere i materiali ricavati dalla raccolta differenziata; per produrre 1 kg di alluminio riciclato, tuttavia, si usa circa il 5% dell'energia consumata per produrre 1 kg di alluminio "primario". Indica, per ognuno dei tre processi elencati, se è necessario per produrre alluminio primario o alluminio riciclato.

	Alluminio primario	Alluminio riciclato
La separazione chimica dell'allumina		
La produzione elettrochimica dell'alluminio		
La fusione dei rifiuti di alluminio raccolti		

13) Come già detto, l'alluminio è un metallo molto abbondante sulla Terra; in base alle miniere attualmente conosciute e al tasso di consumo attuale, le riserve di alluminio dovrebbero bastare per i prossimi 3000 anni. Quale può essere, allora, una buona ragione per riciclarlo?

Il processo Hall-Heroult schematizzato in figura permette di separare l'alluminio dall'ossigeno per elettrolisi dell'allumina (Al_2O_3). L'allumina (mista a sali che ne abbassano la temperatura di fusione fino a circa 1000°C) viene fusa e versata in una enorme cella elettrolitica. Tanto l'anodo che il catodo, posto sul fondo della cella, sono fatti di carbonio. La corrente elettrica ad altissima intensità fornita dal generatore, oltre a mantenere elevata la temperatura nella cella, riduce l'allumina, che si deposita sul catodo nel fondo della cella. Nel frattempo l'ossigeno che si libera reagisce con il carbonio, consumandolo e producendo monossido e biossido di carbonio. I processi chimici che avvengono nella cella sono complessi, ma possono essere riassunti schematicamente in una reazione di ossidoriduzione:



14) Quale componente della cella elettrolitica usata si consuma nel processo e deve essere periodicamente sostituito?

15) Una cella elettrolitica funziona un po' come una pila al contrario: usa l'elettricità per far avvenire reazioni che altrimenti procederebbero spontaneamente nel verso opposto. Che cosa succede, invece, in una normale pila?

Per il docente

Consigli per la correzione

- 1) Risposta corretta: si indicherà la leggerezza.

1 punto

Competenza: **Dare ai fenomeni una spiegazione scientifica** (ricordare e applicare alla situazione problematica la conoscenza scientifica utile per risolverla).

Conoscenze della scienza: Sistemi fisici e chimici.

- 2) Risposta corretta: opzione a).

1 punto

Competenza: **Dare ai fenomeni una spiegazione scientifica** (ricordare e applicare alla situazione problematica la conoscenza scientifica utile per risolverla).

Conoscenze della scienza: Sistemi fisici e chimici.

- 3) Risposta corretta: opzione d).

1 punto

Competenza: **Dare ai fenomeni una spiegazione scientifica** (confrontare e correlare oggetti e fenomeni della realtà circostante, individuando somiglianze e differenze, anche per mezzo di seriazioni e classificazioni).

Conoscenze della scienza: Sistemi fisici e chimici.

- 4) Risposta corretta: si spiegherà che la ruggine e l'allumina sono entrambi ossidi (di metalli) oppure (prendendo per buona come formula della ruggine quella dell'ossido Fe_2O_3) che le due sostanze hanno una uguale proporzione degli elementi e/o formule simili e/o uguali numeri di ossidazione dei componenti.

1 punto

Competenza: **Dare ai fenomeni una spiegazione scientifica** (confrontare e correlare oggetti e fenomeni della realtà circostante, individuando somiglianze e differenze, anche per mezzo di seriazioni e classificazioni).

Conoscenze della scienza: Sistemi fisici e chimici.

5) Risposta corretta: opzione c).

1 punto

Competenza: **Dare ai fenomeni una spiegazione scientifica** (ricordare e applicare alla situazione problematica la conoscenza scientifica utile per risolverla).

Conoscenze della scienza: Sistemi fisici e chimici.

6) Risposta corretta: si evidenzierà che rubini e zaffiri sono troppo rari sulla Terra, oppure che usare rubini e zaffiri per produrre alluminio sarebbe un processo anti-economico.

1 punto

Competenza: **Dare ai fenomeni una spiegazione scientifica** (offrire ipotesi esplicative anche per fenomeni che non sono stati oggetto di studio ma che possono essere spiegati attraverso le conoscenze già acquisite).

Conoscenze sulla scienza: Riflettere sui metodi e sui percorsi della scienza.

7) Risposta corretta esaustiva: si selezionerà l'opzione c) e si elencheranno almeno 2 delle seguenti informazioni sull'alluminio:

- era prezioso durante il regno di Napoleone III;
- fu scoperto all'inizio del 1800;
- fu isolato per la prima volta intorno al 1850;
- nel 1855 l'alluminio costava 100.000 dollari al chilo;
- divenne economico dopo il 1888 (processi Hall-Heroult e Bayer).

2 punti

Risposta corretta parziale: si selezionerà l'opzione c) oppure si elencheranno almeno 2 informazioni sull'alluminio tra quelle elencate sopra.

1 punto

Competenza: **Interpretare i dati scientifici** (Identificare in testi che riguardano fenomeni e argomenti scientifici quali siano i presupposti e la logica del ragionamento).

Conoscenze sulla scienza: Riflettere sui metodi e sui percorsi della scienza.

8) Risposta corretta: 1-C; 2-A; 3-B.

1 punto

Competenza: Dare ai fenomeni una spiegazione scientifica (riconoscere e distinguere cause ed effetti nei fenomeni considerati).

Conoscenze sulla scienza: Responsabilità della scienza verso società e ambiente (sostenibilità).

9) Risposta corretta: opzione b).

1 punto

Competenza: Interpretare i dati scientifici (analizzare e interpretare i dati a disposizione per trarne conclusioni appropriate).

Conoscenze della scienza: Sistemi fisici e chimici.

10) Risposta corretta: opzione c).

1 punto

Competenza: Interpretare i dati scientifici (analizzare e interpretare i dati a disposizione per trarne conclusioni appropriate).

Conoscenze della scienza: Terra e universo.

11) Risposta corretta esaustiva: si inseriranno ipotesi sensate in tutti e quattro gli spazi.

- 1) (Depositi, miniere di) bauxite oppure materie prime.
- 2) Energia (elettricità, combustibili, ecc.) oppure tecnologia (informazioni, know-how, ecc.) oppure risorse economiche (soldi) oppure soda caustica (NaOH).
- 3) (Depositi, miniere di) bauxite oppure materie prime.
- 4) Energia (elettricità, combustibili, ecc.) oppure tecnologia (informazioni, know-how, ecc.) oppure risorse economiche (soldi).

2 punti

Risposta corretta parziale: si inseriranno ipotesi sensate in almeno due spazi.

1 punto

Competenza: Interpretare i dati scientifici (ricostruire e comunicare il senso logico delle attività svolte, in coerenza con gli obiettivi proposti).

Conoscenze della scienza: Sistemi fisici e chimici.

12) Risposta corretta:

	Alluminio primario	Alluminio riciclato
La separazione chimica dell'allumina	X	
La produzione elettrochimica dell'alluminio	X	
La fusione dei rifiuti di alluminio raccolti		X

1 Punto

Competenza: **Dare ai fenomeni una spiegazione scientifica** (ricordare e applicare alla situazione problematica la conoscenza scientifica utile per risolverla).

Conoscenze della scienza: Sistemi fisici e chimici.

13) Risposta corretta: si menzionerà una delle seguenti buone ragioni per riciclare l'alluminio:

- risparmiare energia e/o risorse economiche;
- ridurre l'impatto ambientale o l'inquinamento;
- evitare di sovraccaricare le discariche;
- per i paesi poveri di bauxite e/o di fonti energetiche, essere più indipendenti nella produzione.

1 Punto

Competenza: **Dare ai fenomeni una spiegazione scientifica** (ricordare e applicare alla situazione problematica la conoscenza scientifica utile per risolverla).

Conoscenze sulla scienza: Responsabilità della scienza verso società e ambiente (sostenibilità).

14) Risposta corretta: l'anodo (di carbonio).

1 Punto

Competenza: **Dare ai fenomeni una spiegazione scientifica** (ricordare e applicare alla situazione problematica la conoscenza scientifica utile per risolverla).

Conoscenze della scienza: Sistemi fisici e chimici.

15) Risposta corretta: si spiegherà che una normale pila usa una reazione di ossidoriduzione spontanea per produrre energia elettrica.

1 Punto

Competenza: **Dare ai fenomeni una spiegazione scientifica** (confrontare e correlare oggetti e fenomeni della realtà circostante, individuando somiglianze e differenze, , anche per mezzo di seriazioni e classificazioni).

Conoscenze della scienza: Sistemi fisici e chimici.

Sitografia

http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_countries_by_aluminium_production

http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_countries_by_bauxite_production

www.ing.unitn.it/~colombo/ALLUMINIO%20PRODUZIONE/Pagina%20web.htm

www.ing.unitn.it/~colombo/VAIADINO/HTM/METALLURGIA_ALLUMINIO.htm

www.indexmundi.com/commodities/?commodity=aluminum&months=300

www.oecd.org/environment/waste/46194971.pdf

www.scienceclarified.com/everyday/Real-Life-Chemistry-Vol-2/Oxidation-Reduction-Reactions-Real-life-applications.html

www.world-aluminium.org/media/filer_public/2013/02/25/an_outlook_of_the_global_aluminium_industry_1972_-_present_day.pdf

*Questo materiale è stato realizzato nel 2014 da INDIRE con i fondi del Progetto **PON Educazione Scientifica**, codice **B-10-FSE-2010-4**, cofinanziato dal Fondo Sociale Europeo.*

La grafica, i testi, le immagini e ogni altra informazione disponibile in qualunque formato sono utilizzabili a fini didattici e scientifici, purché non a scopo di lucro e sono protetti ai sensi della normativa in tema di opere dell'ingegno (legge 22 aprile 1941, n. 633).