

***Uno scienziato e i suoi due sogni:
la chimica e l'industria***

di Silvano Tagliagambe

1. Ricercatore e uomo d'azione

Per comprendere la sequenza degli eventi che condussero Dmitrij Ivanovic Mendeleev alla scoperta del sistema periodico degli elementi bisogna considerare i tratti caratteristici della personalità di questo grande chimico e riservare la dovuta attenzione ai suoi interessi generali e ai suoi orientamenti.

Fermo sostenitore dell'esigenza che la Russia si ponesse come obiettivo quello di accelerare il cammino per mettersi al passo con gli altri paesi europei, egli riteneva, da buon illuminista a livello culturale, che per conseguire questo scopo occorresse incrementare sensibilmente le risorse destinate all'istruzione e alla ricerca scientifica. Con il pragmatismo e il realismo che lo contrassegnavano, però, guardava altresì attentamente alla sfera economica e si occupava direttamente di questioni riguardanti lo sviluppo industriale e di problemi sociali. Per lui il progresso scientifico era sì valore in se stesso, ma anche condizione imprescindibile di quella crescita sia sul piano culturale, sia sul piano economico e sociale, che il suo paese doveva riuscire a compiere al più presto.

Oltre che scienziato di primo piano Mendeleev fu, in effetti, un uomo d'azione, che si sentiva parte attiva di un processo di sviluppo che mirava a conseguire obiettivi ben precisi. A questo processo lavorò alacremente per tutta la sua vita: attraversò anche crisi profonde, determinate dagli ostacoli e dalle difficoltà incontrati in un ambiente che gli era per diverse ragioni ostile, ma mai, neppure nei momenti di maggiore sconforto, rinunciò ai suoi ideali e alle sue convinzioni.

Quanto a cuore gli stessero i problemi della crescita economica e del miglioramento delle condizioni di vita del suo paese lo dimostra quel che egli scrive, all'inizio degli anni '80, nell'articolo *O vozbuđenij promyslennogo razvitija v Rossii* (*Sulla stimolazione dello sviluppo industriale in Russia*). In esso egli prende chiara e decisa posizione contro la diffusa diffidenza nei confronti dell'industrializzazione. Il governo e gran parte della nobiltà temevano gli effetti della creazione di grandi centri industriali, in particolare il formarsi di una forte classe operaia e la minaccia di rivoluzioni urbane. Il tradizionalismo, implicito in una struttura economica di tipo agrario, appariva loro assai migliore garanzia di stabilità politica che non l'irrequieta mutevolezza dell'industrialismo moderno. Del resto, come rileva A. Gerschenkron, fra le forze che erano in grado di esercitare una qualche influenza nella Russia della seconda metà del XIX secolo non ce n'era nessuna realmente interessata a spingere il governo verso una politica più decisa a favore dell'industrializzazione. "La nobiltà grande e piccola, considerata come gruppo, non desiderava affatto una crescita urbana su larga scala, che avrebbe minacciato la sua preminenza in seno al corpo sociale dello Stato russo. L' *intelligencija* era in gran parte radicale, e la stabilità politica non rientrava nei suoi ideali. Avversava l'aristocrazia e propugnava un tipo di emancipazione dei contadini che andava ben oltre i limiti accettabili per il governo: ma nella sua ostilità per l'industrializzazione e nel suo far propri i valori -veri o presunti- di una società agraria essa era sorprendentemente vicina alle posizioni del governo, sia pure per ragioni assai diverse"¹.

¹ A.Gerschenkron, *Politica agraria e industrializzazione in Russia. 1861-1917*, in A.A.V.V. *Storia economica Cambridge*, vol. VI,II,Einaudi,Torino,1974,p.771

Non era certo questo il punto di vista di Mendeleev, che su questo come su tanti altri punti assume un atteggiamento profondamente diverso da quello dell' *intelligencija* radicale. Nell'articolo sopra citato egli scrive che alla base delle sue convinzioni circa l'esigenza di stimolare, in Russia, un effettivo sviluppo industriale sta "non la sola utilità e neppure la semplice idea dei vantaggi e dei profitti che la creazione di nuove fabbriche e industrie poteva recare sia alle persone, che avrebbero preso parte, direttamente o indirettamente, alla loro edificazione e al lavoro che si sarebbe svolto in esse, sia all'intero paese, ma un qualcosa di gran lunga superiore -un'esigenza, per così dire, di altro ordine e livello- vale a dire l'ineluttabilità storica, alla condizione -che ogni russo non può che far propria e alla quale non può non aderire- che la Russia sia già entrata a far parte del circolo delle nazioni che partecipano a quella grande impresa che è lo sviluppo dell'umanità, e ne sia partecipe con tutte le peculiarità e le prerogative che le competono per il posto che occupa e che il tempo le assegna".

E per chiarire a cosa intende riferirsi parlando di queste peculiarità e prerogative egli aggiunge: "In primo luogo, io considero l'Europa soltanto una piccola parte del contesto complessivo in cui si realizza lo sviluppo dell'umanità, e in secondo luogo non dimentico la storia dei popoli dell'Asia, che stanno ancora sonnecchiando, ma si dovranno svegliare prima o poi. In questo quadro pensare che la Russia possa o debba star ferma è un'autentica rovina. Per questo il suo destino è quello di andare sempre avanti, e la reputazione storica che si è saputa conquistare fino a questo momento deve essere certo conservata, ma anche spinta all'altezza dovuta, utilizzando a tal fine le chiare lezioni a tempo debito fornite dalla storia dei popoli circostanti dell'Oriente e dell'Occidente".

E queste lezioni dicono che ogni popolo deve essere in grado di adattarsi alle mutate condizioni di vita riuscendo, nello stesso tempo, a continuare a essere se stesso, cioè a conservare il nucleo essenziale delle sue tradizioni e del suo patrimonio storico, ideale e culturale, e a passare a una nuova condizione, più conforme al momento storico determinato in cui ci si trova. Se una nazione non è capace di soddisfare questa esigenza della storia essa è destinata a soccombere, o a essere messa ai margini dello sviluppo complessivo dell'umanità, che verrà assicurato e portato a più alti livelli da altri popoli.

"I cambiamenti", conclude Mendeleev, "sono difficili, ed essi comportano l'esigenza di dimenticare molto di ciò a cui si è abituati e che appartiene al novero delle tradizioni originarie: non ogni popolo è in condizione di sostenerli e di sopravvivere a essi".

Queste insistite considerazioni sul tema del cambiamento e sull'esigenza di saper coniugare, nel progetto di sviluppo da elaborare, innovazione e tradizione, domanda di futuro e rispetto del passato, senza cadere in eccessi e in unilaterali esaltazioni dell'uno o dell'altro aspetto, evidenziano come Mendeleev sia perfettamente consapevole che il grande limite culturale, che incombe sulla società russa e ne inceppa, fino al punto di comprometterla, la crescita su tutti i piani, economico, sociale, ideale, è la mancanza di un'idea guida come quella di progresso, inteso nel senso di mutamento graduale, equilibrato e controllato. A riprova di questa consapevolezza può essere citata la parte iniziale dell'introduzione dei suoi *Zavetnye mysli* (*Pensieri intimi*), del 1904. "Nella conversazione ordinaria si è abituati a tracciare soltanto la differenza tra idealismo e materialismo, chiamando talvolta quest'ultimo anche realismo. Le parole hanno, ovviamente, sempre un significato relativo e convenzionale ma, se ci si attiene alle loro rispettive origini, ai tre termini sopra elencati corrispondono punti di partenza del pensiero e delle sue modalità di comprensione nettamente diversi, e in questo quadro il realismo va collocato nel posto intermedio. Esso aspira a esprimere in sé la realtà e il grado di obiettività che gli uomini possono raggiungere, cioè secondo il buon senso, senza alcuna concessione a quei giudizi preconfezionati di cui si alimenta non solo l'idealismo ma anche il materialismo. Proprio questo realismo sta alla base di tutta la scienza e dello sviluppo di tutte le idee che possono essere fatte risalire, nella loro estensione complessiva, a essa. In

questa esposizione che farò cercherò di rimanere realista, così come sono stato sino a ora. L'autentico idealismo e il genuino materialismo sono prodotti del tempo antico, mentre il realismo è qualcosa di nuovo, almeno rispetto alla durata delle epoche storiche[...] Gli idealisti e i materialisti vedono la possibilità di cambiamenti solamente nelle rivoluzioni, il realismo invece riconosce che *i mutamenti effettivi si verificano soltanto gradualmente, secondo uno sviluppo evolutivo*².

A questa consapevolezza che un'autentica e duratura trasformazione sociale non può essere effettuata tutta d'un balzo e all'improvviso, o imposta dall'alto, senza un'autentica partecipazione del corpo sociale nel suo complesso, è strettamente associata l'idea dell'imprescindibilità della formazione e dell'istruzione come cardini di ogni processo di sviluppo. Il problema non è soltanto quello di accumulare beni materiali o di intervenire sul piano della costruzione di strutture in grado di produrre ricchezze: occorre coinvolgere gli uomini, modificando poco a poco il loro modo di pensare, in modo da staccarli dalle abitudini consolidate e portarli verso nuove idee e nuove concezioni. Ma per giungere a questo risultato bisogna, avverte Mendeleev, porre basi solide, che a loro volta richiedono un livello avanzato di accumulazione della ricchezza nazionale. Quest'ultima è quindi condizione necessaria ma non sufficiente per realizzare un'armonica crescita sociale e civile. Nessuna rivoluzione culturale può essere portata a termine se non si dispone di sufficienti risorse materiali. E infatti un programma articolato di sviluppo e innalzamento del livello di istruzione della popolazione può essere impostato e attuato soltanto se vengono soddisfatte almeno le seguenti condizioni generali:

"1) un ampio progresso della scienza in generale, che richiede grandi mezzi, poiché agli scienziati occorre garantire fondi adeguati, necessari non soltanto per le indispensabili strutture scientifiche (biblioteche, laboratori, osservatori e via di seguito) ma anche per consentire loro come persone di vivere in una certa agiatezza, come succede non soltanto in Inghilterra o in America, ma anche nella relativamente povera Germania. Ciò è necessario se si vuole che la ricerca scientifica richiami e possa ingaggiare gli uomini migliori; 2) di enormi risorse si ha bisogno per preparare una quantità sufficiente non solo di maestri per la scuola primaria, ma anche di docenti in grado di formare questi ultimi, e inoltre di professori dei livelli e degli ordini scolastici superiori; 3) di istituti superiori o, per essere più esatti, di scuole di alta qualificazione e di specializzazione, come le università, i politecnici, e accademie, per 140 milioni di persone, quanti siamo noi russi, ne occorre una notevole quantità, magari un centinaio, sparsi per tutto il paese, almeno se si vuole che l'istruzione superiore entri davvero nella vita della gente e si rifletta nella loro realtà, cioè nelle industrie e nelle amministrazioni. Ciascuno di questi, poi, ha ovviamente bisogno di una dotazione annuale che ne garantisca il funzionamento, e la loro sola edificazione richiede investimenti enormi, come si è visto di recente nel caso dei tre politecnici costruiti a Kiev, a Varsavia e a Pietroburgo, che sono venuti a costare più di 14 milioni di rubli soltanto per il loro allestimento iniziale, cioè una somma superiore a quella spesa per realizzare i precedenti istituti superiori, e che è più adeguata alle esigenze dei tempi delle ristrettezze in cui sono costrette a vivere le nostre università; 4) risorse ancora maggiori sono necessarie per le scuole medie, giacché il loro numero deve essere di gran lunga più alto di quello degli istituti superiori e, ovviamente, può essere lecito attendersi buoni risultati nel paese soltanto se i docenti di queste scuole potranno vivere in condizioni materiali tali da consentire loro di dedicare la loro vita alla maturazione degli studenti e a fungere da fari locali della scienza; 5) una quantità di mezzi tutt'altro che trascurabile è inoltre richiesta dall'istruzione nazionale nelle scuole primarie, giacché il numero di queste ultime deve essere molto elevato in

² D.I. Mendeleev, *Zavetnye mysli*, in *Socinenija*, t. XXIV, A.N. SSSR, Leningrad-Moskva, 1954, pp.253-54 (il corsivo è mio).

conseguenza del fatto che i 140 milioni di russi hanno almeno 12 milioni di bambini di età compresa tra gli 8 e i 13 anni, ai quali occorre assicurare la formazione generale iniziale.

Da questo quadro emerge un dilemma apparentemente inestricabile: per assicurare un arricchimento non effimero e fittizio è necessaria l'istruzione, e quest'ultima a sua volta non è pensabile senza una preventiva accumulazione di risorse. In questo dilemma si cade spesso anche a proposito di altri aspetti e modi di considerare il problema del 'bene nazionale'. Dal punto di vista del realismo non sussistono idee senza via d'uscita, in qualunque situazione è possibile trovare una soluzione storicamente accessibile e realizzabile, adatta al paese, al tempo e alle circostanze"³.

Ecco, il problema di fondo che Mendeleev si pone è proprio quello di trovare una risposta a questo dilemma che sia, a un tempo, ragionevole e conforme alla specifica condizione del popolo russo, alle sue tradizioni così come alle sue specifiche esigenze e aspettative. E su quali basi abbia cercato di venire a capo di esso egli lo dice nella parte finale di una lettera scritta il 10 luglio 1905 in risposta a uno dei tanti attacchi contro di lui comparsi sulla stampa. In questa lettera egli ricorda che le esperienze avute negli ultimi anni, in particolare il lavoro svolto a diretto contatto con le industrie carbonifere e petrolifere, per curarne lo sviluppo, e la direzione, da lui assunta fin dal 1893, della Camera dei pesi e delle misure, gli avevano consentito di farsi un'idea di prima mano della situazione economica del paese, di cui ha pertanto potuto assumere una conoscenza precisa e diretta: "Una volta lasciata l'Università ho teso tutte le mie forze verso la pratica della vita economica della Russia. Le cose di cui mi sono occupato, come la polvere senza fumo o i 'pesi e le misure', hanno costituito soltanto un briciolo degli sforzi complessivi fatti per tentare di influire sulla situazione economica della Russia, cercando di orientare in qualche modo, attraverso le misure da assumere nell'ambito di essa, la politica governativa. Allora io avevo in particolare esperienza diretta di industria petrolifera. Ho cominciato a occuparmi di questo comparto con V.A. Kokorev e successivamente, grazie ai legami stabiliti con N.M. Lihtenbergsk e con M.H. Rejtern, sono riuscito a far molto per lo sviluppo di esso nel nostro paese, facendo capire l'importanza che rivestiva e attirando verso di esso ingenti capitali, ma senza mai entrare a diretto contatto con essi e sporcarmi le mani. Il mio impegno in queste direzioni mi ha portato a stabilire stretti rapporti con N.A. Vysnegradskij e con S.Ju. Vitte, i quali mi hanno convinto che per favorire lo sviluppo e il rafforzamento dell'industria della Russia inizialmente non era possibile altra soluzione che assumere una politica protezionistica. La cosa che mi premeva e mi sembrava più urgente era quella di assicurare a tutte le classi e le categorie la possibilità di lavorare senza problemi, e ciò doveva valere per tutti, a cominciare dai capitalisti e dai tecnici fino al più umile operaio o lavorante a giornata. Ora gli sciocchi mi mettono sotto processo per questa mia scelta: facciano pure, sono liberi di comportarsi come credono, io non ho proprio nulla di cui pentirmi dal momento che non mi sono posto al servizio di nessuno, né del capitale, né della forza lavoro, né di chicchessia, e tantomeno ho pensato al mio tornaconto personale. L'unico mio impegno e sforzo è stato, è tuttora e sarà sempre, almeno finché sarò in condizione di operare attivamente, quello di agevolare il decollo di un sistema industriale serio e produttivo nel nostro paese, nella convinzione che la politica, l'ordinamento dello Stato, l'istruzione e persino la difesa del paese non sono oggi nemmeno concepibili senza un serio sviluppo industriale: l'intero complesso delle trasformazioni che ho sempre desiderato e per le quali ho lottato per l'intera mia vita, tutta la libertà che ci è necessaria e di cui dobbiamo disporre devono essere posti a mio avviso al servizio di questo traguardo da raggiungere, devono trovare qui il loro punto di convergenza. *La scienza e l'industria, ecco i miei sogni* . Essi sono concentrati tutti qui, su questi due grandi problemi. D. Mendeleev".⁴

³ *Ibidem*, pp.255-57

⁴ Cfr. P. Sletov e V. Sletova, *Mendeleev*, Moskva, 1933 ,p.155

Quanto gravi e delicati fossero i problemi posti dall'arretratezza del paese e dalla mancanza di una classe dirigente all'altezza dei temi e delle esigenze Mendeleev lo poté constatare e lo dovette anche sperimentare sulla propria pelle fin dal momento in cui, nel 1861, rientrò a Pietroburgo dopo un biennio trascorso a Heidelberg, presso il laboratorio di R.W. von Bunsen e di G.R. Kirchhoff. Era stato, quello, un anno particolarmente importante dal punto di vista dell'attività scientifica. A ottobre aveva infatti dato alle stampe il libro *Organiceskaja himija* (*Chimica organica*), opera dedicata alla sistematizzazione dell'abbondante materiale che si era accumulato nella chimica organica sulla base della classificazione dei composti organici in serie omologhe. A proposito di questa modalità di classificazione egli rilevava che " dare la descrizione di un singolo termine in una serie omologa e descrivere i composti che da esso derivano significa dare la descrizione generale del gran numero di omologhi e loro derivati, dare cioè un sistema a un enorme numero di corpi"⁵.

L'anno seguente la Facoltà di fisica-matematica gli offrì un posto di professore straordinario di tecnologia, campo di ricerca nel quale aveva già acquisito un'indiscussa autorità, grazie ad alcuni articoli e saggi che l'avevano segnalato all'attenzione degli specialisti. Si trattava di un riconoscimento importante e di grande prestigio per un giovane di soli 29 anni: ma il ministero dell'Istruzione nazionale non ratificò la nomina, motivando questo rifiuto con un cavillo formale, il fatto cioè che egli non avesse ancora conseguito il dottorato. Fu, questo, il primo di una lunga serie di ostacoli e ostruzionismi, volti a frenare la carriera e l'attività di Mendeleev per varie ragioni, soprattutto per la diffidenza che il governo nutriva nei confronti di questo scienziato che, pur non avendo mai aderito ai movimenti rivoluzionari, non si preoccupava minimamente di nascondere la propria avversione nei confronti del regime, autoritario e conservatore, che guidava il paese, fiaccandone le migliori energie.

Mendeleev non si lasciò comunque prendere dallo sconforto e dalla delusione per questa frenata imposta al suo cammino e continuò a lavorare con grande energia ed entusiasmo. Accettò un posto di professore all'Istituto tecnologico di Pietroburgo e nel frattempo proseguì la propria attività di studio e di ricerca, preoccupandosi di ultimare al più presto la tesi di dottorato in chimica *O soedinenii spirta s vodoj* (*Sulla combinazione di alcool e acqua*). La discusse, con pieno successo, nel febbraio del 1865 e subito dopo gli fu assegnato, questa volta senza nessun impedimento, il posto di professore straordinario di chimica tecnica nell'università di Pietroburgo. Alla fine dello stesso anno ottenne la conferma, divenendo professore ordinario presso la stessa cattedra.

Nel 1867 si trasferì alla cattedra di chimica generale e cominciò a occuparsi della riorganizzazione del settore di chimica dell'Ateneo nel quale lavorava. Fece a tal scopo valere tutto il suo peso e la sua influenza per chiamare a Pietroburgo i migliori chimici di cui disponesse il paese: in particolare si adoperò per acquisire il trasferimento dall'Università di Kazan' di Aleksandr Mihajlovic Butlerov, che fu in effetti invitato a ricoprire la cattedra di chimica organica. Cominciò così una collaborazione intensa e fruttuosa, ma anche burrascosa e caratterizzata da momenti di tensione e di aspro scontro, che proseguì fin quasi al 1886, anno della morte di Butlerov.

L'iniziale intesa tra questi due grandi ricercatori portò a una crescita rapida e intensa dell'insegnamento della chimica e dell'importanza di questo settore di ricerca nel complesso dell'attività dell'università di Pietroburgo. Insieme favorirono la chiamata come professore dell'ateneo di N.A. Mensutkin, il quale si era segnalato all'attenzione dei docenti già con la sua tesi di laurea, dal titolo *Sintez i svoistva ureidov* (*Sintesi e proprietà delle ureidi*), e che stava compiendo interessanti ricerche sulla velocità delle trasformazioni chimiche dei composti organici a seconda della composizione e della struttura dei reagenti. Sempre insieme Mendeleev e Butlerov fondarono nel 1868 la Società fisico-chimica russa, alla quale furono

⁵D.I. Mendeleev, *Organiceskaja himija*, in *Socinenija (Opere)*, VIII, Leningrad-Moskva, 1948 ,p. 118

associati lo stesso Mensutkin, Necaev e altri chimici di valore. La prima riunione della Società si svolse nell'appartamento di Mendeleev, che gli era stato assegnato poco prima, e che si trovava proprio nei pressi dell'Università, il che gli consentiva di vivere praticamente a stretto e diretto contatto con i laboratori, dove passava gran parte della sua giornata. La nuova istituzione svolse un ruolo importante nello sviluppo della chimica in Russia e assunse iniziative di grande rilievo e significato, come la fondazione della prima rivista scientifica del paese, interamente dedicata ai problemi delle scienze esatte.

Un altro obiettivo di rilievo che la Società fisico-chimica si pose era quello di trovare fondi e finanziamenti per la ricerca, e in particolare per il laboratorio di chimica. Le attrezzature e le dotazioni di cui esso poteva disporre erano infatti del tutto insufficienti a garantire un soddisfacente lavoro ai professori e agli studenti. Fino al 1863 ad esso veniva assegnata una somma complessiva di 400 rubli all'anno e tutte le cattedre di chimica potevano contare su un solo tecnico di laboratorio. Mancava anche l'indispensabile. Il professor Gustafson, che a quel tempo era il tecnico alle dipendenze di Mendeleev, così rievoca la situazione: " Non c'era gas, bruciavamo alcool metilico, e persino di questo dovevamo spesso riscontrare la mancanza, perché lo beveva il vecchio custode, l'unico che era a disposizione del laboratorio. I connettori non funzionavano bene e quando io, che allora ero ancora studente, cominciavo a preparare pentacloruro di fosforo era costretto ad aspirare il cloro, cosa che mi causava di continuo l'infiammazione dei polmoni"⁶.

Gli sforzi che Mendeleev aveva dedicato a far comprendere come un laboratorio ampio e attrezzato fosse indispensabile per una seria attività di ricerca e per la stessa preparazione degli studenti non erano valse a gran che. Nel 1866 il laboratorio era fatto di due sole stanze, una delle quali era per giunta molto buia. Il lavoro di tutti coloro che si avvicendavano in quegli spazi angusti, soprattutto di chi, come Dmitrij Ivanovic, passava, come si è detto, gran parte della sua giornata in quei locali, era pertanto particolarmente disagiata, e ciò non favoriva di certo la creatività e la produttività.

Nel 1868 Mendeleev acquistò la tenuta di Boblovo, a circa 20 km da Klin, nella provincia di Mosca. Si trattava di una splendida località, circondata da monti in mezzo ai quali scorreva un piccolo fiume, dell'estensione complessiva di quasi 400 dessiatine*, la maggior parte delle quali era occupata da boschi e prati. C'erano però circa 60 dessiatine di terreno coltivabile, in parte già lavorato, senza alcun profitto, in parte lasciato incolto, e Mendeleev decise di impiantarvi un campo sperimentale: i risultati di questi suoi esperimenti furono successivamente da lui messi a disposizione dell'Accademia delle scienze. L'acquisto di Boblovo gli diede quindi la possibilità di dedicarsi nei ritagli di tempo, ma con passione ed entusiasmo, all'agricoltura, cosa che, come vedremo, in qualche modo interagì con il risultato al quale è legato il suo nome e che consolidò in modo definitivo il suo prestigio e la sua fama: la scoperta della legge della periodicità e l'elaborazione del sistema periodico degli elementi.

2. La scoperta della legge periodica.

Al momento in cui questo risultato venne conseguito, e cioè nel febbraio del 1869, erano noti 63 elementi e un gran numero di dati sulle loro proprietà chimiche: inoltre erano già stati stabiliti con relativa esattezza i pesi atomici della maggior parte di questi elementi. Il Congresso di Karlsruhe del 1860 aveva poi contribuito ad affinare i concetti di 'atomo', 'molecola', 'peso atomico' e a formulare il concetto di 'valenza'. Questi furono i presupposti essenziali dell'elaborazione creativa che condusse alla messa a punto della teoria della periodicità.

⁶ Citazione tratta da P. Sletov e V. Sletova, *Mendeleev*, cit. p.64

* Vecchia misura agraria russa, pari a 1,09 ha

Alcuni ricercatori, soprattutto J.H. Gladstone, L. Gmelin, P. Kremers, J.P. Cooke, E. Lenssen, M. Pettenkofer, J.B. Dumas e A. Strecker, avevano scoperto una serie di relazioni matematiche fra i pesi atomici degli elementi delle famiglie naturali. Il passo decisivo compiuto da Mendeleev fu quello di liberarsi del riferimento a concetti vaghi, come quello di similarità tra gli elementi, e di provare a disporre tutti gli elementi nell'ordine crescente dei loro pesi atomici, mentre prima venivano, appunto, sottoposti al confronto gli elementi considerati simili tra loro. Fu grazie a questa impostazione che egli il 1 marzo (17 febbraio secondo il calendario allora in vigore in Russia) del 1869 riuscì a compilare la tabella da lui denominata *Opyt sistemy elementov, osnovannoj na ih atomnom vese i himiceskom shodstve* (*Tentativo di un sistema degli elementi, basato sul loro peso atomico e sull'affinità chimica*, che divenne il prototipo del futuro sistema periodico degli elementi.

All'inizio del 1869 Mendeleev stava lavorando alla stesura dei primi capitoli della seconda parte della sua opera *Osnovy himii* (*Principi di chimica*). Si trattava, in particolare, dei capitoli dedicati al sodio (il 1°), ai suoi analoghi (il 2°), alla capacità termica (il 3°) e ai metalli alcalino-terrosi (il 4°). Nella prima memoria scritta nel marzo del 1869 a commento del suo tentativo di elaborazione del sistema periodico degli elementi, intitolata *Sootnosenie svoistv s atomnym vesom elementov* (*Corrispondenza delle proprietà con il peso atomico degli elementi*), quella in cui enunciò l'idea che "gli elementi disposti in ordine crescente del loro peso atomico manifestano la netta periodicità delle proprietà", egli mise in evidenza il fatto che la periodicità degli elementi fu da lui riscontrata proprio nel corso della elaborazione di questo suo manuale, al quale attribuì sempre, non a caso, una fondamentale importanza.

Nel 1868 Mendeleev era riuscito a completare la prima parte dei *Principi*, articolata in due fascicoli. Il primo, già pubblicato nel corso dell'estate di quell'anno, conteneva proprio all'inizio un elenco dei 63 elementi allora noti in ordine alfabetico senza indicazione del loro peso atomico. Per ciascuno di essi si limitava a fornire una breve descrizione dello stato fisico, a dar conto della sua diffusione in natura e del grado di conoscenza raggiunto relativamente a esso. Evidentemente in quel momento Mendeleev non attribuiva ancora ai pesi atomici un significato decisivo ai fini della disposizione degli elementi e del loro inserimento all'interno di un sistema. Solo alla fine del secondo fascicolo compare una prima "tabella di pesi atomici delle più comuni sostanze semplici" che comprendeva soltanto 22 elementi, poco più, cioè, di un terzo di quelli conosciuti.

Quando passò a scrivere la seconda parte dell'opera cominciò invece a percepire l'importanza che i pesi atomici potevano assumere ai fini del chiarimento dei rapporti che sussistono tra gli elementi, appartenenti a uno stesso gruppo naturale. Così, ad esempio, riferendosi ai metalli alcalini egli scrive: "Questi pesi atomici mostrano che nella serie dei metalli alcalini affini, come in quella degli aloidi, è possibile disporre gli elementi secondo la grandezza del loro peso atomico allo scopo di ricavare un giudizio sulle proprietà relative dei composti affini delle sostanze di questo gruppo"⁷.

Per il momento, dunque, egli si limitava al confronto dei pesi atomici degli elementi *affini*, e non si era invece ancora posto il problema di applicare il medesimo metodo agli elementi *non affini*. In altre parole aveva cominciato a rendersi conto del significato dell'ordine della disposizione degli elementi secondo il loro peso atomico *all'interno* dei gruppi naturali, ma ancora non era giunto a stabilire il valore del legame *tra* gli stessi gruppi in corrispondenza con i pesi atomici dei loro componenti accostati e raffrontati a due a due. A questa conclusione egli, però, si approssimava sempre di più man mano che, procedendo nella sua analisi, si rendeva conto che nell'ambito dei diversi gruppi i pesi atomici dei loro componenti mutavano in modo simile. Sintomatica, da questo punto di vista, è l'affermazione che conclude il 2° capitolo della II parte dei *Principi*: "La serie naturale dei metalli alcalini:

⁷ D.I. Mendeleev, *Socinenija* (*Opere*), Vol. XIV, AN SSSR, Leningrad-Moskva, 1949, pp. 101-102

Li=7, Na=23, K=39, Rb=85, Cs=133 risulta affine alla serie naturale degli aloidi. Essa determina l'ordine delle proprietà e dell'energia di questi elementi"⁸.

Nell'accingersi alla stesura dei restanti capitoli della 2^a parte del suo manuale egli si preoccupò, quindi, di ridefinirne il profilo ed elaborò a tal scopo, presumibilmente nei primissimi giorni del 1869, un nuovo piano di lavoro dell'opera, più dettagliato ed elaborato, che venne poi integrato e ulteriormente precisato tra la fine di febbraio e l'inizio di marzo 1869. Eccone la trascrizione* :

{ Parte 1 H, O, N, C, Cl, F, Br, J }	
Parte 2	
Cap. 1 Na.	
Cap. 2 K, Li, Cs, Rb.	
Cap. 3 Mg. [Ca.]	
Cap. 4 <i>Ca</i> . Sr. Ba.	
Cap. 5 Zn. Cd. In. ~~	
Cap. 6 Cu. Ag.	
Cap. 7 Hg. Pb. Tl.	
Cap. 8 S. Sh.	
Cap. 9 So e altri. Se. Te.	{cap} 15 [Co e al.] Fe. Mn. Cr.
Cap. 10 P. V.	Ni. Co. Ur
Cap. 11 Sb. As. Bi. [V.]	Ni. Mo. Ta. W.
Cap. 12 B. Al.	Pl. R{h}. Ru.
Cap. 13 Si.	Pt. Ir. Os.
Cap. 14 Ti. Zr e altri. {Sn. Th?}	Au.

Confrontando dunque le due varianti del 1868, la prima e la seconda, con questa dell'inizio del 1869 si ottiene la seguente tavola comparativa** :

tavola p. 349

⁸ *Ibidem* , p. 103

* Tra parentesi quadre è riportato ciò che è stato cancellato da Mendeleev: in corsivo è indicato il simbolo dell'elemento trasferito in una nuova collocazione; tra parentesi graffe figurano le integrazioni redazionali, fatte dal curatore; le formule SH e So si riferiscono ai composti dello zolfo con l'idrogeno e l'ossigeno; con il simbolo Ni nel secondo caso - subito prima di Mo- è indicato il niobio.

** Dove in corsivo sono indicati i simboli degli elementi trasferiti in una nuova collocazione: in grassetto i simboli degli elementi inseriti *ex novo*; e infine tra parentesi graffe figurano le interpolazioni redazionali.

Oltre alla maggiore completezza che lo contraddistingue, il piano del 1869 si caratterizza, rispetto ai precedenti, per il fatto che tra i metalli alcalini e quelli alcalino-terrosi mancano metalli di transizione di qualunque genere, in quanto i due gruppi in questione confinano tra loro e sono direttamente contigui.

Queste, dunque, erano le questioni con le quali Mendeleev si stava misurando all'inizio del 1869 e il livello di elaborazione al quale egli era giunto alla fine di febbraio.

In questo complesso di temi di natura teorica si innestò, in modo fortuito un evento legato agli interessi pratici del chimico russo, in particolare alla sua costante passione per l'agricoltura e per i problemi di un suo sviluppo più razionale e più redditizio sotto il profilo economico e della sua modernizzazione. Al fine di dare il suo contributo attivo alla soluzione di questi problemi egli partecipò con entusiasmo e solerzia all'attività della Società di Economia privata (VEO), di cui era membro, che aveva tra l'altro organizzato in diverse province settentrionali del paese cooperative di produzione casearia. Uno degli artefici di questa iniziativa era N.V. Verescagin, il quale alla fine del 1868 si rivolse alla VEO chiedendo la disponibilità di uno dei membri della Società a esaminare sul posto i problemi legati a questo tipo di produzione.

Mendeleev accettò volentieri l'invito: nel dicembre del 1868 cominciò a studiare in modo approfondito la questione, e si dichiarò pronto a visitare alcuni centri di produzione, fissando orientativamente per l'inizio di marzo la partenza per il suo viaggio di studio. In prossimità della data stabilita scrisse al Rettore dell'Università di Pietroburgo K. Kessler per chiedergli un congedo di dieci giorni, a partire da lunedì 1° marzo, allo scopo di poter compiere la prevista missione. L'autorizzazione richiesta gli fu rilasciata due giorni prima della data della partenza, e cioè il sabato precedente.

La mattina di quel 1° marzo egli ricevette da A.I. Hodnev, segretario della Società di Economia privata, una comunicazione a nome del Consiglio della Società medesima, riguardante il viaggio che si apprestava a effettuare, e una lettera personale dello stesso segretario. Quest'ultima è diventata una fonte di straordinario interesse ai fini della ricostruzione della storia della scoperta della legge periodica grazie alle annotazioni a matita fatte da Mendeleev sul retro di essa (Foto I, pag. 42). L'importanza di queste annotazioni consiste nel fatto che in esse per la prima volta si procede al confronto di gruppi di elementi sulla base della grandezza del peso atomico dei loro componenti.

Per comprendere sia il senso, sia il valore di questo documento occorre ricordare brevemente in quale fase dello sviluppo delle ricerche del suo autore esso venga ad inserirsi. Come si è già avuto occasione di dire, in quel momento Mendeleev aveva già completato i primi tre capitoli della 2^a parte dei *Principi di chimica* (il terzo solo in minuta). La sua attenzione era quindi concentrata sulle nuove questioni da affrontare e risolvere, e in particolare sugli argomenti del capitolo seguente, che doveva occuparsi dei metalli alcalino-terrosi, e dei successivi, dedicati invece a Zn, Cd, In e ad altri metalli. La conclusione alla quale egli era giunto alla fine del 3° capitolo era chiaramente insoddisfacente dal punto di vista teorico. Da una parte, infatti, se si partiva dal principio di distribuzione degli elementi secondo l'atomicità, inizialmente assunto come presupposto per la costruzione dell'opera nel suo complesso, alla trattazione dei metalli alcalini (capitoli 1° e 2°) doveva seguire quella dei metalli "di transizione", vale a dire Cu, Ag, Hg, e non la parte dedicata ai metalli alcalino-terrosi. Ciò scaturiva dal complesso delle considerazioni teoriche alle quali ci si era riferiti.

Dall'altra, però, sotto il profilo pratico appariva senz'altro più opportuno invertire quest'ordine, antepo- nendo l'esame dei metalli alcalino-terrosi a quello dei metalli "di

transizione". E ciò per tutta una serie di buoni motivi, quali il fatto che i metalli alcalino-terrosi s'incontrano più frequentemente, sono meglio conosciuti, hanno tratti caratteristici più netti e marcati, e, soprattutto, stanno in un rapporto chimico più ravvicinato e diretto con i metalli alcalini di qualsiasi altro elemento. C'era dunque un contrasto evidente tra ragioni di carattere teorico e considerazioni di carattere pratico e di comodità espositiva alle quali, però, si poteva attribuire un valore esclusivamente soggettivo e che non sembravano avere nessuna base conoscitiva autentica. L'anello che mancava per poter conferire valore e significato anche teorici a questa distribuzione degli argomenti che sembrava rispondere soltanto a criteri di praticità era il confronto dei pesi atomici, rispettivamente, dei metalli alcalini e di quelli alcalino-terrosi: Ca=40 con K=39, Sr=87,6 con Rb=85,4 e via di seguito. Proprio questo era il risultato al quale Mendeleev si stava pian piano avvicinando e che venne conseguito quel 1° marzo, proprio attraverso le annotazioni fatte a matita sul foglio della lettera di Hodnev, che rappresentano il primo tentativo di porre a raffronto i pesi atomici degli elementi non affini e dei loro gruppi.

Se mettiamo tra parentesi graffe i simboli mancanti degli elementi, e usiamo il punto interrogativo per indicare il caso dubbio, le annotazioni in questione assumono la forma seguente:

{Na}	23	{K}	39	{Rb}	85	{Cs}	133
{2Li?}	14	{Mg}	24	{Zn}	65	{Cd}	112
9 15 20 21							

Otteniamo dunque il primo confronto, effettuato da Mendeleev, dei pesi atomici di due gruppi di elementi *non affini* allo scopo di evidenziare e definire le loro differenze. Qui infatti nella prima riga vengono trascritti gli elementi con peso atomico maggiore, sotto di essi, nella seconda, quelli con peso atomico minore e quindi si stabilisce la differenza sottraendo il numero inferiore da quello superiore.

E' vero che in questo caso Mendeleev non confronta ancora i gruppi degli elementi con i pesi atomici più vicini dal punto di vista della loro grandezza. Proprio per questo la differenza che si ottiene è troppo grande e tutt'altro che omogenea, visto che varia da 9 a 21. Tra ogni coppia di elementi presi in considerazioni e posti a raffronto ne possono infatti essere inseriti alcuni altri con pesi atomici di valore intermedio. Così, tra Mg=24 e K=39 si può collocare Al=27,4, Si=28, P=31, S=32, Cl=35,5; e tra Zn=65 e Rb=85 As=75, Se=79,4, Br=80 e via di seguito. Ed è proprio questo il motivo per cui nelle differenze che si ottengono non risulta ancora visibile alcuna regolarità, ad eccezione del solo fatto che esse crescono in precisa successione, e in modo anche piuttosto significativo. Ma la cosa importante è quella sulla quale si è ripetutamente richiamata l'attenzione, e cioè il fatto che questo è il primo esempio di raffronto, sulla base della grandezza dei pesi atomici, di due gruppi di elementi non affini.

Giunto a questo punto, Mendeleev, valendosi del principio di distribuzione degli elementi appena individuato, provò a farne la base di costruzione del nucleo del futuro sistema, della sua parte centrale, costituita dagli elementi meglio conosciuti e dai loro gruppi. Dai documenti d'archivio, pubblicati a Leningrado nel 1951 con il titolo *Arhiv D.I. Mendeleeva. Avtobiograficeskie materialy* risulta che, a differenza di come aveva proceduto nelle annotazioni fatte sulla lettera di Hodnev, questa volta egli prese le mosse non dai metalli alcalini, ma dagli aloidi; per questo nell'ordine decrescente dei pesi atomici agli aloidi dovevano dunque seguire i non metalli ("metalloidi") del gruppo O, del gruppo N e del gruppo C. Se dunque inizialmente egli aveva cercato di giungere alla soluzione del problema generale di distribuzione degli elementi, cioè all'elaborazione di un sistema generale, dalla parte dei metalli, ora decise di procedere cominciando dall'estremo opposto.

In assenza di un elenco generale e completo dei pesi atomici degli elementi Mendeleev poteva disporre, per procedere nei suoi tentativi di costruzione del sistema, della seguente tavola, con i dati meno recenti e aggiornati, risalente al 1867:

tavola p. 341

della lista dei pesi atomici delle "sostanze semplici più comuni" (22 elementi in tutto), compilata a metà circa del 1868:

pag. 342

e infine dell'elenco dei 63 elementi allora conosciuti con una breve descrizione dei loro tratti caratteristici, pubblicato all'inizio dei *Principi di chimica* e privo, come si è detto, dell'indicazione dei pesi atomici. Mendeleev come prima cosa cercò di condensare in un insieme unitario i dati e le informazioni contenuti in questi tre distinti quadri riepilogativi. Riprese dunque in mano la tavola dei *Principi*, integrandola con i dati più aggiornati e precisi, riguardanti i pesi atomici e, come egli stesso ricorda nell'8^a edizione degli *Osnovy khimii*, pubblicata nel 1906, preparò per ogni singolo elemento una scheda riassuntiva con i principali dati relativi a esso. Cominciò a procedere a un'attenta lettura e al confronto dei dati

così raccolti e sintetizzati e, rispetto alle tabelle del 1868 e del 1869, introdusse un'importante variante: in tutti i casi in cui figuravano, al posto dei pesi atomici, gli equivalenti procedette o a raddoppiare questi ultimi, o a eliminarli, lasciando accanto al simbolo degli elementi un posto vuoto e senza neppure tentare di ipotizzare per essi un peso atomico qualsiasi. Il risultato ottenuto è la seguente tavola:

tavola p. 382

A questo punto l'attenzione di Mendeleev si concentrò sulle schede riassuntive delle caratteristiche degli elementi, appena predisposte, e sulla loro disposizione. Il problema che stava via via emergendo era quello di individuare, per ciascuna di esse, una collocazione che in qualche modo rispecchiasse non solo le peculiarità del singolo elemento a cui si riferiva, ma, soprattutto, i rapporti tra gli elementi nel loro complesso. Cominciò così quel "gioco" di spostamento delle schede che A.E. Fersman in un suo articolo dedicato alla scoperta del sistema periodico⁹ ha efficacemente paragonato a un "solitario". Nelle file orizzontali Mendeleev dispose le schede relative agli elementi affini, appartenenti cioè a uno stesso gruppo (e quindi, proseguendo nella metafora, le schede dello stesso "seme" chimico, ma di diverso "valore"); nelle colonne verticali collocò le schede degli elementi aventi pesi atomici vicini, e quindi appartenenti a uno stesso periodo (e dunque le schede più o meno dello stesso "valore", ma di diverso "seme"). Si trattava, pertanto, di una disposizione non casuale, ma che cercava di riflettere il più possibile proprietà e relazioni effettive degli elementi. Lo sforzo del "giocatore" era a questo punto diretto verso l'obiettivo di riuscire, in questo modo, a trovare una casella adeguata, cioè conforme ai principi d'ordine seguiti, per ciascuno dei 63 elementi conosciuti. Convinto com'era che una qualsiasi regolarità o relazione di dipendenza può essere legittimamente considerata una legge di natura solo se "non ammette eccezioni"¹⁰ non poteva ritenere concluso il suo lavoro finché tale traguardo non fosse stato raggiunto. Procedendo in questo modo era facile vedere quali fossero le caselle che restavano vuote, non coperte da nessuna delle schede disponibili: proprio sulla base delle regole del gioco stabilite la mancanza di un elemento corrispondente a un determinato "seme" e "valore" diventava paragonabile alla semplice constatazione dell'assenza di una determinata carta all'interno di un mazzo che si sarebbe supposto completo. Così nella serie C, Si, Ti, Zr, Sn saltava agli occhi il fatto che tra Ti e Zr c'era un posto vacante, non coperto da nessun elemento conosciuto, al quale Mendeleev fece corrispondere una x, e di cui fu calcolato, proprio in base alla sua collocazione all'interno della serie medesima, anche il peso atomico presunto $x=72$.

⁹ *Periodiceskij zakon D.I. Mendeleeva i ego filosofskoe znacenie (La legge periodica di Mendeleev e il suo significato filosofico)*, Gospolitizdat, Moskva, 1947, p. 101

¹⁰ D. I. Mendeleev, *Osnovy himii*, izd.8, Sankt Peterburg, 1906, p. 617

Le difficoltà maggiori si presentavano allorché la grandezza del peso atomico (cioè il suo "valore") e le proprietà chimiche (cioè il "seme") di un determinato elemento sollevavano incertezze, apparivano cioè per qualche ragione non chiari e convincenti, il che lasciava spazio a seri dubbi circa la giusta posizione da assegnare alla scheda corrispondente all'interno del "solitario". La soluzione di simili problemi non poteva, ovviamente, essere lasciata al caso o alla fantasia, ma richiedeva una particolare abilità da parte del giocatore, e cioè la sua capacità di studiare in modo più approfondito i tratti caratteristici dell'elemento in questione e di pervenire, in tal modo, a una più attenta e precisa determinazione del peso atomico.

Fu proprio così che si comportò Mendeleev in relazione a Be, In, Ca, Sr, Ba e ad altri elementi: l'analisi delle schede e della posizione degli analoghi di ciascuno di essi, coniugata con ciò che emergeva dal quadro complessivo del sistema in via di costruzione e dai valori che si accordavano con le esigenze della legge della periodicità e con i "ritmi" da essa suggeriti, lo indusse a verificare per prima cosa, laddove ci fosse una casella vacante, se per caso essa non potesse venir riempita da uno degli elementi già noti, previa rideterminazione del suo peso atomico.

Fu attraverso queste considerazioni che egli giunse a correggere il peso atomico di Be (da 14 a 9,4). Non solo, ma il fatto che tra Mg e Si ci fosse un posto vuoto e che Al fosse rimasto fino a quel momento fuori dal quadro tracciato, lo indusse a collocare Al=27 proprio in quella posizione scoperta. Esempi analoghi di spostamenti e di correzione dei pesi atomici fino a quel momento accettati sono riportati con dovizia di particolari dallo stesso Mendeleev nei testi delle memorie qui pubblicate.

Sulla base dell'intuizione iniziale, "fissata" sul foglio della lettera di Hodnev, del complesso dei dati aggiornati di cui poteva ora disporre e delle risultanze del suo "solitario" Mendeleev buttò giù una prima versione, zeppa di cancellature e correzioni, del sistema, sotto forma di tavola dalla quale emergono i singoli stadi di messa in ordine, secondi i principi ricordati, delle schede relative a ciascuno dei 63 elementi noti. Il risultato è il seguente:

fotoc. 4

A questo punto Mendeleev ritenne che fosse ormai giunto il momento di dare al lavoro sino a quel momento compiuto forma di primo risultato da comunicare all'esterno e sul quale confrontarsi con la comunità scientifica. Decise quindi di predisporre una tavola riassuntiva da dare alle stampe, mettendo "in bella copia" per così dire e modificando laddove era necessario la tabella che abbiamo ora preso in considerazione. La nuova tavola, che reca il titolo *Opyt sistemy elementov, osnovannoj na ih atomnov vese i himiceskom shodstve* (*Tentativo di un sistema degli elementi, basato sul loro peso atomico e sull'affinità chimica*), che figura sia in russo nell'intestazione centrale del manoscritto, sia in francese in un apposito riquadro subito sotto l'elenco dei simboli degli elementi con il loro peso atomico, e che ha la data del 17 febbraio 1869 (vale a dire il 1° marzo, secondo il nostro calendario) presenta alcune importanti modifiche, rispetto a quelle di partenza, sulla quali era basata. In primo luogo gli elementi in essa sono disposti non secondo l'ordine *decescente*, ma secondo quello *crescente* dei loro pesi atomici, se si leggono le colonne in cui si articola

dall'alto in basso. Gli elementi più pesanti figurano dunque ora sotto quelli più leggeri, e non viceversa come in precedenza.

In secondo luogo nei posti in cui vi erano degli spazi vuoti che lasciavano presagire il riferimento a elementi non ancora scoperti Mendeleev inserì il punto interrogativo e, accanto a esso, il valore presumibile del peso atomico. Nella tavola di cui stiamo parlando sono 6 in tutto le situazioni di questo tipo, soltanto quattro delle quali del tutto inedite, in quanto due figuravano già nelle bozze precedenti, e precisamente:

1) $?=22$ sopra $Mg=24$, tra H e Cu;

2) $?=70$ sopra $As=75$, tra Si e Sn.

Gli altri quattro elementi di cui si ipotizzava l'esistenza vengono invece riportati qui per la prima volta. Si tratta di:

3) $?=8$, situato sopra $Be=9,4$, tra $H=1$ e $?=22$;

4) $?=68$, posto sopra $?=70$, tra Al e Ur;

5) $?=45$, sotto $Ca=40$, nella parte inferiore della tavola;

6) $?=180$, sopra $Ta=182$, nella parte superiore.

In terzo luogo nell'estremità destra della tavola inizialmente inserì un elemento sconosciuto nella serie Zn-Cd, sotto $Hg=200$, indicandolo, al solito, con il punto interrogativo, ma in seguito cancellò questa indicazione, ritenendo, con tutta probabilità, che la colonna degli elementi più pesanti non fosse ancora messa a punto in maniera soddisfacente e sufficientemente precisa. Proprio questa incertezza spiega anche i due punti interrogativi che figurano accanto a $Au=197?$ e $Bi=210?$, in quanto nel caso di entrambi questi elementi la grandezza del peso atomico sembrava collocarli al di fuori della serie generale degli elementi, disposti secondo l'ordine crescente dei loro pesi atomici.

In quarto luogo, al fine di evitare che ci fossero due posti vuoti nella serie $Mn=55$ (nella quale, in tal caso, sarebbe rimasto il solo Mn) reinserì in uno di essi $Ni=Co=59$; in tal modo condensò in un'unica casella il numero dei componenti della colonna Ti-Cu, equiparandolo a quello degli elementi delle colonne limitrofe Zr-Ag e $?=180$ -Hg.

Infine provò a mutare la collocazione di H nel sistema, scrivendo inizialmente $H=1$ nella serie B-Al; ma successivamente lo ritrasferì nel posto originario, nella serie Cu-Ag.

Il risultato complessivo è la seguente tabella:

tavola p. 408

Ai margini di essa figurano alcune indicazioni per la tipografia, tra le quali la più importante, in quanto attesta la fretta di Mendeleev, che si accingeva, quello stesso lunedì 1° marzo, a partire da Pietroburgo, è la seguente: "Prego di procedere al più presto alla preparazione della bozza e di trasmettere a me la 1^a".

In fase di correzione della bozza egli apportò alcune modifiche, sino a dare alla tavola la forma definitiva, riportata a p. [...] del testo.

Fino al dicembre 1871 Mendeleev fu quasi totalmente assorbito dall'elaborazione della sua scoperta e, in particolare, dal perfezionamento della struttura del sistema degli elementi. Egli introdusse a tal scopo i concetti di periodo, di gruppo di elementi e di posto dell'elemento nel sistema: propose di variare i pesi atomici dell'indio, dell'uranio, del cerio e dei suoi analoghi; fu in grado di prevedere l'esistenza e le proprietà di alcuni elementi ancora sconosciuti (circa 10). Inoltre formulò altre previsioni ancora più sorprendenti per la loro esattezza, come quelle relative agli analoghi mancanti dell'alluminio (quello che poi si dimostrò essere il gallio), del boro (scandio) e del silicio (germanio). Nell'aprile dello stesso anno definì per la prima volta periodico il sistema degli elementi e nel luglio scrisse sull'argomento il lavoro *Periodiceskaja zakonnost' himiceskih elementov* (La legge periodica degli elementi chimici), dove esaminò dettagliatamente tutti i principali aspetti della rappresentazione della periodicità. La struttura del sistema degli elementi, da lui definita nel 1871, in linea di massima non si discosta da quello ancor oggi noto.

3. Il metodo della scoperta

La ricostruzione degli eventi che hanno portato alla stesura della tavola del 1° marzo 1869 e delle fasi di sviluppo delle ricerche, di cui questo risultato costituisce il primo sbocco, evidenzia come sia stato proprio il lavoro di ideazione, di preparazione e di elaborazione di questo "tentativo di sistema", condotto soprattutto sulla base del raffronto dei gruppi degli elementi, a convincere Mendeleev dell'importanza che il peso atomico poteva assumere ai fini della costruzione del sistema medesimo. Fu soltanto *dopo* l'acquisizione di questo risultato e *a partire da esso* che ebbe inizio un'ulteriore tappa delle ricerche, che prese le mosse dalla disposizione degli elementi in una serie continua secondo l'ordine crescente dei loro pesi atomici.

Questa versione del processo e delle modalità della scoperta è in palese contrasto con il racconto della stessa che si trova nelle memorie del figlio di Mendeleev, Ivan Dmitrievic, dal titolo *Vospominanija ob otze -D. I. Mendeleev (Ricordi di mio padre -D. I. Mendeleev)*, mai pubblicate, e di cui S.A. Pogodin riprende alcuni stralci, e in particolare i passi riguardanti la scoperta del sistema periodico, in un articolo pubblicato nel 1949 nella rivista 'Nauka i zizn'. Ecco quello che, secondo la testimonianza di Ivan Dmitrievic, gli raccontò suo padre:

"Io fui fin dall'inizio profondamente convinto che la più importante proprietà degli atomi, vale a dire il peso atomico o la massa dell'atomo, dovesse determinare le proprietà basilari di ogni elemento [...] Accingendomi alla stesura degli *Osnovy himii* ebbi finalmente l'opportunità di tornare su questo che è l'autentico cuore del problema. Ebbi, in particolare, la possibilità di rivedere in un breve lasso di tempo un gran massa di dati e fonti, ponendo a confronto un materiale sterminato. Dovetti, tuttavia, sobbarcarmi uno sforzo notevole al fine di separare, nelle informazioni di cui disponevo, le cose importanti da quelle secondarie e per decidermi, altresì, a modificare diversi pesi atomici universalmente accettati, prendendo così

le distanze da ciò che veniva fatto proprio dalle migliori autorità di allora. Ponendo a confronto tutti i miei dati riuscii a vedere con una chiarezza alla quale era difficile resistere la legge periodica: raggiunsi pertanto una completa e intima convinzione sulla sua piena corrispondenza alla più profonda natura delle cose. Grazie all' illuminazione che ne ricevetti si aprirono di fronte ai miei occhi interi nuovi campi della scienza. Addentrandomi all'interno di una questione di tale rilevanza raggiunsi quella fede, che reputo necessaria per ogni attività benefica e feconda. Quando fui finalmente in grado di fornire la versione definitiva della mia classificazione degli elementi trascrissi su singole schede ogni elemento e i suoi composti, disposi queste schede nell'ordine dei gruppi e delle serie, e ottenni in tal modo la prima tavola chiara ed evidente della legge periodica. Ma questo costituì soltanto l'accordo finale, l'atto conclusivo di tutto il lavoro precedente"¹¹.

Secondo questa testimonianza diretta, che risalirebbe allo stesso autore, quindi, *prima* sarebbe stata scoperta la legge periodica e solo *successivamente*, sulla base dell'intima convinzione raggiunta circa la sua attendibilità e rispondenza alla più profonda natura delle cose, essa avrebbe trovato realizzazione pratica nel sistema degli elementi, grazie anche alla stesura definitiva della classificazione di questi ultimi con l'aiuto della disposizione che emerse sulla base del lavoro di compilazione e di lettura delle schede relative a ogni singolo elemento.

Malgrado la prossimità dell'autore di questa versione della scoperta allo stesso Dmitrij Ivanovic Mendeleev, al quale anzi essa viene attribuita direttamente, questa ricostruzione del processo della scoperta non appare molto convincente. In primo luogo perché, come Kedrov, "è davvero poco probabile che a Mendeleev, ancora prima della scoperta della legge periodica, potesse venire in mente l'idea di modificare i pesi atomici, stabiliti con metodo empirico per i singoli elementi. Un'idea del genere, con tutta evidenza, poteva sorgere per la prima volta soltanto durante la stesura delle varie tavole, in particolare delle ultime, cioè nel corso del processo di scoperta della legge periodica. In seguito essa poté venire sviluppata in forma completa sulla base della raggiunta consapevolezza circa il legame tra i pesi atomici e la valenza massima degli elementi in rapporto all'ossigeno"¹².

A conferma di questa osservazione sta il fatto, incontestabile, che, come si è visto, se si prende la tavola N. [...] (fotocopia 4), la quale costituisce già un passo decisivo in direzione della versione definitiva della scoperta, l'unica effettiva e seria correzione di un peso atomico, qui effettuata in corrispondenza con il sistema periodico degli elementi, è quella che riguarda Be (da 14 a 9,4). Gli altri pesi atomici non si discostano da quelli universalmente accettati a quel tempo.

C'è, in secondo luogo, un'altra testimonianza, questa volta di prima mano, dello stesso Mendeleev che contrasta con quella che il figlio gli attribuisce. Nell'8^a edizione degli *Osnovy himii*, pubblicata nel 1906, egli rammenta infatti che soltanto nella fase conclusiva della sua scoperta si servì delle schede con i principali dati relativi a ogni singolo elemento. Queste schede, ricorda l'autore, vennero da lui compilate in un modo particolare, e la disposizione che ne seguì lo portò a convincersi dell'esistenza di un rapporto di dipendenza periodica delle proprietà degli elementi dal loro peso atomico. E malgrado la presenza di molti elementi di imprecisione e di indeterminatezza che potevano dare adito a più di un'incertezza egli "non dubitò per un solo istante del valore generale di questa conclusione, in quanto non era possibile ammettere che il tutto fosse puramente accidentale"¹³.

Da questo passo si evince chiaramente che la compilazione di queste schede fu necessaria per il raggiungimento di una chiara consapevolezza, che ancora mancava, circa la dipendenza tra

¹¹ 'Nauka i zizn', 1949, n. 3, pp. 37-38

¹² B.M. Kedrov, *Den' odnogo velikogo otkrytija (Il giorno di una grande scoperta)*, Izdatel'stvo social'no-ekonomiceskoj literatury, Moskva, 1958, p. 167.

¹³ D. I. Mendeleev, *Osnovy himii*, izd.8, Sankt Peterburg, 1906, p. 619

gli elementi. In particolare esse furono utilizzate ai fini del raggiungimento della dimostrazione che tutti gli elementi rientravano nell'orbita della regolarità che era stata riscontrata per una parte di essi.

Fu dunque grazie a questo ulteriore elemento di studio e riflessione che si poté affermare il valore generale della relazione di dipendenza in questione, il che permise di considerarla a tutti gli effetti una legge di natura.

Prima della compilazione e della disposizione in un ordine particolare di queste schede relative agli elementi, dunque, la legge periodica in quanto tale non era stata ancora scoperta: a tale risultato si giunse invece proprio grazie a questo lavoro di "lettura" e relativa classificazione di ciascuna delle schede medesime. In altre parole prima della compilazione della tavola "in brutta copia" (fotoc. 4) dove vengono fissati i singoli stadi di messa in ordine delle schede, la legge periodica in quanto tale, come legge generale della natura, non poteva ritenersi ancora scoperta. A maggior ragione non lo era nelle fasi precedenti, quando, come si è visto, si disponeva soltanto di due tavole incomplete di elementi.

Le stesse annotazioni, fatte sulla lettera di Hodnev, attestano che in quel momento la legge periodica non era ancora una realtà: altrimenti non si capirebbero i raffronti che vengono lì fissati. Essi costituiscono, invece, una fase decisiva di avvicinamento al principio fondamentale che è alla base della scoperta, vale a dire il confronto degli elementi dei diversi gruppi sulla base della grandezza dei loro pesi atomici. Le tavole incomplete che furono subito compilate in quello stesso giorno costituiscono dunque i primi tentativi di sondare l'effettiva relazione di dipendenza tra le proprietà e i pesi atomici degli elementi. Da esse cominciò a emergere pian piano l'idea del carattere periodico di questa dipendenza. Ma la definitiva consacrazione di questo fatto e il riconoscimento del suo carattere generale furono acquisiti quando risultò che tutti gli elementi possono venir inseriti nel sistema che poteva venir costruito sulla base dei principi stabiliti. Questo passaggio conclusivo fu realizzato con la stesura della tavola di cui stiamo parlando, che venne poi trascritta "in bella", dando luogo alla tavola che reca la data del 17 febbraio (1° marzo) del 1869 e che fu trasmessa alla tipografia.

Possiamo dunque far nostra la conclusione di Kedrov, il quale scrive che "in effetti la scoperta della legge periodica e la creazione del sistema periodico degli elementi costituiscono due aspetti che si richiamano e si condizionano a vicenda, e pertanto legati in modo indissolubile: sono due momenti di un unico, inscindibile processo creativo.

Man mano, infatti, che Dmitrij Ivanovic estendeva il suo sguardo in modo sempre più completo agli elementi del sistema in costruzione, emergeva via via in modo sempre più chiaro che alla base di questo sistema stava una certa regolarità di valore generale che aveva il carattere di una dipendenza periodica. E viceversa: via via che prendeva corpo la legge, che stava a fondamento del sistema ancora in fase di elaborazione, Dmitrij Ivanovic nel corso del compimento della costruzione di questo sistema poté stabilire in forma sempre più precisa e rigorosa il principio della dipendenza delle proprietà dal peso atomico degli elementi"¹⁴.

4. Mendeleev e il metodo della conoscenza scientifica.

C'è un breve, ma denso e interessantissimo frammento, tratto dalla I edizione degli *Osnovy himii* (fascicolo 4^o), scritto nel febbraio 1871, quindi giusto due anni dopo la scoperta della legge periodica, e ripubblicato nel II volume, *Dopolnitel'nye materialy (Materiali supplementari)*, della raccolta *Periodiceskij zakon (La legge periodica)* con il titolo *Himiceskoe mirosozercanie (La percezione del mondo della chimica)*, titolo che, forse, potrebbe essere meglio e in modo più conforme allo spirito del testo reso con l'espressione:

¹⁴ B.M. Kedrov, *Den' odnogo velikogo otkrytija*, cit. p. 168

"Il mondo osservato con l'occhio del chimico". In esso Mendeleev espone in modo sintetico e mirabile la sua concezione della scienza e del metodo scientifico. Ritengo, per questo, opportuno presentarlo per intero all'attenzione del lettore:

" La chimica, come qualsiasi altra scienza, è nello stesso tempo e mezzo e fine. Essa è un mezzo per realizzare determinate aspirazioni pratiche, nel senso generale di quest'ultima parola. Così, grazie al suo apporto risulta facilitato il compito di impossessarsi della materia in tutte le sue manifestazioni, essa fornisce possibilità sempre nuove di utilizzare le forze della natura, indica i procedimenti attraverso i quali si possono ottenere molteplici sostanze e mette in luce le loro proprietà e così via. In questo senso la chimica non si differenzia dalla semplice descrizione di ciò che viene visto con gli occhi in senso proprio e con l'occhio della mente, ed è persino arduo distinguerla dal puro e semplice esercizio di un'arte e di un mestiere, cioè da ciò che fa chiunque lavori all'interno di una fabbrica o un artigiano: da questo punto di vista la sua è una funzione ausiliaria, di servizio, nel senso che essa costituisce il mezzo per conseguire un bene. A questo riconoscimento, già di per sé rispettabile e considerevole, se ne aggiunge, tuttavia, un altro: la chimica, come qualsiasi altra scienza sufficientemente elaborata, ha una serie di aspirazioni superiori, che non si limitano a obiettivi temporanei e parziali (anche se sono in qualche modo riferibili a questi, e non sono per nulla in contrasto con essi), e il familiarizzarsi con essa sotto questo profilo, la conoscenza di questo aspetto, che è poi quello che galvanizza coloro che se ne occupano direttamente e coloro che ne seguono le vicende, si esprimono e si realizzano in primo luogo attraverso la presa di coscienza del suo specifico modo di guardare al mondo, e in particolare a quello che è l'oggetto delle sue ricerche. Questa particolare "osservazione e concezione del mondo" si compone non soltanto di una conoscenza dei dati principali della scienza, non soltanto del complesso delle conclusioni più rigorose, e in quanto tali accettate da tutti, ma anche di una serie di ipotesi, che esprimono e mirano a spiegare fenomeni e rapporti non ancora conosciuti in modo preciso. Sotto quest'ultimo aspetto la percezione scientifica del mondo muta in modo rilevante non soltanto con il passare del tempo, ma anche con l'avvicinarsi degli uomini, e tutti gli sforzi degli operatori scientifici sono indirizzati proprio a far sì che la loro particolare concezione, o quella della scuola alla quale appartengono, si trasformi in un insieme di principi indiscutibili della scienza. Questa aspirazione rappresenta il movente più immediato (lo stimolo) dei migliori lavori dei ricercatori scientifici. Le diverse epoche e le differenti scuole della scienza sono appunto caratterizzate dalla loro specifica visione del mondo, dai loro principi guida e dai loro lavori di punta, e proprio nelle differenze e nei contrasti che sussistono tra di essi occorre vedere l'unica garanzia durevole e salda di futuri sviluppi e ulteriori successi. La storia della scienza mostra che la scienza si è sempre mossa proprio lungo questa via: è in questo modo che essa è riuscita ad appropriarsi, sotto il profilo conoscitivo, di alcune verità, accolte da tutti, e unitamente a esse ha raggiunto strada facendo anche obiettivi esclusivamente pratici. La sola raccolta di fatti, per quanto ampia e ricca possa essere, il solo accumulo di essi, anche se disinteressato, persino la conoscenza dei principi accettati da tutti non danno ancora un'idea completa del metodo attraverso il quale ci si può impadronire della scienza, non offrono soprattutto alcuna garanzia di successi futuri, e neppure si possono arrogare il diritto di poter rivendicare l'etichetta di "scienza" nel senso più elevato di questo termine. L'edificio della scienza esige non soltanto materiale, ma anche un progetto, un piano, ed esso cresce via via grazie al lavoro necessario tanto per ammassare materiale, quanto per procedere alla costruzione servendosi di esso e per realizzare così il progetto. La percezione scientifica del mondo costituisce per l'appunto questo piano, e quindi caratterizza il tipo di edificio scientifico che si sta costruendo. Finché non si dispone del piano medesimo, non c'è neppure la possibilità di acquisire molte conoscenze e di ricavare nuova informazione da ciò che è già noto a qualcuno, da ciò che è già stato detto. Molti fatti della chimica, che non figuravano nel suo

progetto, hanno spesso dovuto essere scoperti non una sola, ma due, tre e un numero ancora maggiore di volte. Nel labirinto dei fatti noti ci si smarrisce facilmente se non si dispone di una pianta, e anche la semplice mappa di ciò che è già noto a volte richiede un costo tale in termini di lavoro di studio neppure paragonabile a quello che occorre spendere per lo studio, anche dettagliato, di molti fatti specifici. Senza il materiale il progetto è o un castello in aria, o una semplice possibilità, il materiale senza progetto è, a sua volta, o un ammasso, un qualcosa di caotico e raffazzonato, così lontano, a volte, dal luogo della costruzione che non vale neppure la pena di trasportarlo, in quanto il lavoro che ciò richiederebbe è superiore al suo valore, o, anche in questo caso, una semplice possibilità; l'intero complesso non può dunque che consistere nell'insieme del materiale con il progetto e la sua realizzazione. Nell'attività scientifica molto spesso l'operaio e l'architetto coincidono, ma non di rado anche qui, come nella vita, vi è invece una distinzione di ruoli tra di essi, a volte il progetto anticipa la costruzione, a volte la segue, e vien dopo la preparazione e l'ammasso del materiale grezzo. Nelle parti già edificate dell'edificio della scienza c'è la possibilità di vivere ugualmente a proprio agio non soltanto per colui che ha elaborato il progetto, per chi ha preparato il materiale o si è occupato delle opere di muratura, ma anche per coloro che hanno il desiderio di prendere conoscenza del progetto, al fine di non cadere nelle parti ancora non costruite, nei sotterranei e nei solai, dove è stato buttate tutto il ciarpane inutile.

La scienza, pertanto, è composta non soltanto delle leggi già stabilite, delle astrazioni e delle generalizzazioni, che consentono di non perdersi in minuzie, di raccapezzarsi nel materiale, ma anche di elaborazioni ipotetiche, che permettano la verifica attraverso l'esperimento e l'osservazione e che abbiano la capacità di chiarire una serie di dati osservativi non ancora elaborati e generalizzati. Per chi desideri familiarizzarsi con questo ambito della conoscenza e della esposizione della scienza sono disponibili due vie: ci sono alcuni che preferiscono porre alla base dei loro resoconti sin dall'inizio le ipotesi che ritengono del tutto probabili. Questo approccio non risulta soltanto vantaggioso per la stringatezza dell'esposizione, ma è anche utile per la sua sistematicità e unitarietà, che fa in effetti impressione. Va tuttavia considerato che questo modo di presentare la scienza risulta impermeabile a interi ambiti di fenomeni, che non rientrano nel campo di pertinenza dell'ipotesi assunta e, cosa ancora più importante, non stimola, o stimola soltanto raramente quella attitudine critica verso l'oggetto di studio, che è invece così proficua. Così se per qualsiasi motivo vacilla la fede nel principio assunto come fondamento, tutto l'edificio, che risulta a questo punto costruito su qualcosa di non dimostrato, precipita e va in rovina: questa è la via che generalmente si segue per formare i discepoli, gli adepti, e non le personalità indipendenti, libere. Per questi motivi il suddetto modo di trasmettere la percezione scientifica del mondo mi sembra poco affidabile, utile soltanto in casi limitati e particolari, e per questo io mi sono attenuto a un diverso procedimento, consistente nell'esposizione delle singole parti sulla base dei concetti già saldamente stabiliti, come ad esempio, per quel che riguarda la chimica, i concetti di particella, di sostituzione, di peso atomico, di elemento e via di seguito. In questo modo lo sviluppo dei concetti, che definiscono la percezione e concezione del mondo della scienza, viene richiamato e utilizzato con riferimento a questo a quello specifico particolare. Ciò spiega la mappa della mia esposizione.

Termino esprimendo il desiderio che la concezione chimica del mondo, che io mi sono sforzato di comunicare ai lettori, sia di stimolo per essi a un più approfondito studio della scienza e li induca, attraverso una più piena familiarità non soltanto con quel poco, che costituisce l'oggetto di questo mio manuale, ma anche con quel tanto che esso deve ancora assorbire, a diventare detentori della nostra scienza e a essere partecipi dei suoi futuri successi. A tal fine è però necessario assimilare non soltanto la pratica, cioè la perizia nel

trattare l'oggetto, ma anche e soprattutto tre importanti branche della chimica: l'analitica, l'organica e la chimica teorica".¹⁵

Quello espresso in questo frammento non è soltanto un orientamento di carattere generale e astratto. Mendeleev, infatti, lo cala nel concreto della ricerca e dell'esposizione dei risultati da lui raggiunti come si evince da questo passo, tratto dalla memoria del 1898 *Periodiceskaja zakonnost' himiceskih elementov (La legge periodica degli elementi chimici)*, che figura, tradotta integralmente in questo volume. In essa, parlando degli atomi, che corrispondono al concetto di elemento, egli si fa eco delle posizioni di coloro che giudicano non solo ammissibile, ma essenziale, la seguente domanda: "come si può rinvenire una qualsiasi regolarità reale in rapporto ad oggetti, quali gli elementi, che esistono soltanto quali rappresentazioni dei chimici odierni, e che cosa di realmente esistente, di realizzabile praticamente ci si può attendere, come conseguenza delle indagini su simili entità astratte?". La sua risposta è inequivocabile: "La realtà effettuale risponde a simili domande con la dovuta chiarezza: le astrazioni, se sono corrette (se cioè contengono elementi di verità) e corrispondono alla realtà, possono fungere da oggetto esattamente della ricerca esattamente allo stesso titolo delle entità concrete e puramente materiali. E così gli elementi chimici, pur essendo delle astrazioni, vanno soggetti a un'indagine che non differisce minimamente da quella diretta verso le sostanze semplici o complesse, che possono essere riscaldate, pesate e in generale sottoposte all'osservazione diretta. L'essenza della questione sta qui nel fatto che negli elementi chimici, sulla base dello studio sperimentale delle sostanze semplici e composte, da essi formate, si scoprono proprietà individuali e tratti caratteristici, il cui insieme costituisce, per parte sua, un ulteriore oggetto di studio". E nella nota esplicativa, collegata a questi passi, osserva con estrema durezza, a proposito delle posizioni che difendono la legittimità di domande del genere: "Simili concezioni ascrivibili a un positivismo estremo o materialistico, che viene non di rado attribuito in modo erroneo ai ricercatori operanti nel campo delle scienze della natura, vengono confutate, tra l'altro, dalle conseguenze autenticamente realistiche, che scaturiscono dalla legge della periodicità, che si basa sugli elementi immaginari, e a questo proposito tale legge acquista un valore tanto maggiore, se si considera che tutto ciò di cui si occupa è nuovo sotto il profilo storico e concerne un oggetto tanto realistico, qual è l'intera chimica odierna, dove ad ogni passo ci compiono passaggi da idee puramente astratte alla capacità, indiscutibilmente pratica e reale, di ottenere sostanze con tutti gli attributi della concretezza materiale. Qui si ripete in definitiva ciò che si verifica anche nell'ambito della geometria o della matematica in generale: un oggetto, ad esempio un cerchio, un'ellisse o una serie di numeri, puramente astratto, che è però il risultato senza ombra di dubbio materiale e concreto di un lavoro su tali astrazioni, ottiene a un certo punto una conferma che non può essere messa in discussione dalle ricerche su fenomeni astronomici, meccanici e via di seguito. Proprio in questa combinazione dell'ideale-astratto con il reale-materiale bisogna cercare la spiegazione del fatto che il campo fisico-matematico delle conoscenze impegna oggi le intelligenze più profonde e abbraccia campi e orizzonti sempre più ampi. Qui per la prima volta si realizza una piena convergenza, senza ombra di artificioso eclettismo, tra idealismo e materialismo, tra astratto e concreto, tra il generale di stampo monarchico e il particolare di stile democratico, tra lo stoicismo e l'epicureismo, e tutto ciò che è avvenuto dimostra che proseguendo in questa direzione si riuscirà a ottenere un ulteriore sviluppo praticamente illimitato. Le recriminazioni degli idealisti estremi nei confronti del materialismo della scienza della natura vengono di fatto vanificate e neutralizzate dalle critiche di segno contrario alla stessa scienza della natura da

¹⁵ D.I. Mendeleev, *Himiceskoe mirocozercanie (La percezione del mondo della chimica)*, in *Periodiceskij zakon. Dopolnitel'nye materialy (La legge periodica. materiali supplementari)*, A.N. SSSR, Moskva, 1960, pp. 299-302

parte dei materialisti estremi, che le rinfacciano, viceversa, l'astrattezza di tutti i punti di partenza delle nostre conoscenze sulla natura. Ma gli indubbi successi conseguiti nella conoscenza e nella conquista della natura, unitamente alla laboriosità, intessuta di modestia e discrezione, di coloro che sono impegnati nella ricerca della verità e alla loro schietta esposizione di tutte le strade, battute a tal scopo, conducono a un sempre più generale riconoscimento e all'amplimento progressivo del campo di applicazione dei metodi, di cui fa attualmente uso l'odierna scienza della natura"¹⁶.

L'idea di fondo è dunque chiara: ipotesi audaci, purché controllabili mediante la verifica sperimentale, e astrazioni anche spinte, purché esse consentano di ricavare conclusioni altrettanto controllabili attraverso i loro effetti, cioè le conseguenze patiche a cui danno luogo. All'interno del dibattito scientifico del suo tempo Mendeleev si fa dunque paladino di una tendenza aperta alla valorizzazione delle ipotesi, anche delle più spinte, disposta a riconoscere il ruolo della fantasia e dell'immaginazione, poco orientata a considerare le teorie come una sorta di edificio costruito servendosi soltanto di enunciati e principi rigorosamente verificati e appurati una volta per tutte. La scienza anzi, a suo giudizio, ha il diritto di valersi anche di ipotesi che, sulle prime, appaiono scarsamente fondate, perché, come egli precisa, "esse forniscono alle nostre conoscenze un grado di coesione interna e di semplicità che sarebbe ben difficile conseguire senza fare riferimento al loro contenuto. Tutta la storia della scienza lo dimostra. Per questo è possibile affermare, con un po' di coraggio: è meglio attenersi a una ipotesi, che col tempo può anche rivelarsi fallace, che fare a meno di qualunque ipotesi. Sono infatti proprio le ipotesi a consentire alla scienza di rendere meno pesante e gravoso il proprio lavoro e di svolgere e portare a compimento il suo compito specifico, cioè la ricerca della verità"¹⁷. Così, del resto, egli si è concretamente comportato nella sua attività di ricercatore. "Oggi sappiamo che il raggruppamento degli elementi secondo periodi dipendenti dal loro peso atomico è qualcosa che risponde al vero, ma all'inizio la legge periodica altro non era che un'ipotesi che si è gradualmente trasformata in un principio universalmente accettato soltanto perché essa ha portato a prevedere effetti altrimenti inattesi che si sono poi puntualmente riscontrati,[...] ma che si sono potuti appurare proprio grazie al nuovo punto di vista che l'ipotesi aveva aperto dinanzi agli occhi"¹⁸.

La legge periodica, aggiunge Mendeleev, non avrebbe mai potuto essere scoperta se non ci si fosse rifatti a un metodo, quale quello delle comparazioni (*sravnenie*) che spinge ad andare al di là della pura e semplice osservazione empirica e a guardare ai fenomeni con occhi diversi di quelli di chi si sofferma esclusivamente sulle loro specificità. Questo metodo, infatti, si basa sul presupposto che "nulla può essere definito e determinato di per sé e a partire soltanto da se stesso"¹⁹. Per quanto riguarda specificamente la chimica esso induce a prendere le distanze dalla "concezione abituale degli elementi chimici", consistente nel concepire "i loro atomi come entità così indipendenti e a sé stanti, *sui generis*, da non potersi reciprocamente trasformare l'uno nell'altro e da ritenere che ciascuno eserciti un tipo d'influenza particolare, determinata dalla sua natura. In luogo di questa idea sulla natura degli elementi bisogna ora assumere quella relativa alla loro massa e, di conseguenza, non prendere più in considerazione l'influsso di un elemento, preso di per sé, bensì confrontare l'influenza da esso esercitata, da una parte, con quella degli elementi vicini per quanto riguarda la massa, dall'altra con quella degli elementi, appartenenti al medesimo gruppo, ma a un diverso periodo. In questo modo molte conclusioni tratte dalla chimica assumono un significato e un

¹⁶ Cfr. testo p. [...] (dattiloscritto pp. 86-87)

¹⁷ D.I. Mendeleev *Osnovy himii* (Fondamenti di chimica), San Pietroburgo, 1889, p.168.

¹⁸ D.I. Mendeleev *Periodiceskij zakon* (La legge periodica), Klassiki nauki. *Dopolnitel'nye materialy* (Classici della scienza. *Materiali integrativi*), Accademia delle scienze dell'URSS, Moskva, 1960, p. 134.

¹⁹ D.I. Mendeleev, *Socinenija*, vol. I, Leningrad, 1937, p.193.

valore del tutto nuovi, e si arriva anche ad appurare la correttezza di alcune di esse che, senza il ricorso a questo metodo, non si riuscirebbe invece a giustificare, o, addirittura, a raggiungere conclusioni nuove, che altrimenti sarebbero passate del tutto inosservate"²⁰.

Detto questo, però, e fatti tutti i debiti riconoscimenti e le opportune concessioni al valore delle ipotesi, anche le più ardite, e alla funzione insopprimibile del pensiero creativo e dell'immaginazione nella scienza, Mendeleev ritiene necessario porre un limite, al di là del quale, a suo avviso, non si può andare, senza fuoriuscire dal campo della ricerca scientifica per entrare in qualcosa d'altro: "qualunque ipotesi o qualsiasi legge acquistano particolare significato scientifico quando da esse è possibile ricavare delle conseguenze pratiche, intendendo con queste ultime conclusioni logiche capaci di spiegare ciò che ancora non è stato spiegato, di indicare fenomeni prima di allora ignoti e, soprattutto, quando esse danno la possibilità di avanzare previsioni controllabili con l'esperienza"²¹.

Sulla base di queste considerazioni il richiamo al gioco, al "solitario", fatto già da A.E. Fersman per spiegare il processo della scoperta della legge periodica, acquista un significato e un valore ben precisi. Il gioco non è una lotteria, dove il caso regni capriccioso e sovrano assoluto: la "vincita della posta", che attraverso esso si consegue, per rifarci a una nota e fortunata espressione di C.H. Waddington²², non è il classico "terno al lotto". Il gioco ha le sue regole e i suoi vincoli: e di questi bisogna tener conto in modo adeguato, se non lo si vuole snaturare, trasformandolo in qualcosa di completamente diverso.

5. "Nemo propheta in patria "

Si poteva presumere che, con i risultati conseguiti alle spalle, nessuno avrebbe più potuto neppure pensare di negare a Mendeleev i riconoscimenti a cui aveva diritto. Tanto più che questi risultati erano il frutto di una vasta erudizione, e in particolare della sua conoscenza enciclopedica e precisa di tutte le differenti branche della chimica di quel tempo (inorganica, organica e chimica fisica), che gli aveva permesso di procedere nell'analisi e nella valutazione dei fatti empirici con una profondità e ampiezza di vedute non possedute da nessuno dei chimici suoi contemporanei. Eppure le cose non andarono così nella Russia di quel tempo. Chiara testimonianza di questo totale disinteresse per i meriti scientifici acquisiti furono la tormentata vicenda della sua esclusione dal novero dei membri effettivi dell'Accademia delle scienze di Pietroburgo (membro corrispondente egli lo era dal 1876) e il complesso di circostanze che lo indussero a dimettersi dall'Università.

Nel febbraio del 1880, in seguito alla morte dell'accademico Zinin, si mise in moto la lunga e un po' macchinosa procedura per la scelta del nuovo membro, prevista dallo Statuto in vigore dal 1836. Fu nominata una commissione incaricata di selezionare i candidati tra i quali si doveva poi procedere alla scelta dell'accademico, destinato a subentrare a Zinin. Della commissione entrarono a far parte N.A. Korsakov, accademico ordinario di mineralogia, H. Wild, accademico ordinario di fisica, A.V. Gadolin, accademico straordinario di fisica, e, infine, Butlerov, accademico ordinario di chimica, eletto all'Accademia delle scienze nel 1870 come membro aggiunto e quattro anni dopo come membro effettivo. La commissione stese un elenco nel quale figuravano i nomi di Mendeleev e dell'ex rettore dell'università di Char'kov N.N. Beketov, indicati da Butlerov, e quello di F. K. Beilstein, professore dell'Istituto tecnologico, designato invece da Wild e Gadolin. L'esito del ballottaggio appariva a tutti scontato, data la differenza non solo di notorietà, ma anche di intrinseco prestigio scientifico

²⁰ D.I. Mendeleev, *Periodiceskij zakon*, cit., p.354.

²¹ D.I. Mendeleev, *Periodiceskij zakon. Osnovnye stat'i* (La legge periodica. Articoli fondamentali), in *Klassiki nauki*, Accademia delle scienze dell'URSS, Moskva, 1958, p.93.

²² C.H. Waddington, *Strumenti per pensare. Un approccio globale ai sistemi complessi*, Mondadori EST, Milano, 1977, p. 173

di Mendeleev rispetto agli altri candidati. Eppure le cose non andarono nel modo da tutti previsto. Nel novembre del 1880 la candidatura di Mendeleev fu respinta. Al suo posto, l'anno successivo, la sezione di fisica-matematica scelse Beilstein. Butlerov non accettò però questo esito e, in seguito alle sue energiche proteste e alle argomentazioni, difficilmente confutabili, da lui proposte all'attenzione dell'Assemblea accademica, circa la netta sproporzione in termini di valore scientifico tra il candidato prescelto e Mendeleev, l'Assemblea medesima non ratificò la nomina di Beilstein. Quest'ultimo nel 1883 fu eletto membro corrispondente e poi nel 1886 membro effettivo, in seguito alla scomparsa proprio di Butlerov, che nel gennaio di quell'anno si era ferito a una gamba ed era morto nello spazio di pochi mesi per un attacco di trombosi.

Nel 1890, dopo un decennio di relativa tranquillità e di intenso lavoro scientifico, Mendeleev fu costretto a prendere una decisione per lui molto difficile e amara: lasciare la sua cattedra e interrompere bruscamente lo stretto rapporto che aveva con i suoi studenti. La causa occasionale di questo difficile passo fu la ripresa delle agitazioni studentesche, che a partire dai primi di marzo tornò a rendere caldo il clima dentro gli atenei. A Pietroburgo, dopo diverse giornate di protesta, il 14 marzo gli studenti decisero di inviare al ministro dell'istruzione nazionale, che era allora il conte Deljanov, una petizione con una serie di rivendicazioni e richieste e chiesero a Mendeleev, che già nei giorni precedenti aveva più volte preso contatto con loro e li aveva invitati a precisare per iscritto i motivi del loro malcontento, di fare da tramite per inoltrare a Deljanov il documento.

Mendeleev, conoscendo di persona il ministro, il quale ogni volta che si erano incontrati aveva ostentato grande cortesia e apprezzamento nei suoi confronti, accettò, a condizione che si ponesse immediatamente fine a ogni azione di protesta dentro l'Università, e si recò dal destinatario per fare quanto aveva promesso. Non avendolo trovato e ritenendo urgente la consegna, gli lasciò la petizione con un proprio biglietto d'accompagnamento. Il giorno dopo ricevette indietro il documento con la seguente lettera: "Per ordine del Ministro dell'istruzione nazionale il foglio allegato viene restituito al Consigliere di V classe in servizio effettivo, professor Mendeleev in quanto né il Ministro, né nessuno delle persone alle dipendenze di Sua Maestà Imperiale ha il diritto di ricevere e accettare simili carte". Subito dopo aver letto questa risposta Mendeleev decise di lasciare l'Università: ciò che lo ferì, in particolare, fu lo stile privo del minimo riguardo, freddamente burocratico e impersonale della lettera e il fatto di venire trattato alla stregua di qualsiasi funzionario "in servizio permanente effettivo". Consegnò dunque al Rettore la sua lettera di dimissioni accettando soltanto, su richiesta di quest'ultimo, di portare a termine i corsi di quell'anno, alla cui conclusione mancavano meno di tre mesi. Lasciò invece subito l'appartamento che gli era stato messo a disposizione dall'Università: accompagnò la famiglia a Boblovo e si mise alla ricerca di un nuovo alloggio.

E così questo grande ricercatore e pensatore, a cui la storia della scienza russa deve uno dei suoi maggiori successi, troncò anche l'ultimo legame con il mondo "accademico" ufficiale: e la cosa, in questo caso, fu per lui motivo di particolare delusione e sconforto soprattutto perché lo costringeva a rinunciare al rapporto con gli studenti, alla cui formazione, come risulta dal testo della sua ultima lezione, tenuta in auditorio strapieno²³, si era sempre dedicato con grande impegno e autentica passione, interpretandola come una vera e propria missione.

Nel novembre del 1892 Mendeleev fu chiamato a dirigere la Camera dei pesi e delle misure e, in tale veste, pose le basi scientifiche del lavoro metrologico, guidò il riassetto delle unità di misura, adottate nel paese, gestendo il passaggio delle vecchie unità russe a quelle correnti su scala internazionale. In questa veste ebbe modo di mettere in luce non soltanto la sua ben

²³ Per ampi stralci del testo di questa lezione si veda la mia introduzione a D.I. Mendeleev, *Sullo spiritismo*, Bollati Boringhieri, Torino, 1992, pp. LXIII-LXIV

nota e riconosciuta competenza di scienziato, ma anche inedite capacità organizzative e gestionali, dal momento che la carica che rivestiva comportava, tra le altre cose, anche la responsabilità amministrativa di un'intera istituzione e l'esigenza di guidare e impiegare al meglio i lavoratori alle sue dipendenze. La sua energia e la sua abilità gli permisero di conseguire, anche nella nuova veste assunta, importanti risultati concreti: tale fu, ad esempio, la revisione di verifica, che consentì di smascherare i colossali abusi degli enti, che avevano posto i marchi sulle unità di peso e sugli *arsin* *

Dopo questa revisione divenne chiaro che uno dei compiti preliminari da portare a termine era il rinnovo dei prototipi delle misure russe di lunghezza e di peso e l'accertamento preciso delle corrispondenze tra il sistema russo, quello inglese e quello metrico. Mendeleev organizzò i laboratori di cui poteva disporre e addestrò il personale in modo da venire con efficacia a capo di tali questioni.

Negli ultimi anni della sua vita, come abbiamo avuto modo di ricordare, si occupò di problemi di economia, e ciò gli permise di constatare in modo più concreto e diretto la fragilità dell'apparato industriale di cui la Russia poteva disporre e il peso diffuso degli ostacoli e dei vincoli di varia natura che ne frenavano lo sviluppo.

Quando, il 27 maggio del 1905, la figlia Ol'ga gli comunicò che l'ammiraglio giapponese Togo Heihachiro aveva distrutto la flotta baltica russa nello stretto di Tsushima ebbe solo la forza di mormorare: "Ora tutto è finito". Si spense poco più di un anno e mezzo più tardi, il 2 febbraio 1907, con impresso nella mente il chiaro presagio che un'epoca stava per chiudersi in modo tragico.

* Vecchia misura di lunghezza russa, pari a m. 0,71.