

# Peter Atkins

## Il Regno periodico

Viaggio nel mondo degli elementi chimici

Chiavi di lettura a cura di  
Lisa Vozza e Federico Tibone

---

### *indice*

<i>Prefazione</i>	7
<b>Parte prima. Geografia</b>	
1. Il territorio	13
2. I prodotti delle regioni	23
3. Geografia fisica	47
<b>Parte seconda. Storia</b>	
4. Le scoperte	69
5. I nomi delle regioni	81
6. L'origine del territorio	91
7. I cartografi	109
<b>Parte terza. Governo e istituzioni</b>	
8. Le leggi interne	135
9. Le leggi esterne	145
10. L'amministrazione delle regioni	165
11. Relazioni e alleanze	181
<b>Epilogo</b>	197
<b>Altre letture consigliate</b>	200
<b>Indice analitico</b>	195

## Prefazione

Mi ha sempre colpito l'inizio del racconto *Il reprobato* di Somerset Maugham\*. L'autore, seduto nel suo studio, sfoglia il *Manuale del pilota sullo Yangtse Kiang* e nella sua fantasia le carte delle maree e le istruzioni per la navigazione acquistano gradualmente un senso di realtà. Nella sua immaginazione le curve di livello e le tabelle lasciano il posto a una visione più ricca: via via si materializzano gli alberi, i tetti e infine le persone che saranno protagoniste della sua storia.

In uno spirito simile vorrei che mi accompagnaste in un viaggio della fantasia attraverso l'austera carta di navigazione della chimica, la tavola periodica degli elementi che è riprodotta alla fine del libro.

Nella nostra immaginazione assimileremo la tavola a un Paese, uno Stato – il Regno periodico – che è popolato da personalità interessanti, come scopriremo scendendo sulla sua superficie.

Voleremo insieme sul paesaggio del Regno, vedremo le sue colline ondulate, le sue catene montuose, le sue gole e le sue pianure. Poi atterreremo, cammine-

\* In italiano il racconto (titolo originale: *The Vessel of Wrath*) si trova in Somerset Maugham, *Pioggia*, Adelphi 2003.

remo tra le sue ampie praterie e attraverseremo le sue colline. Scaveremo anche al di sotto della superficie e scopriremo che c'è una struttura nascosta, un meccanismo che controlla e governa il Regno. Perché questo è un luogo razionale.

La tavola periodica è forse il concetto più importante della chimica, sia in linea di principio sia in pratica. È un sostegno quotidiano per gli studenti, suggerisce nuovi percorsi di ricerca ai professionisti e organizza in modo sintetico l'intera chimica. Ed è una dimostrazione notevole del fatto che gli elementi chimici non sono un'accozzaglia casuale di entità, ma presentano andamenti regolari e si riuniscono in famiglie.

Una consapevolezza del significato della tavola periodica è essenziale per chiunque desideri sbrogliare il mondo e capire come esso sia costruito a partire dai mattoni fondamentali della chimica, gli elementi. E chiunque voglia avvicinarsi alla visione che hanno del mondo gli scienziati deve conoscere gli aspetti generali della tavola periodica, perché essa fa parte della cultura scientifica.

Ho presentato la tavola periodica come una sorta di guida di viaggio a una landa immaginaria, di cui gli elementi costituiscono le varie regioni. Questo Regno ha una geografia: gli elementi sono giustapposti tra loro in un modo particolare e sono utilizzati per produrre beni, proprio come un campo produce grano e un lago pesce. Il Regno ha anche una storia. Ne ha, anzi, tre tipi diversi: gli elementi sono stati scoperti, più o meno come si sono scoperte le terre del

mondo; il Regno è stato cartografato, proprio come è accaduto al mondo, e le posizioni relative degli elementi si sono rivelate molto significative; e infine gli elementi hanno una propria storia cosmica, che si può far risalire fino alle stelle.

Il Regno periodico ha anche un'amministrazione, perché le proprietà degli elementi sono governate da leggi che ne controllano il comportamento e determinano le alleanze che possono formare. L'amministrazione si trova nelle proprietà degli atomi, e degli elettroni e dei nuclei che li costituiscono.

Per leggere questo libro non occorre conoscere già la chimica. Tutto ciò che vi chiedo è di usare la vostra immaginazione per interpretare le metafore geografiche in termini di entità concrete. Voleremo insieme attraverso il paesaggio e atterreremo quando ci servirà. In questo modo scopriremo un Regno davvero ricco, di cui il nostro mondo reale è una manifestazione.

Durante la preparazione di questa edizione italiana sono stati fatti numerosi cambiamenti: qualche errore è stato corretto, alcuni dati sono stati aggiornati, perché il Regno si evolve e si è espanso un poco, e varie analogie familiari per i lettori anglosassoni sono state adattate così da evocare risonanze nel lettore italiano. Molti di questi miglioramenti sono stati proposti dal curatore, Federico Tibone, che ringrazio per i suoi considerevoli e ponderati contributi.

Oxford, agosto 2007

**Parte prima**

**Geografia**

## Il territorio

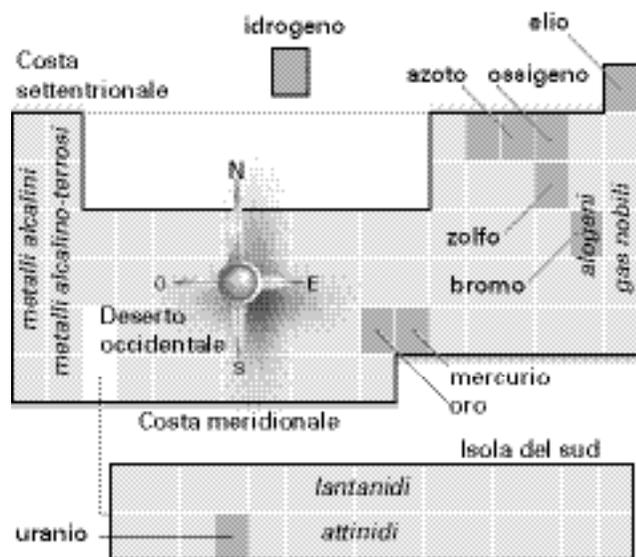
Benvenuti nel Regno periodico.

Questo è un mondo immaginario, ma molto più vicino alla realtà di quanto sembri. È il Regno degli elementi chimici, le sostanze di cui è fatta tutta la materia.

Non ha un territorio molto vasto: contiene soltanto un centinaio di regioni – così spesso chiameremo gli elementi – eppure vi si trova tutto ciò che costituisce il mondo reale.

I pianeti, i minerali, le piante e gli animali sono tutti formati dai cento elementi che saranno i protagonisti della nostra storia. Questi elementi sono alla base dell'aria, degli oceani, della Terra stessa. Noi viviamo sopra gli elementi chimici, li mangiamo, *siamo* gli elementi. E poiché essi formano anche il nostro cervello, in un certo senso persino le nostre idee sono proprietà degli elementi, e dunque abitanti del Regno.

Il Regno non è un'accozzaglia informe di regioni ma un territorio organizzato, in cui ogni regione ha caratteristiche simili alle regioni vicine. Ci sono pochi confini netti. Il paesaggio invece presenta per lo più cambiamenti graduali: la savana si perde in dolci vallate, che a loro volta diventano via via più profonde fino a trasformarsi in gole quasi impenetrabili; le colline si ergono gradualmente dalla pianura fino a diventare imponenti montagne.



**Figura 1.** La topografia generale del Regno periodico con l'indicazione di alcune delle sue regioni caratteristiche. Il Deserto occidentale e l'Isola del Sud contengono i metalli; tutti gli altri elementi sono non metalli.

Queste sono le immagini e le analogie da tenere presenti mentre viaggiamo per il Regno. E il principio da ricordare è che non soltanto il mondo materiale è costruito con un centinaio di elementi, ma questi elementi formano anche una struttura regolare.

In questa prima tappa ci accontenteremo di notare la regolarità e di fare la conoscenza dei paesaggi tipici del Regno. Osservando dall'alto, come nella figura 1, godiamo di un grande scorcio panoramico che spazia

dall'idrogeno fino al lontano uranio e oltre. Al di là dell'uranio ci sono terre già note ma l'orizzonte estremo rimane inesplorato, in attesa di un novello Colombo. Vicino a noi c'è un territorio più familiare: regioni come il carbonio e l'ossigeno, l'azoto e il fosforo, il cloro e lo iodio. Al termine di questa prima rassegna conosceremo meglio molte altre regioni e scopriremo che esse sono l'equivalente di deserti, paludi, laghi e pascoli.

Già da questa quota, molto al di sopra del suolo, riusciamo a distinguere alcuni tratti del paesaggio. Ci sono le regioni lucide e scintillanti dei metalli, riunite in quello che chiameremo Deserto occidentale. Questo deserto è per lo più uniforme ma ha tenui gradazioni, che sono indice di una certa varietà di caratteristiche. Qua e là ci sono leggere macchie di colore, come il familiare bagliore dell'oro e il rossiccio del rame.

È davvero notevole che un Regno formato per la maggior parte da queste regioni desertiche (più di 80 dei 111 elementi noti) riesca a fornire al mondo reale una diversità tanto lussureggiante.

Questa abbondanza ci fa intuire che la sterilità del Deserto è soltanto apparente; quando saremo più vicini scopriremo che esso è ricco dell'equivalente di tanti tipi di minerali, e che il suo paesaggio brullo possiede un'ampia gamma di proprietà fisiche e chimiche. Ma lo ispezioneremo da vicino più avanti; per ora siamo ancora molto al di sopra della superficie del Regno, e da qui non è facile distinguere la varietà del Deserto.

Verso est il paesaggio cambia nettamente, anche per chi guarda da questa altezza. In questa parte del

Regno ci sono regioni più sinuose, e si distingue anche un lago. È subito chiaro però che non siamo in un regno normale, perché il lago non ha il limpido colore blu dei laghi terrestri: è invece di un rosso intenso che volge al marrone. Questa è la regione del bromo, e il lago è uno degli unici due presenti in questo speciale territorio; l'altro lago è al confine di levante del Deserto occidentale e ha un aspetto molto diverso, di argentea lucentezza metallica: è il mercurio, un bacino liquido tra le rocce.

In queste terre dell'est c'è una grande varietà di forme e colori, che aumenta quando ci avviciniamo alla costa orientale. Il Deserto occidentale ha gradualmente lasciato il posto a regioni che hanno ancora un aspetto metallico ma con una personalità meno netta, una certa ambiguità di carattere. Tra queste ci sono il silicio e l'arsenico, e regioni meno conosciute come il polonio e il tellurio. Il suolo a quanto pare sta diventando fertile dal punto di vista chimico, ma in questa campagna poco familiare non è detto che la realtà sia ciò che appare a prima vista.

L'aspetto che più colpisce da questa altezza sono i colori del paesaggio: c'è la vivace macchia gialla dello zolfo, un tempo simbolo dell'inferno; il suo vicino meridionale, il selenio, passa da una forma color grigio metallico a un'altra rosso rubino, come seguisse le stagioni. Com'è possibile che una stessa sostanza assuma colori tanto diversi?

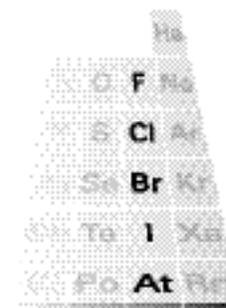
Eppure il selenio non è il solo a comportarsi così. Anche un elemento comune come il carbonio ha una

notevole varietà di colori: la sua forma più diffusa è nera come la fuliggine, ma può presentarsi anche con lo scintillio del diamante, con il grigio metallico della grafite o con l'arancio-bruno tipico di una forma cristallina scoperta di recente, la fullerite.

È bene sapere che esistono queste diverse forme di un dato elemento – metaforicamente le chiameremo stagioni, ma i chimici le chiamano *forme allotropiche* – perché ignorarle potrebbe farci confondere: quando scenderemo a esplorare il suolo, infatti, potremo trovare gli elementi in una qualsiasi delle loro stagioni.

Il paesaggio diventa ancora più variopinto man mano che ci avviciniamo alla costa orientale. A colpire di più l'occhio sono gli *alogeni*, una famiglia di regioni strettamente imparentate tra loro, che comprende il lago rosso del bromo. Da questa altezza possiamo ammirare le loro gradazioni cromatiche: nell'estremo nord il fluoro quasi incolore, poi il giallo-verde del cloro, quindi il bromo rossastro.

A sud del bromo ecco lo iodio nero-violaceo, che luccica vicino alla costa meridionale. E a sud dello iodio c'è l'astato, una regione di cui sappiamo poco più che il nome. Questa ignoranza, come accade anche nel mondo reale, va di pari passo con l'inutilità pratica dell'elemento. Se non avete mai sen-



Gli alogeni

tito nominare l'astato, è perché a quanto pare conoscerlo non serve a molto; è una delle regioni del Regno poco sfruttate, improduttive ed esplorate soltanto in modo superficiale.

La variazione dei colori in questa zona è un sintomo evidente della gradazione nelle proprietà degli elementi. Le belle sfumature che qui attirano lo sguardo fanno sospettare regolarità nascoste che si possono cogliere soltanto con un'indagine più ravvicinata, o addirittura scavando nel sottosuolo.

In effetti è proprio così, e quando viaggeremo sulla superficie del Regno dovremo essere pronti a notare anche modulazioni meno appariscenti. Parte della bellezza della chimica – così chiamiamo le leggi che regolano il Regno periodico – sta proprio nella scoperta dei ritmi profondi e sotterranei che attraversano le diverse regioni del Regno e le fanno raggruppare in famiglie di elementi.

Una di queste regolarità è quasi invisibile a occhio nudo. Proprio come non vediamo l'aria che respiriamo, così in alcune regioni del Regno periodico sembra che non vi sia materia. Queste regioni apparentemente vuote si trovano lungo le coste orientali e nord-orientali, zone che paiono addirittura meno fertili del Deserto occidentale.

Invece la costa nord-orientale è tutt'altro che inutile: qui c'è l'ossigeno, il messaggero quasi universale della vita. L'ossigeno è così indispensabile che, quando non ce n'è abbastanza, ce lo dobbiamo procurare: per immergerci nel mare lo stiviamo in bombole; lo

abbiamo portato con noi anche sulla Luna; lo pompiano nel corpo dei malati, per aiutarli a rimanere in vita; lo iniettiamo a tonnellate nei motori, per aiutarli a bruciare il carburante. L'ossigeno è l'essenza della vitalità: se manca non ci possono essere vita animata né movimento deliberato. In questa regione ai confini settentrionali del Regno, a prima vista inconsistente, si nasconde dunque una grande potenza.

E l'ossigeno non è il solo ad avere una potenza invisibile. Anche il suo vicino occidentale, l'azoto, pare privo di sostanza ma è fondamentale per la vita: molti processi della biologia e dell'industria chimica infatti si basano sulla sua cattura dall'atmosfera, dove è straordinariamente abbondante. La cattura o *fissazione* dell'azoto è un processo di importanza vitale sulla Terra, tanto quanto la fotosintesi clorofilliana che è la fissazione del carbonio dall'anidride carbonica atmosferica.

La capacità di fissare l'azoto si è evoluta molto prima della nostra comparsa sulla Terra, perché l'azoto serve per costruire le proteine, che sono fondamentali per tutte le forme di vita organica. Persino la trasmissione delle informazioni ereditarie da una generazione all'altra è basata sull'azoto, che è un costituente dell'acido desossiribonucleico, il DNA, la molecola dei geni. Senza la regione apparentemente vuota dell'azoto, la vita finirebbe: non verrebbe soltanto a mancare l'ereditarietà ma non ci sarebbe attività di alcun tipo, perché non esisterebbero gli ingredienti della vita, le proteine.

Le regioni della costa orientale sono completamente

He
Ne
Ar
Kr
Xe
Rn

I gas nobili

diverse: anche questi sono elementi gassosi, ma per lo più inattivi. Da quando gli esploratori della chimica li hanno scoperti, soltanto alla fine del diciannovesimo secolo, hanno avuto diversi nomi. All'inizio erano chiamati *gas rari*, perché si credeva fossero poco abbondanti. Il che è senz'altro vero per alcuni di essi, ma non per tutti: uno di questi gas, l'argon, è perfino più abbondante dell'anidride carbonica nell'atmosfera terrestre. L'elio invece è raro nella nostra atmosfera, ma non nell'universo: ne costituisce anzi il 25 per cento, un quarto di tutta la materia, ed è secondo per abbondanza soltanto all'idrogeno. E il radon, all'estremo sud della costa orientale, è pericolosamente abbondante nelle zone della Terra ove c'è radioattività naturale.

Non si può dunque dire che questi gas siano rari, e l'aggettivo è stato abbandonato. Per un po' li si è chiamati *gas inerti*: uno dei motivi per cui la costa orientale è rimasta a lungo sconosciuta, infatti, è che questi elementi sono riluttanti a combinarsi con gli altri. Così ai primi esploratori della chimica, che per fare le loro scoperte studiavano le combinazioni tra le regioni, quella landa costiera è rimasta invisibile e persino insospettata.

diverse: anche questi sono elementi gassosi, ma per lo più inattivi. Da quando gli esploratori della chimica li hanno scoperti, soltanto alla fine del diciannovesimo secolo, hanno avuto diversi nomi.

All'inizio erano chiamati *gas rari*, perché si credeva fossero poco abbondanti. Il che è senz'altro vero per alcuni di essi,

Di recente tuttavia si è riusciti a costringere anche questi elementi a combinarsi, vincendo così la sterilità della loro regione. Non che ora il deserto costiero sia in fiore, ma ogni tanto c'è un piccolo segno di fertilità, l'equivalente chimico di uno stelo d'erba. Così anche l'aggettivo «inerti» ha perso la sua giustificazione. Oggi queste regioni sono chiamate *gas nobili*, nome che vuole alludere a una sorta di alterigia chimica piuttosto che a una castità intransigente.

Vediamo ora di riassumere la disposizione generale del territorio: a ovest ci sono i metalli, che andando verso est lasciano il campo al paesaggio variegato dei non metalli, che termina poi con gli elementi quasi inerti della costa orientale.

A sud della terraferma, in mare aperto, c'è un'isola che chiameremo Isola del Sud: è tutta formata da metalli, simili tra loro ma con sottili differenze di personalità.

A nord della terraferma, in una posizione che ricorda quella dell'Islanda rispetto all'Europa, c'è una regione singola e isolata: l'idrogeno. Questo elemento semplice ma talentuoso è un avamposto essenziale del Regno perché, nonostante la sua semplicità, è ricco di personalità chimica. È anche l'elemento più abbondante dell'universo, nonché il combustibile delle stelle.