

Great and wild variety
Le singolari 'molecole' di William Thomson

LUIGI CERRUTI

Dipartimento di Chimica Generale ed Organica Applicata, Università di
Torino

Una figura del rilievo di W. Thomson ha attratto l'attenzione degli storici e dei biografi fin dal momento della sua scomparsa. Si può ricordare la notevole biografia pubblicata già nel 1910 da Silvanus P. Thompson,¹ a cui si è affiancato in tempi recenti l'interessantissimo studio di Smith e Norton Wise.² Lo specifico contesto scientifico e sociale in cui Thomson è vissuto è quindi noto, così come il suo specifico modo di pensare/praticare la fisica.³ Il compito di chi intende svolgere un'indagine di dettaglio è quindi largamente facilitato. D'altra parte, pur con l'obbiettivo ristretto che qui mi pongo, l'opera di William Thomson offre una tale messe di dati da richiedere una delimitazione del *corpus*, nel tempo e nelle tematiche. In particolare sarà preso in considerazione il percorso seguito da Thomson per giungere alla distinzione fra i punti di vista *molar* e *molecular*, una distinzione che costituisce il motivo conduttore, formale e sostanziale, delle famosissime *Baltimore Lectures*, tenute nell'ottobre del 1884. La pubblicazione delle *Lectures* avvenne solo nel 1904, arricchite da ben 12 appendici su temi connessi agli argomenti trattati a Baltimora, la dinamica molecolare e la teoria ondulatoria della luce.⁴ Il solido volume di 694 pagine costituisce una sorta di testamento scientifico, e sarà quindi al centro della mia analisi, mentre trascurerò altri aspetti – talvolta volatili – del pensiero di Thomson, presenti nei suoi contributi 'in tempo reale' su altri problemi, come quelli della piezoelettricità e della radioattività.

¹ S.P. Thompson, *The Life of William Thomson, Baron Kelvin of Largs*, 2 voll., London: MacMillan, 1910.

² C. Smith, M. Norton Wise, *Energy and Empire. A biographical study of Lord Kelvin*, Cambridge: Cambridge UP, 1989.

³ Si veda, ad esempio: D.B. Wilson, *Kelvin and Stokes. A Comparative Study in Victorian Physics*, Bristol: Hilger, 1987.

⁴ Lord Kelvin, *Baltimore Lectures on Molecular Dynamic and the Wave Theory of Light*, London: Clay, 1904.

Un percorso nel mondo corpuscolare

È noto che Thomson era del tutto indifferente rispetto a quelle che sono chiamate 'esigenze editoriali'. La storia delle *Popular Lectures*⁵ rientra perfettamente in questo quadro. Nel gennaio 1886 aveva tenuto una conferenza alla Royal Institution sulla capillarità, e Joseph Lockyer, in veste di Direttore di *Nature*, aveva invitato Thomson a ripubblicare il testo in un opuscolo edito dalla rivista. È lo stesso Autore a dirci che "mentre le prime pagine a stampa del libro erano nelle mani del tipografo [gli] venne in mente che sarebbe stata cosa ben fatta la ristampa come raccolta di parecchi altri discorsi e conferenze di carattere popolare".⁶ Passarono così tre anni dalla conferenza alla Royal Institution e la sua pubblicazione per i tipi della MacMillan. Vedremo in dettaglio molti di questi 'scarti' temporali quando prenderemo in esame le *Baltimore Lectures*.

William Thomson e la chimica. Possiamo iniziare il nostro percorso proprio dalla una comunicazione del 21 aprile 1862, un contributo dal titolo particolarmente significativo: "Nota sulla gravità e la coesione".⁷ Il testo a stampa è molto breve (quattro pagine), però Thomson trova modo di negare ogni valore conoscitivo alla nascente teoria della struttura molecolare della chimica organica, che per altro nel 1862 aveva già ricevuto una solida impostazione teorica negli scritti di Aleksandr M. Butlerov, e che aveva trovato un divulgatore nel noto fisico Joseph Loschmidt.⁸

Negli anni successivi Thomson intervenne più volte sul problema della determinazione delle dimensioni degli atomi. Nel marzo 1870 *Nature* pubblicò un articolo in cui il nostro fisico giungeva (per primo) a indicare in $6 \cdot 10^{21}$ il numero di molecole contenute in un cm^3 di gas in condizioni normali. In questo contesto di grande rilievo Thomson faceva riferimento ad un certo modello di Cauchy e sosteneva che l'idea di "sfera di azione molecolare" dello scienziato francese era per una mente matematica "irrimediabilmente falsa", "[p]erché non ho nessuna fede in attrazioni e repulsioni che agiscono a distanza fra centri di forza secondo varie leggi".

⁵ W. Thomson, *Popular Lectures and Address*, vol. I, *Constitution of Matter*, London: MacMillan, 1889.

⁶ *Ib.*, pp. IV-V.

⁷ W. Thomson, "Note on Gravity and Cohesion", [1862], in *Rif.* 5, pp. 59-63.

⁸ J. Loschmidt, *Chemische studien. A. Constitutions-formeln der organischen chemie in geographischer Darstellung*, Wien: Carl Gerold's Sohn, 1861; il volumetto di una cinquantina di pagine riportava le formule di struttura di 368 composti.

Thomson quindi dichiara di non essere affatto 'attratto' dall'atomo di Boscovich, così come non è attratto dall'immagine che si è fatta dell'atomo dei chimici, che – secondo lui – sarebbe descritto come più piccolo di "qualsiasi cosa concepibile". Nel 1870 l'elaborazione dei chimici sui *volumi atomici* non solo aveva già dato buoni risultati in vari settori della disciplina, compresa la chimica organica, ma di lì a pochi mesi avrebbe fornito la *base sperimentale* più evidente del sistema periodico degli elementi proposto da Lothar Meyer.⁹ Comunque Thomson aveva una sua opinione ben consolidata:

"La chimica è impotente rispetto a questa questione [delle dimensioni atomiche], e a molte altre di enorme importanza, se la rigidità (*hardness*) delle sue assunzioni fondamentali le impedisce di considerare l'atomo come una reale porzione di materia che occupa uno spazio finito".¹⁰

Qui il grande fisico manca completamente il bersaglio, ma la sua affermazione venne ribadita nell'agosto dell'anno successivo, nel discorso d'apertura della riunione annuale della British Association for the Advancement of Science (BAAS). Thomson ne era Presidente, e di fronte alla prestigiosa, affollata platea degli scienziati della BAAS fu perentorio: "Chimici e altri naturalisti hanno avuto finora l'abitudine di evitare problemi quali la durezza o l'indivisibilità degli atomi assumendo virtualmente che essi siano infinitamente piccoli e infinitamente numerosi".¹¹

Procedendo a grandi passi nel tempo giungiamo al febbraio 1883, quando Thomson tenne una conferenza alla Royal Institution ancora sul tema delle dimensioni degli atomi. Qui l'atteggiamento dell'oratore nei confronti dei chimici è francamente ironico. L'esordio è morbido: "Quando parlo di atomi e di molecole, mi tengo piuttosto sul vago, e faccio così non a caso. Devo chiedere ai chimici di perdonarmi anche se abuso delle parole e occasionalmente uso un nome sbagliato". Poi, di seguito, si legge una vera e propria denuncia di ignoranza – altrui: "I chimici non sanno cosa sia l'atomo; per esempio se il gas idrogeno consista di due pezzi di materia in unione per costituire una molecola, e che queste molecole volino intorno: o se molecole

⁹ L. Meyer, "Die Natur der Chemischen Elemente als Function ihrer Atomgewichte", *Ann. Suppl. B*, **VII**, pp. 354-364 (1870).

¹⁰ W. Thomson, "The Size of Atoms", *Nature*, **1**, pp. 551-553 (1870); questa nota fu ristampata integralmente venti anni dopo in: W. Thomson, P.G. Tait, *Treatise on Natural Philosophy*, Part II, Cambridge: Cambridge UP, 1890, pp. 495-502.

¹¹ W. Thomson, "General Address of the President", *Chem. News*, **24**, pp. 49-56 (1871).

single, ciascuna indivisibile, o per lo meno indivisibile nell'azione chimica, costituiscano la struttura".¹² Essendo ormai passati venticinque anni dalla pubblicazione del *Sunto* di Cannizzaro, l'ironia dell'Oratore era del tutto infondata, e molto probabilmente lo stesso Thomson deve averlo capito poco tempo dopo.

In viaggio verso Baltimora, il 16 giugno 1884, Thomson tenne una conferenza a Montreal sui 'suoi' famosi vortici, mostrandosi ancora ottimista sull'utilità del modello, e tuttavia leggiamo nel testo un primo apprezzamento per la chimica:

"Percorrendo la via maestra delle scienze chimiche, St. Clair Deville è giunto alla grande teoria della dissociazione senza il minimo aiuto da parte della teoria cinetica dei gas", "ha assicurato alla [teoria della dissociazione] una sicurezza e un'importanza immediate e autonome in quanto teoria chimica".¹³

Il pensiero molecolare del grande fisico si stava aprendo su un nuovo e diverso orizzonte, molto diverso da quello della fisica-matematica e dei metodi di misura della fisica sperimentale.

Lord Kelvin, i chimici e le molecole. Vediamo entrare in scena nuovi personaggi quando Sir William Thomson è ormai diventato Lord Kelvin. Il grande scienziato è stato eletto Presidente della Royal Society, e nell'occasione solenne del suo discorso presidenziale del novembre 1893 al centro dell'argomentazione di Kelvin vi è un chimico, William Crookes. Le ricerche di Crookes sui raggi catodici furono illustrate "entusiasticamente"¹⁴ dall'oratore, poi, nelle conclusioni del discorso, Kelvin collocava su 'pari dignità' la materia corpuscolare e l'etere: "Nell'intera serie di ricerche di Crookes sul radiometro, la viscosità dei gas in atmosfere molto rarefatte, e i fenomeni elettrici dell'alto vuoto, sembra che l'etere non abbia nulla da fare se non l'umile funzione di mostrare ai nostri occhi qualcosa di ciò che stanno facendo atomi e molecole". Anche "le importanti ricerche di Schuster¹⁵ e J.J. Thomson" fanno sì che:

"la presenza di molecole di gas o vapore residuo sembra essere *l'essenziale*. Sembra certamente vero che senza le molecole non vi possa essere alcuna corrente, e che senza le molecole

¹² W. Thomson, "The Size of Atoms", in: W.L. Bragg, G. Porter (eds.), *Physical Sciences*, vol. 3, Amsterdam: Elsevier, pp. 227-256.

¹³ W. Thomson, *Opere*, a cura di E. Bellone, Torino: UTET, 1971, pp. 590-591.

¹⁴ La parola è di Silvanus Thompson, Rif. 1, p. 1060.

¹⁵ Arthur Schuster (1851-1934).

l'elettricità non abbia significato. Ma in obbedienza alla logica devo ritirare un'espressione che ho usato. Non dobbiamo immaginare che la «presenza di molecole sia *l'essenziale*». È certamente *un* essenziale. L'etere è certamente *un* essenziale, e certamente ha da fare qualcosa di più che semplicemente mandare un telegramma ai nostri occhi per parlarci di qualcosa che riguarda molecole e atomi".¹⁶

Fra poco la nostra ricerca si concentrerà sulle *Baltimore Lectures*, e questo ci permetterà di conoscere parecchi altri dettagli sulle opinioni atomico-molecolari di Kelvin, ma per indicare i termini del crescente interesse e – in un certo senso – del crescente rispetto del nostro fisico verso la scienza sorella può essere utile richiamare due date:

1901 Nel famosissimo *Aepinus Atomized* leggiamo una frase che capovolge il giudizio dato nel 1883 sulla non-conoscenza dei chimici della struttura atomica della molecola di idrogeno¹⁷, e parla delle "combinazioni binarie di due atomi di identica qualità che i chimici hanno scoperto nei gas diatomici (O₂, N₂, &c.)". Nello stesso articolo l'Autore si riferisce a "la complessità degli idrocarburi e la dottrina di Van't Hoff e Le Bell degli esiti asimmetrici (chiralità) prodotti dalla tetravalenza del carbonio".¹⁸ Kelvin si è ormai convinto dell'efficacia della teoria strutturale della chimica organica, di cui il 'carbonio asimmetrico' di van't Hoff e Le Bell è uno dei vertici conoscitivi.

1904 Il 23 ottobre 1904 l'ottantenne Lord Kelvin presenzia ad una premiazione di studenti di medicina, e nell'inevitabile discorso l'oratore ricorda che "Vi è una distinzione assoluta fra cristalli e cellule. Qualsiasi cosa che cristallizzi può essere fatta (*made*) dai chimici. Nulla che si avvicini alla cellula di una creatura vivente non è ancora mai stata fatta".¹⁹ È chiara l'aura di quasi-onnipotenza materiale che il grande fisico vede sprigionarsi dai laboratori chimici.

Il 1904 è anche l'anno di pubblicazione delle *Baltimore Lectures*.

Ripensando gli atomi: molar vs. molecular. Secondo Smith e Norton Wise le enormi difficoltà della trattazione dei fenomeni ottici della rifrazione portarono Thomson a separare l'analisi delle onde nell'etere, un problema 'molare', dagli effetti della materia sulle onde, un problema

¹⁶ Cit. da Rif. 1, p. 1060.

¹⁷ Si veda il testo al Rif. 12.

¹⁸ Lord Kelvin, "Aepinus Atomized", *Phil. Mag.*, (6) 3, pp. 257-283 (1902); il testo dell'articolo riproduceva quello del contributo dato al volume edito nel novembre 1901 in onore del fisico olandese Johannes Bosscha (1831-1911).

¹⁹ Rif. 1, p. 1102-1103.

'molecolare'.²⁰ La struttura argomentativa delle *Baltimore Lectures* è interamente basata sull'opposizione *molar vs. molecular*, una scelta semantica estremamente interessante per la nostra ricerca perché ricorda molto da vicino l'opposizione fra *macroscopico* e *microscopico* che è a fondamento dell'epistemologia disciplinare dei chimici. Questo atteggiamento conoscitivo è richiamato in un modo personalissimo da Thomson nella conferenza del 2 febbraio 1883 sulle dimensioni degli atomi:

"se si possa dividere un pezzo di vetro in pezzi più piccoli di 1-centomillesimo di centimetro di diametro, e così via senza romperlo, e far sì che cessi di avere le proprietà del vetro, proprio come un mattone non ha le proprietà di una parete di mattoni, è una questione molto pratica (*a very practical question*), ed è una questione che siamo perfettamente disposti ad affrontare".

"Ora noi dobbiamo avere a disposizione un mezzo pratico di misura (*a practical means of measuring*), e l'ottica ce ne fornisce uno per i millesimi di millimetro"²¹

La conferenza del 2 febbraio 1883 è indicata da Smith e Norton Wise come il luogo in cui viene resa esplicita la differenziazione fra spiegazione 'molare' e spiegazione 'molecolare', e contestualmente il 'misurabile' è associato con il 'concepibile'. Nella loro bellissima ricerca su *Energy and Empire*, come chiavi di lettura della biografia di Kelvin, i due storici scrivono: "La distinzione molare-molecolare riconosceva formalmente l'approccio a partire da due direzioni egualmente legittime, mentre la misurabilità soddisfaceva l'esigenza di una teoria pratica, non metafisica malgrado le ipotesi molecolari".²² Smith e Norton Wise sintetizzano la loro interpretazione dell'equazione:

conceivable = measurable = practical

un'equazione che "non solo rendeva gli atomi entità teoriche legittime, ma legittimava qualsiasi teoria sugli atomi fin tanto che tutte le entità della teoria fossero passibili di misura". Tuttavia esitevano per Thomson due ulteriori pre-condizioni: 'concepibile' presupponeva una *concepibilità meccanica*, e 'misurabile' significa *misurabile direttamente*.²³ L'equazione epistemologica e le condizioni al contorno escludevano senza alcun dubbio

²⁰ Rif. 2, p. xi.

²¹ Rif. 12, p. 228.

²² Rif. 2, p. 441.

²³ Loc. cit.

tutti i modelli teorici dei chimici. Sulla base di quanto abbiamo già visto nella cronologia precedente possiamo dire nei due decenni successivi al 1883 l'atteggiamento teorico del grande fisico inglese si ammorbidì notevolmente, facendo sì che ammettesse come degni di interesse e di citazione tutto un insieme di risultati della chimica, che nulla dovevano a modelli meccanici, e che erano basati su teorie come quelle della struttura molecolare che certamente non erano passibili di misura diretta.

Le Baltimore Lectures

Nel 1884 Thomson tenne una serie di lezioni alla Johns Hopkins University di Baltimora. Il viaggio in Nord America di Sir William fu facilitato dalla convocazione nella colonia canadese della riunione annuale della BAAS. Per il 1884 Thomson era il Presidente della Sezione A della BAAS, quella per le scienze matematiche e fisiche, e a Montreal tenne il discorso inaugurale della Sezione il 28 agosto.²⁴ Il primo ottobre Thomson iniziava il corso alla Johns Hopkins.

Per la ventina di partecipanti le 'lezioni' di Thomson comportarono una specie di 'immersione totale' nel mondo fisico-matematico del loro 'maestro' per quasi tre settimane. Le lezioni cominciavano alle 3.30 del pomeriggio, alle 5 o alle 8, ed ogni lezione era divisa in due parti con un intervallo di 10 minuti, che il 'professore' passava chiaccherando con gli 'allievi'; in cinque giorni l'appuntamento fu duplice. Fra gli allievi vi erano Lord Rayleigh e George Forbes (1849-1936), che pure avevano partecipato alla riunione di Montreal della BAAS, il padrone di casa Henry Augustus Rowland, e scienziati americani di rilievo come il fisico Albert A. Michelson e il chimico Edward W. Morley. Le lezioni di Thomson furono stenografate da A.S. Hathaway e riprodotte in forma di *papyrograph*²⁵ già nel dicembre del 1884. Il testo delle *Lectures* edito a stampa nel 1904 è disseminato di date, indicative delle cospicue aggiunte e revisioni introdotte rispetto alla versione 'dettata' a Baltimora. Una mera indagine quantitativa della consistenza di ogni capitolo delle *Baltimore Lectures*, dimostra che già a partire dal capitolo 12 la scrittura prese la mano all'Autore, aumentando notevolmente il numero di pagine dedicate ad ogni lezione. Vedremo più avanti che Kelvin rispose immediatamente, in conferenze e a stampa, all'annuncio della scoperta dell'elettrone, fatta da J.J. Thomson il 30 aprile

²⁴ Si tratta della conferenza citata al Rif. 13.

²⁵ La tecnica del *papyrograph* consisteva nell'usare per la stampa degli stampi ottenuti da fogli di carta su cui si era scritto con un inchiostro corrosivo.

del 1897, e d'altra parte, come è ben noto, gli ultimi anni dell'Ottocento furono tra i più ricchi della storia della fisica sperimentale. Non mancavano quindi al nostro Autore le novità di cui tener conto.

Si è già detto che la struttura argomentativa delle *Baltimore Lectures* è imperniata sull'opposizione fra un approccio *molar* ed un approccio *molecular* ai problemi del rapporto fra dinamica molecolare e teoria ondulatoria della luce. Dal punto di vista assunto nella nostra ricerca è particolarmente interessante *vedere* come Kelvin descriveva i sistemi molecolari. L'enfasi sul *vedere* diventa subito comprensibile se si considerano i modelli materiali spesso esibiti a lezione e riprodotti con numerose illustrazioni nel testo delle *Lectures*, tuttavia la prima 'molecola' introdotta dall'Autore è assai meno pittoresca; si tratta di un modello impiegato da Rayleigh per spiegare le differenze di velocità di propagazione della luce nello spato d'Islanda: "le molecole vibranti potrebbero essere come sferoidi oblati vibranti in un fluido privo di attrito".²⁶ Rayleigh aveva utilizzato il modello assumendo che vi fossero differenze di inerzia effettiva nelle diverse direzioni,²⁷ quindi se queste 'molecole' non erano propriamente originali, lo era comunque il contesto d'uso. Kelvin fece stampare a margine della definizione appena citata la parola *Molecular*, che seguiva sul margine, dopo 22 righe, la parola *Molar*. Era così segnalato al lettore il cambiamento dell'approccio seguito dall'Autore, e noi possiamo seguire il richiamo di Kelvin per affermare che almeno in certe circostanze per il nostro Autore le 'molecole' erano "realmente (secondo il loro nome) mucchietti di materia (*little heaps of matter*)".²⁸ Nelle *Baltimore Lectures* sono proposti non meno di otto modelli diversi di molecola, alcuni dei quali meritano una certa attenzione da parte nostra, fino a giungere a quelli nati dall'incontro fra Kelvin e Aepinus.²⁹

Modelli materiali e analisi fisico-matematica: molle e pesi. Kelvin nelle Lezioni II e III presentò in aula tre modelli a molle e pesi. A Kelvin questo tipo di modelli piaceva moltissimo, per cui lo presenta con una certa enfasi:

"È una illustrazione carina (*pretty*); la trovo molto utile per me stesso. Sto parlando a professori che simpatizzano con me, e a cui potrebbe far piacere il conoscere un esperimento che sarà

²⁶ Rif. 4, p. 19.

²⁷ È questa una proprietà eolotropica, secondo la denominazione di Kelvin; v. Rif.

Errore. Il segnalibro non è definito..

²⁸ Cit. da Rif. 2, p. 428.

²⁹ Franz Maria Ulrich Theodosius Aepinus (1724-1802).

istruttivo per i loro allievi".³⁰

L'esperimento consisteva nel "trovare per tentativi i periodi fondamentali" del sistema costituito da tre pesi sospesi in serie. Era sufficiente per Kelvin muovere con un dito uno qualunque dei pesi e, per tentativi, si sarebbe potuta realizzare "una oscillazione molto carina (*pretty*)", con tutti i pesi che si muovevano nella stessa direzione e con ampiezze diverse. Il moto avrebbe corrisposto alla radice maggiore dell'equazione cubica che esprimeva la soluzione matematica del problema. Un secondo modello costituiva una variante più complessa di quello precedente. I tre corpi (*particles*) hanno ora propriamente masse e non pesi ("sarebbe ancora meglio se potessimo andare al centro della Terra"), e il moto è comunicato loro da una quanta particella P, "che è mossa avanti e indietro (*to and fro*) con un dato moto".³¹ Questo secondo modello concludeva la lezione pomeridiana del 2 ottobre. Il pomeriggio seguente Kelvin, dopo l'intervallo, esibì un modello ancora diverso.

Il modello non è soltanto una ulteriore generalizzazione dei precedenti ma nel modello materiale presenta una curiosa maniglia (*handle*), "come quelle delle campane dell'era pre-elettrica". Nel mondo fisico dell'aula la maniglia deve essere in ogni caso "qualcosa che potete tirare", ma nel mondo fisico-matematico descritto dal modello la funzione di questo 'qualcosa' era molto più impegnativa: "Chiamiamolo P. Questo, nella nostra applicazione all'etere luminifero, sarà il guscio rigido (*rigid shell*) che si delinea fra l'etere luminifero e la prima massa mobile". Segue una breve trattazione matematica che fa andare in visibilio il nostro fisico, "e così siamo condotti splendidamente (*beautifully*) di radice in radice, e vediamo le seguenti condizioni ...", dopo di che, se proseguiamo la lettura, sotto la voce *Molecular* ripetuta a margine nella pagina successiva, ci pare di vedere Kelvin allungare la mano e afferrare la maniglia: "ora metto il sistema in movimento, cercando, come vedete, di metterlo in uno stato di vibrazione armonica semplice con la mia mano applicata a P".³² Non ci deve sfuggire il fatto che Kelvin dice di 'applicare' la mano non ad una maniglia reale, ma alla designazione linguistica del sottile luogo di incontro fra l'etere luminifero e la 'molecola' materiale.

La naturalezza dei modelli fisico-matematici : gusci, guaine, molle, ed etere. Il modello di Figura 1 [a] fece la sua comparsa dopo il rituale intervallo della lezione pomeridiana dell'otto ottobre. La lezione era la

³⁰ Rif. 4, p. 28.

³¹ Ib., p. 31.

³² Ib., p. 40.

IX, e la presentazione del modello può essere molto utile per comprendere meglio alcuni tratti della visione del mondo di Kelvin, in particolare per ciò che il grande fisico riteneva 'naturale' o 'innaturale' – nel mondo fisico-matematico. Al momento Kelvin si propone di dare "una spiegazione della rifrazione ordinaria", utilizzando un "rozzo modello meccanico". Si suppone "un enorme numero di cavità sferiche distribuite equamente nello spazio", e tuttavia "la quantità di etere spostata sia estremamente piccola in proporzione al volume complessivo". "Queste supposizioni sono perfettamente naturali (*natural*)", ci dice Kelvin, e prosegue:

"Ora, ciò che è meccanicamente innaturale (*unnatural mechanically*) è che supponiamo che in primo luogo sia simmetrica la copertura (*lining*) rigida, sferica e priva di massa, di questa cavità sferica nell'etere luminifero, connessa da molle con un guscio interno rigido e con massa, m_1 ".³³

La descrizione di Kelvin è fin troppo irta di aggettivi, tuttavia diventa più comprensibile nelle indicazioni riportate in Figura 1 [a], e in ogni caso si capisce che è la simmetria del sistema che turba il nostro fisico: "Cercheremo poi di vedere se non possiamo fare qualcosa seguendo la eolotropia".³⁴ Quindi valori diversi dell'inerzia nelle diverse direzioni sembrano essere per Kelvin più 'naturali' dell'isotropia, ma al momento Kelvin si rassegna:

"supponiamo che questo primo guscio m_1 sia connesso isotropicamente con il guscio rigido che foderà la cavità sferica nell'etere. [...] Analogamente, vi sia qui un'altro guscio m_2 , all'interno di m_1 , isotropicamente connesso con esso mediante molle; e così via".

"Questa è la rappresentazione meccanica più semplice che possiamo dare di una molecola o di un atomo, immersi nell'etere luminifero, a meno che si supponga che l'atomo sia assolutamente rigido (*hard*), il che è fuori questione".³⁵

Lo stesso modello venne ripreso il giorno dopo, 9 ottobre, nella lezione X, con il supporto di uno schema analogo a quello di Figura 1 [a].³⁶ Il 10 ottobre Kelvin offrì ai suoi 'allievi' la dimostrazione di un modello molto generale, che permetteva di valutare le condizioni di equilibrio di un sistema

³³ Ib., p. 104.

³⁴ Per il nostro fisico una proprietà 'molare' dei cristalli è eolotropica quando si presenta con valori diversi nelle diverse direzioni (Rif. 4, p. 122).

³⁵ Ib., pp. 104-105.

³⁶ Ib., p. 118.

in cui una molecola era rappresentata da un insieme di particelle come quello di Figura 1 [b]; qui, diceva Kelvin, "l'inerzia delle molecole non sarà messa in gioco".³⁷

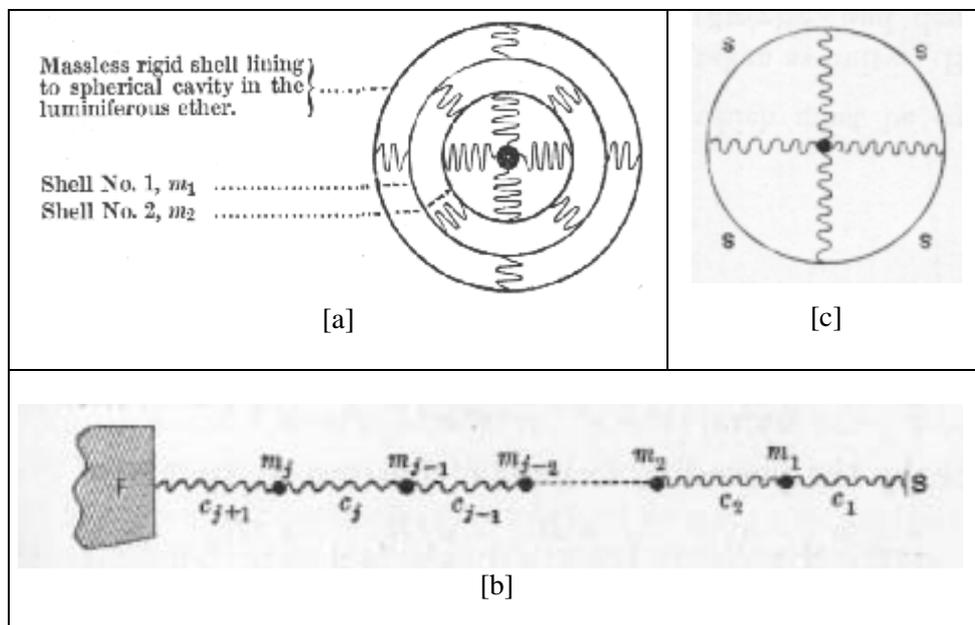


Figura 1

Kelvin riesce a ricavare una formula per l'indice di rifrazione del mezzo nel caso che il periodo dell'onda luminosa sia infinitamente lungo rispetto a quello di qualsiasi "periodo molecolare". Per rimuovere questa condizione Kelvin semplifica drammaticamente il sistema, riducendolo a quello di Figura 1 [c]:

"Supponiamo che la nostra molecola abbia solo una particella vibrante [...] m , che sia la somma delle masse dei vibratori per unità di volume nell'etere. Immagiamola connessa mediante molle prive di massa (come in [Figura 1 [c]]) con il guscio o guaina (*sheath*) S , che la circonda e attraverso cui essa agisce sull'etere che circonda la guaina".³⁸

Questo modello è l'ultimo delle *Baltimore Lectures* che si trova collocato

³⁷ Ib., p. 143.

³⁸ Ib., p. 145.

nella versione originale delle Lezioni, ma prima di trattare quelli proposti da Kelvin dopo la scoperta dell'elettrone ci soffermiamo nuovamente su due modelli materiali che furono effettivamente esibiti in aula a Baltimora.

Macchine ondulatorie e definizione di molecola. La lezione di sabato 11 ottobre si tenne tardi, alle otto di sera, però i convenuti furono ricompensati dalla presenza in aula di una notevole *wave machine* che aveva avuto origine da quelle utilizzate da Kelvin nelle sue lezioni a Glasgow, e che al momento replicava quella esibita un anno prima alla Royal Institution, nella conferenza sulle dimensioni degli atomi. È appunto prima di illustrare la costruzione e il funzionamento della sua 'macchina ondulatoria' che Kelvin dà la sua definizione più esplicita di molecola, sottolineata anche graficamente:

"la specie di cosa che si presenta nella vera molecola: — Una molecola complessa elastica consistente in un numero finito di masse discontinue elasticamente connesse (con masse enormi nelle parti centrali, il che sembra certo): il tutto immerso nell'etere e azionato (*acted on*) dall'etere in virtù di connessioni elastiche che [...] devono consistere in legami elastici simili a molle".³⁹

Kelvin spiegò ai suoi 'allievi' i dettagli minuti del metodo di sospensione con corde di pianoforte delle sbarre di legno orizzontali, e l'apparato è presentato come "una macchina per illustrare le vibrazioni di un gruppo finito di diverse particelle connesse elasticamente". La 'macchina' del 1883, più complessa, era ora semplificata, con solo tre masse 'attive', m_1 , m_2 , e m_3 , ed un "grosso peso" al fondo, per mantenere tesi i fili. "In tutto abbiamo qui quattro masse", disse Kelvin, "delle quali la più bassa rappresenta il guscio sferico che limita l'etere intorno alla nostra cavità ideale".⁴⁰ La funzione meramente retorica e ludica della 'macchina' è evidente, e l'aspetto giocoso coinvolse pienamente l'allora sessantenne Sir William il lunedì successivo, quando entrando nell'aula vide la 'sua' macchina modificata da Rowland. Il modello utilizzato nella lezione XIII aveva ora una quarta sbarra, posta fra le masse m e il peso terminale, e questa barra era connessa con un pendolo bifilare. Lo stenografo ha registrato queste frasi di Sir William: "Guardiamolo un po' e vediamo cosa fa. Non l'ho visto prima ed è del tutto nuovo per me. Oh, vedete, potete cambiare il periodo; questo è molto bello, questo è splendido. Studiamo un po' queste vibrazioni, così, come illustrazioni. Il prof. Rowland ha fatto gentilmente questo dispositivo per noi, e penso che noi tutti siamo

³⁹ Ib., p. 163.

⁴⁰ Ib., pp. 164-165.

interessati nel fare esperimenti".⁴¹ Ovviamente il 'maestro' spiegò subito ai suoi 'allievi' le novità introdotte dal modello di Rowland, che nella versione finale delle *Baltimore Lectures* fu battezzato "vibratore modello di Rowland".

L'incontro con Aepinus e l'elettrione. Con la presentazione del modello di Rowland ci siamo già inoltrati nella parte delle *Baltimore Lectures* che fu profondamente rivista, o totalmente riscritta, alla fine degli anni 1890 e nei primi anni del 1900. Le date disseminate da Kelvin nel testo a stampa ci dicono che il processo di riscrittura iniziò concretamente nel 1898, quindi dopo la scoperta da parte di J.J. Thomson dell'esistenza di quei *corpuscles* che costituivano la prima particella sub-atomica conosciuta. J.J. Thomson diede l'annuncio della scoperta il 30 aprile del 1897, in una conferenza alla Royal Institution; il 21 maggio toccò a Kelvin parlare alla Royal Institution, sull'elettricità di contatto. Il giorno dopo Kelvin mandava a *Nature* una lettera dal titolo "Elettricità di contatto ed elettrolisi secondo Padre Boscovich". Nella lettera non è menzionato J.J. Thomson, ma l'Autore accetta "una teoria atomica dell'elettricità", battezza questa unità di materia con il nome di *electrion* che gli sembra preferibile a quello di *electron* proposto da Johnstone Stoney,⁴² e per trattare le interazioni fra gli atomi di materia ponderabile e gli elettrioni propone di "adottare l'essenziale della teoria di Aepinus, e di trattarlo secondo la dottrina di Padre Boscovich".⁴³ Abbiamo visto che nel 1870 Thomson dichiarava di non avere "nessuna fede in attrazioni e repulsioni che agiscono a distanza fra centri di forza secondo varie leggi",⁴⁴ tuttavia i tempi sono cambiati e Kelvin sente la necessità di conquistare più ampi margini di manovra rispetto a quelli concessi dai suoi precedenti modelli di materia. I testi delle *Baltimore Lectures* ci permettono di cogliere con una certa sicurezza il momento della transizione. Dal marzo 1899 all'aprile 1901 Kelvin lavora su un modello di atomo basato su un etere a densità variabile, tale che "l'etere subisca una condensazione nella parte centrale dell'atomo e una rarefazione nella parte più esterna".⁴⁵ Il modello è illustrato con la molecola biatomica di Figura 2 [a].

⁴¹ *Ib.*, p. 186.

⁴² George Johnstone Stoney (1826-1911).

⁴³ Lord Kelvin, "Contact-Electricity and Electrolysis According to Father Boscovich", *Nature*, **56**, pp. 84-85 (1897).

⁴⁴ Si veda al Rif. 10.

⁴⁵ Rif. 4, p. 254.



FIG. 13.

[a]

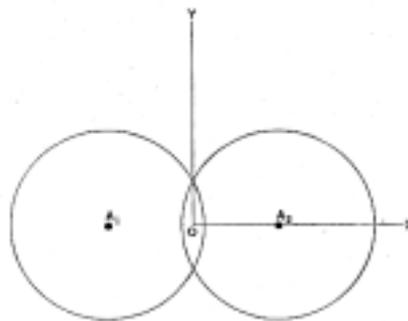


FIG. 14.

[b]

Figura 2

**Molecole Kelviniane: [a] atomi con
etere a densità variabile;
[b] atomi con elettrioni ed etere a
densità variabile**

La comparsa dell'elettrione come dato sperimentale certo non fa abbandonare del tutto lo sforzo di utilizzare l'etere a densità variabile, e nella stesura della ventesima e ultima lezione sarà sviluppata a pieno una *electro-etheral theory*, che fra i suoi esiti avrà la Figura 2 [b], descritta da Kelvin come "una molecola diatomica che consiste di due atomi eguali e simili tenuti insieme da una potente attrazione [...] con un singolo elettrione in ciascuno [di essi]".⁴⁶ I modelli di Figura 2 [a] e di Figura 2 [b] sono separati da quelli proposti nell'*Aepinus Atomized*, e fra un momento sarà chiara l'influenza della nuova elaborazione sul modello con l'etere a densità

⁴⁶ Ib., p. 437:

variabile. In ogni caso abbiamo stabilito un dato storiograficamente interessante, e cioè che l'*elettrion* entra prepotentemente nelle riflessioni di Kelvin fra la primavera e l'estate del 1901, e cioè fra il modello della Figura 2 [a] (descritto in aprile) e quelli dell'*Aepinus Atomized* (a stampa in novembre).

Nell'*Aepinus Atomized* Kelvin è – suo malgrado – ancora più libero di quanto si fosse dimostrato a Baltimora, in quanto è stato rimosso il vincolo di un modello meccanico qualsivoglia, e trova nell'atomo di Boscovich il modo più adatto per godersi questa nuova libertà. Mentre 'fuori' dell'atomo la legge di Coulomb è valida per tutte le interazioni fra atomi ed elettrioni, le cose si complicano (devono complicarsi!) all'interno degli atomi. Quando l'elettrione penetra nell'atomo l'attrazione non subisce nessun cambiamento brusco, per poi andare a zero quando l'elettrione raggiunge il centro:

"Questo è proprio ciò che accadrebbe se la virtù elettrica (*electric virtue*)⁴⁷ dell'atomo fosse dovuta alla distribuzione uniforme attraverso l'atomo di una ideale sostanza elettrica di cui ciascuna infinitesima parte repelle porzioni infinitamente piccole della sostanza ideale negli altri atomi, e attrae elettrioni secondo l'inverso del quadrato della distanza".⁴⁸

Fin qui nulla di particolare, ma al momento in cui gli atomi sono fatti interagire fra di loro si crea lo scarto, e di seguito al passo precedente leggiamo:

"Ma non possiamo fare una supposizione analoga per le forze reciproche fra due atomi *che si sovrappongono* (*overlapping atoms*); perché dobbiamo ritenerci liberi di aggiungere una attrazione o repulsione secondo una qualsiasi legge della forza che noi si possa trovare conveniente per la spiegazione delle proprietà elettriche, elastiche e chimiche della materia".⁴⁹

Vi sono qui due punti di grande rilievo. Il primo punto è che Kelvin sta proponendo un modello di materia in cui le nuove leggi della forza si manifestano soltanto in presenza di atomi *overlapping*,⁵⁰ in linguaggio

⁴⁷ Non senza ironia Kelvin richiama il linguaggio dei suoi interlocutori settecenteschi: nelle due pagine 258 e 259 del Rif. 18 Kelvin cita Aepinus, Cavendish, Coulomb, Boscovich e Beccaria.

⁴⁸ Rif. 18, pp. 258-259.

⁴⁹ Loc. cit.

⁵⁰ Nel testo originale questa sola parola è enfatizzata con il corsivo.

chimico soltanto quando si forma un legame chimico. Il secondo punto, in un certo senso conseguenza del primo, è che ora sono chiamate in causa non soltanto le proprietà elettriche e meccaniche della materia, ma anche quelle chimiche. Che sia inevitabile aver a che fare con le idiosincrasie della chimica diventa chiaro subito dopo. Ogni atomo avrà il *quantum* di elettrioni necessario per neutralizzare la propria carica di segno opposto, ma se è possibile che "le differenze di qualità degli atomi delle differenti sostanze" siano dovute ad un differente numero di elettrioni, è anche possibile che le differenze possano essere "completamente spiegate in modo meramente Boscovichiano dalle differenze nelle leggi della forza fra gli atomi". Kelvin prosegue con una congettura molto interessante:

"è concepibile che la molecola di una gas diatomico, ossigeno, o azoto, o idrogeno, o cloro, possa avere tre elettrioni o qualche numero dispari di elettrioni [...] così che i singoli atomi, O, N, H, Cl, se possono esistere separatamente, devono essere elettrificati in modo vitreo o resinoso, e non possono essere neutri".⁵¹

È una congettura puramente chimica, sia per il suo andamento ontologico ed epistemologico (dalle molecole agli atomi), sia per il suo contenuto esplicativo del legame fra atomi eguali (dello stesso elemento) e diversi (come natura della carica). Il grande fisico ha scoperto che l'interazione fra gli atomi può avere lo stesso fascino che fino ad allora aveva avuto per lui l'interazione fra i corpuscoli materiali e l'etere, e nell'*Aepinus Atomized* vi è una quantità tale di suggerimenti e suggestioni sul mondo atomico-molecolare da rendere un'analisi dettagliata impraticabile nel nostro contesto di ricerca. Vi sono tuttavia alcuni elementi dell'argomentazione di Kelvin che non possiamo non apprezzare esplicitamente.

L'interesse del nostro fisico è attirato dal problema delle interazioni perché il mondo corpuscolare è popolato da sistemi complessi, dalle molecole ai solidi, in cui gli atomi non risiedono nelle condizioni di equilibrio garantite dalla loro 'struttura' ma ottengono un equilibrio diverso, collettivo, in quanto "la materia ponderabile ordinaria, non elettrificata, consiste di una vasta raccolta (*assemblage*) di atomi". "[L]a forza elettrica sarebbe rigorosamente nulla attraverso tutto lo spazio esterno agli atomi, se ogni atomo avesse un singolo elettrione al suo centro", ma "quando due atomi si sovrappongono, così che il centro di uno di essi è all'interno del limite sferico dell'altro, il precedente equilibrio dei due elettrioni è scosso, ed

⁵¹ Rif. 18, p. 259.

essi devono trovare posizioni di equilibrio diverse dai centri". Kelvin appoggia la successiva dimostrazione di un caso semplificato: "La soluzione è mostrata correttamente nella fig. 2, per il caso in cui un raggio è tre volte l'altro, e la distanza fra i centri è 2,7 volte il raggio minore".⁵² Nel complesso Kelvin sembra aver trovato un luogo lontano dalle 'nuvole' che avevano oscurato il cielo della fisica teorica, e per certi aspetti si dimostra ottimista:

"le supposizioni che abbiamo fatto sulle forze, elettriche e di altro tipo, fra gli elettrioni e gli atomi, sembrano aprire la strada ad una dinamica molto dettagliata e definita dell'elettrolisi, della affinità chimica e del calore della combinazione chimica".⁵³

L'orizzonte di ricerca che si prospetta non è comunque senza difficoltà, come si può capire da questo lungo passo che merita di essere citato nella sua interezza:

"Potremmo essere tentati di assumere che tutta l'attività chimica sia elettrica, e che tutte le varietà di sostanze chimiche siano da spiegare con il numero di elettrioni necessari per neutralizzare un atomo o un insieme di atomi; ma non riusciamo ad essere soddisfatti da questa idea quando consideriamo la grande e selvaggia varietà (*great and wild variety*) di qualità e affinità manifestate dalle differenti sostanze o dai differenti «elementi chimici»; e poiché stiamo assumendo che gli elettrioni siano tutti eguali, dobbiamo ripiegare (*fall back*) su Padre Boscovich, e chiedergli di spiegare la differenza di qualità di differenti sostanze chimiche con differenti leggi di forza fra atomi differenti".⁵⁴

Il passo non richiede particolari commenti, dato che è del tutto esplicito il senso di avventura (*wild*) e di resa (*fall back*) che Lord Kelvin vuol trasmettere ai suoi lettori.

L'impegno politico di Lord Kelvin

La vocazione politica di Thomson si rivelò nel 1886, quando la proposta del *Home Rule Bill* da parte di William Gladstone portò alla scissione dei liberali, il movimento politico di cui lo stesso Gladstone era la figura più eminente. La legge proposta da Gladstone sarebbe andata incontro alle

⁵² Ib., p. 261.

⁵³ Ib., p. 271.

⁵⁴ Ib., p. 272.

aspettative dell'Irish Nationalist Party che nel 1885 aveva conseguito un notevole successo elettorale, ma fu bocciata perché 93 deputati liberali votarono contro. Dei 93 deputati 46 erano Unionisti radicali che guidati da Joseph Chamberlain combatterono la successiva, immediata battaglia elettorale come National Radical Union; il resto dei deputati formò un gruppo di liberali moderati con il nome di Liberal Unionist Association.⁵⁵ Thomson apparteneva ad una famiglia che apparteneva alla elite inglese dell'Ulster, e senza esitazioni aderì alla Liberal Unionist Association, e da aprile a ottobre partecipò attivamente alla campagna elettorale contro Gladstone. Negli anni successivi Sir William mantenne il suo impegno politico, spostandolo nel tempo su posizioni più vicine a quelle di Chamberlain, uno dei più appassionati difensori delle 'ragioni' dell'Impero.

L'anno 1892 si apre sotto i migliori auspici per la vita politica di William Thomson, in quanto il 1° gennaio era stato dato l'annuncio ufficiale che il grande scienziato sarebbe diventato un Pari di Inghilterra. Il 25 febbraio Kelvin siede per la prima volta alla Camera dei Lord, una posizione che allora significava tutt'altro che un pensionamento politico. In luglio Gladstone vince le elezioni, e l'ostilità di Kelvin cresce ancora. Dopo meno di un anno, nel settembre 1893, Kelvin contribuisce a far respingere il secondo *Home Rule Bill* di Gladstone dalla Camera dei Lord.⁵⁶

Conclusioni

Anything that crystallizes may be made by the chemist.
Lord Kelvin, 23 ottobre 1904⁵⁷

Si potrebbe racchiudere l'intero percorso 'corpuscolare' di Thomson fra due suoi giudizi a proposito dell'atomo di Lucrezio. Nel 1867, in pieno *flirt* con l'atomo vortice, Thomson aveva affermato che non era più necessaria la "mostruosa assunzione di pezzi di materia infinitamente resistenti e infinitamente rigidi", proposta da Lucrezio e adottata da Newton. Infatti con la *Wirbelbewegung* di Helmholtz si derivavano quelle "inalterabili qualità che distinguono i diversi tipi di materia", mentre "l'atomo di Lucrezio non

⁵⁵ Queste notizie sintetiche sulle vicende politiche britanniche sono tratte da: C. Cook, J. Stevenson, *The Longman Handbook of Modern British History, 1714-1980*, London: Longman, 1985.

⁵⁶ *Ib.*, pp. 932-933.

⁵⁷ *Rif. 1*, p. 1102.

spiega[va] alcuna proprietà della materia senza attribuirla all'atomo stesso".⁵⁸ Il 24 ottobre 1901, *trentaquattro* anni dopo, *Nature* pubblicava una nota di Thomson in cui l'Autore si chiedeva se potesse esistere qualche specie di materia che non fosse soggetta alla legge di gravitazione universale; la risposta all'interrogativo era positiva, e al termine dell'articolo, come sigillo dell'argomentazione, spiccava questa frase:

"siamo quindi costretti (*forced*), in questo ventesimo secolo, ad opinioni sull'origine atomica di tutte le cose che ricordano da vicino quelle presentate da Democrito ed Epicuro, e dal romano Lucrezio, il loro grandioso narratore poetico (*majestic poetic expositor*)".⁵⁹

Nelle fasi preliminari di questa ricerca su William Thomson mi sembrava che emergesse una certa 'cecità temporanea' del grande fisico rispetto all'immagine degli atomi e delle molecole 'dei chimici', quasi che i loro risultati finissero nel *punto cieco* della visione scientifica del Nostro. Vi era del vero in tutto questo, però le ragioni di una tardiva 'guarigione' non erano affatto chiari. Ciò che risulta ora, dopo aver ricostruito la doppia e parallela cronologia dell'avvicinamento ai problemi della chimica e alla politica militante, è abbastanza convincente, specie se visto nel contesto delle argomentazioni avanzate da Smith e Norton Wise. Nel loro ampio studio biografico su Kelvin i due storici si erano proposti di verificare fino a che punto l'ideologia di un imprenditore scientifico vittoriano si fosse realizzata non solo nei suoi strumenti e nei brevetti, ma anche nella sua fisica matematica. Erano così giunti a mostrare "concretamente e in dettaglio, come la scienza che Thomson produceva fosse inseparabilmente integrata con la cultura industriale di cui era un rappresentante".⁶⁰ La proposta interpretativa di Smith e Norton Wise è piuttosto sfumata, perché si basa su una categoria storiografica ampia e sfuggente, la *industrial culture*, e forse dovrebbe essere rinforzata con un riferimento a quella *cultura di classe* che Lord Kelvin aveva impersonato per tutta la vita. Nondimeno la storia degli uomini non si taglia con l'accetta, e quindi ben vengano le interpretazioni sfumate.

Per decenni la potenza dirompente delle ricerche chimiche era

⁵⁸ W. Thomson, "On Vortex Atoms", *Phil. Mag.* **34**, pp. 15-24 (1867); cfr.: E. Bellone, *I modelli e la concezione del mondo nella fisica moderna da Laplace a Bohr*, Milano: Feltrinelli, 1973, p. 247.

⁵⁹ Lord Kelvin, "On the Clustering of Gravitational Matter in Any Part of the Universe", [1901], in *Rif.* **4**, pp. 532-540.

⁶⁰ *Rif.* **2**, pp. xx-xxi.

rimasta nascosta agli occhi del nostro 'filosofo naturale'. A livello professionale Thomson non poteva avere un accesso facile agli esiti – e ai problemi – della cultura chimica per via della casualità delle letture, e a causa del filtro potente, impenetrabile, della sua stessa cultura che riteneva *incomprensibile* una disciplina come la chimica, aliena da qualsiasi elaborazione fisico-matematica che la rendesse *comprensibile*. Il ritardo della Gran Bretagna nei confronti della Germania nel tardo Ottocento è diventato un tema classico della storiografia del Novecento, in particolare per quanto riguarda le strutture scientifiche e scolastiche, e la loro 'materializzazione' economica più evidente: l'industria chimica;⁶¹ inequivocabile è stato il giudizio di Landes, che ha parlato di "enorme divario fra le realizzazioni della Gran Bretagna e della Germania".⁶² Fu solo verso la fine dell'Ottocento, di fronte al montante imperialismo del Reich guglielmino, quando si scatenò la corsa al riarmo navale, che la classe dirigente inglese prese coscienza del divario fra le due Nazioni. L'attività politica di Lord Kelvin fu tutta tesa a difendere l'unità dell'Impero e la sua egemonia mondiale, e si può dire che il grande fisico e imprenditore abbia focalizzato il suo sguardo scientifico sulla chimica solo quando è cambiata la sua percezione/ricezione dello sviluppo economico e tecnologico del Regno Unito.

⁶¹ Si può tuttora citare P. M. Hohenberg, *Chemicals in western Europe 1850-1914. An economic study of technical change*, Amsterdam: North-Holland, 1967.

⁶² D.S. Landes, *The Unbound Prometheus. Technological Change and Industrial Development in Western Europe from 1750 to the Present*, Cambridge: Cambridge UP, 1969, p. 340.