IRIS AperTO

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TORINO

AperTO - Archivio Istituzionale Open Access dell'Università di Torino

Il colore del calore: Macedonio Melloni e l'infrarosso

This is the author's manuscript

Original Citation:

Availability:

This version is available http://hdl.handle.net/2318/1577085 since 2016-06-29T19:57:49Z

Terms of use:

Open Access

Anyone can freely access the full text of works made available as "Open Access". Works made available under a Creative Commons license can be used according to the terms and conditions of said license. Use of all other works requires consent of the right holder (author or publisher) if not exempted from copyright protection by the applicable law.

(Article begins on next page)

08 September 2026

IRIS AperTO

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TORINO

This is the author's final version of the contribution published as:

[Colombi E., **Leone M.**, Robotti N. Il colore del calore: Macedonio Melloni e l'infrarosso. *Il Nuovo Saggiatore* 31:5-6 (2015) 45-56.]

The publisher's version is available at:

[http://prometeo.sif.it/papers/online/sag/031/05-06/pdf/06-percorsi.pdf]

When citing, please refer to the published version.

Il colore del calore:
Macedonio Melloni e l'infrarosso

EMANUELA COLOMBI(*), MATTEO LEONE(**), NADIA ROBOTTI(***)

(*) Dipartimento di Fisica e Scienze della Terra "Macedonio Melloni", Università di Parma

(**) Dipartimento di Filosofia e Scienze dell'Educazione, Università di Torino; INFN; Centro Fermi

(***) Dipartimento di Fisica, Università di Genova; INFN; Centro Fermi

INTRODUZIONE

Macedonio Melloni è universalmente riconosciuto come uno dei più grandi fisici Italiani dell'Ottocento. Ha dato contributi fondamentali allo studio dei "raggi calorici" (poi chiamati radiazione infrarossa), iniziati nel 1829, e culminati nel 1842 con la formulazione del "principio di identità" tra questi "raggi" e la luce. Giocò anche un ruolo di protagonista nelle vicende risorgimentali, che lo costrinsero per un lungo periodo in esilio. In quanto segue, sulla base di pubblicazioni dell'epoca e della ricca documentazione archivistica conservata a Parma presso la *Biblioteca Palatina* e a Parigi presso l'*Academie des Sciences*, gli *Archives Nationales*, l'*Institut de France* e la *Bibliothèque de la Sorbonne,* si ricostruirà il lungo percorso, durato più di dieci anni, seguito da Melloni per giungere al principio d'identità. Tappa fondamentale di questo percorso fu l'attribuzione, da parte dello stesso Melloni, di un *colore al calore*. Comunque Il principio di identità di Melloni era molto più profondo di quanto finora sottolineato in letteratura. Esso infatti non riguardava soltanto i raggi calorici e la luce, ma coinvolgeva tutte le radiazioni a quel tempo note, dall'estremo infrarosso all'estremo ultravioletto, fornendo una nuova e formidabile chiave di lettura per tutti i fenomeni legati all'irraggiamento.

1 L'INIZIO

Melloni **(fig. 1)** nasce a Parma l'11 aprile 1798. Il padre è un ricco commerciante e la madre è una donna molto colta, di origini francesi. Dopo quattro anni di studi privati in Matematica e Fisica, seguito da professori dell'Università di Parma, Melloni decide, nel 1819, di proseguire gli studi all'estero, e in particolare all'*Ecole Polytechnique* di Parigi, dove resta per quattro anni. Per Melloni le Università e le

Accademie straniere, e più in generale il mondo scientifico internazionale, rappresenteranno sempre un punto di riferimento costante e fondamentale.

Rientrato a Parma nel 1823, viene nominato prima "Professore sostituto di Fisica" all'Università (1824) e poi "Professore di Fisica e Direttore del Gabinetto di Fisica" (1827). A Parma si dedica immediatamente alla fisica sperimentale (Meteorologia) cercando di progettare un igrometro di nuovo tipo, che realizzerà poi nel 1829. È in questa occasione che nascono i primi contatti con Leopoldo Nobili, fisico di Reggio Emilia e famoso costruttore di strumenti scientifici.

Nobili aveva inventato nel 1825 il *galvanometro astatico*, il galvanometro più sensibile mai costruito sino ad allora. Dopo pochi anni, nel 1829, ebbe l'idea di utilizzarlo per misurare le deboli correnti termoelettriche prodotte per effetto Seebeck, e realizzare così un nuovo tipo di termometro. Per far questo costruì una *pila termo-elettrica*, costituita da sei elementi di bismuto e d'antimonio messi in serie, che accoppiò al galvanometro con lo scopo di misurare la corrente termo-elettrica che si creava per la differenza di temperatura tra le giunture della pila. Melloni venne subito messo al corrente da Nobili di questo nuovo termometro e così iniziò la sua grande avventura con il calore radiante.

Melloni cercò immediatamente di modificare questo strumento, denominato da Nobili "termo-moltiplicatore",[1] in modo da renderlo utilizzabile al meglio nello studio del calore radiante **(fig. 2)**. In particolare, aumentò il numero di elementi bismuto-antimonio, e ne variò le dimensioni e la disposizione, realizzando così un nuovo modello di termo-moltiplicatore estremamente più sensibile, in grado ad esempio di rilevare [2] "il calore naturale d'una persona alla distanza di venti piedi".[3] Fino all'invenzione del bolometro da parte di Samuel Langley nel 1878, quasi mezzo secolo dopo, il termo-moltiplicatore sarà, nelle sue varianti successive, lo strumento base per lo studio dell'infrarosso.

Con questo nuovo termo-moltiplicatore Nobili e Melloni incominciano ad analizzare alcuni fenomeni legati al calore radiante, tra cui il suo passaggio attraverso i corpi trasparenti. Utilizzando come sorgenti una "pallina di ferro riscaldata con dei carboni roventi o con dell'acqua bollente", ricavano che nel caso di alcuni materiali, quali il solfato di calcio, la mica, l'olio, l'alcool e l'acido nitrico, "il passaggio del calore raggiante dipende dal loro grado di trasparenza", così come era stato ricosciuto già da altri scienziati e in completa analogia con il comportamento della luce. Esisteva, però, un'importante eccezione rappresentata dall'acqua, la quale, pur essendo trasparente alla luce, "arrestava completamente il passaggio del calore raggiante". Questi risultati venivano "letti" per la prima volta da Melloni e Nobili a Parigi, durante la *Seance* (Seduta) dell'*Académie des Sciences* di Parigi del 5 settembre 1831. Due membri dell'*Academie*, Pierre Louis Dulong e François Arago (di recente eletto *Segretaire Perpetuel*) venivano incaricati di studiare la memoria.

[INSERIRE FIG. 1 E FIG. 2]

2. IN ESILIO CON IL TERMOMOLTIPLICATORE: I PRIMI PASSI

Quando venivano presentati a Parigi questi risultati, la collaborazione con Nobili era finita da circa un anno, in quanto Melloni si trovava già in esilio.

Infatti, il 16 novembre 1830, dopo una sua prolusione ad inizio anno accademico, in cui esaltava gli studenti parigini per il loro contributo alla rivoluzione di luglio con cui era stato destituito re Carlo X di Borbone,[4] la Regnante Maria Luigia, duchessa di Parma, Piacenza e Guastalla, lo sospendeva dall'insegnamento e lo allontanava dall'Università.[5] Diventato manifestamente persona non gradita, per aver proposto idee "contrarie ai principii adottati dal Governo, e tendenti a corrompere gli animi de' giovani scolari troppo facili a seguirne i funesti esempi", Melloni abbandona Parma , per poi ritornarvi allo scoppio dei moti del febbraio del 1831. Qui fa parte del Governo Provvisorio, instauratosi dopo la destituzione di Maria Luigia. Comunque, dopo circa un mese, all'arrivo delle truppe austriache, è costretto di nuovo a fuggire da Parma. E così, mettendosi in viaggio con il suo termo-moltiplicatore, si sposta tra varie località in Italia e all'estero (Firenze, Genova, Marsiglia, Lione, Parigi, Besançon), per poi stabilirsi nel dicembre del 1831 a Dôle (nel Nord-Est della Francia), dove è nominato Professore presso il *College de l'Arc* dell'Università.

E in giro per il mondo Melloni prosegue, ora da solo, le ricerche sul calore radiante, partendo proprio dall'anomalia dell'acqua, cioè dal corpo trasparente alla luce "*par excellence*".

Mentre è in viaggio, il 29 settembre 1831 viene emesso il decreto d'esilio per gli inquisiti per delitti politici, assenti o presunti tali: Melloni diventa così ufficialmente esule.[6]

Da Dôle continua a mantenere la corrispondenza scientifica con l'*Academie des Sciences* e il 5 marzo 1832 comunica ad Arago una sua recente scoperta riguardante il passaggio dei raggi calorici nell'acqua. Questa volta, però, studia il comportamento dei raggi provenienti dal Sole. Scopre così che questi raggi, a differenza di quelli in precedenza studiati (provenienti da una debole sorgente terrestre), passano attraverso l'acqua e subiscono una "perdita tanto più grande quanto più piccola è la loro rifrangibilità".[7] Questo è il primo risultato importante ottenuto da Melloni esule; un risultato che, di lì a poco, aprirà la strada ai futuri sviluppi. In questi esperimenti utilizza un nuovo tipo di termo-moltiplicatore; in effetti Melloni non smetterà mai di lavorare su quest'apparecchio, modificandolo ed adattandolo ai vari tipi di misure che via via affronterà.

Melloni fatica ad adattarsi alla vita di Dôle, e definirà questa sua permanenza "*mon affreuse solitude Doloise*" (la mia terribile solitudine Dolese).[8] E così, dopo uno scambio epistolare con Pierre Prevost, uno dei massimi esperti sul calore radiante, residente a Ginevra, si trasferisce in questa città. Significativa è l'ultima lettera da Dôle che Melloni scrive a Prevost. Inizia così:

"*La vita errante di un immigrato ha molti svantaggi ... Isolato dal mondo scientifico, privato di libri e strumenti, non dispongo qui che del mio termo-moltiplicatore, oltre a tre o quattro pessimi apparati che appartengono al Gabinetto di Fisica del Collegio ... Ho lavorato duramente, e credo di dovermi ritenere soddisfatto della mia ricerca. Ma le poche risorse di Dôle e del mio spirito si sono esaurite. Per andare avanti ho bisogno di leggere le memorie delle riviste, di reclamare l'assistenza dei direttori di qualche buon Gabinetto di fisica e, soprattutto, di potermi consultare con le persone che, come voi , hanno una vasta conoscenza del ramo della fisica che forma l'oggetto della mia attuale ricerca*."[9]

In questa lettera, che in parte verrà fatta poi pubblicare da Prevost sulla rivista ginevrina "Bibliothèque Universelle", Melloni comunica a Prevost di essere tornato a occuparsi del passaggio nell'acqua dei raggi calorici provenienti da sorgenti terrestri, utilizzando però sorgenti a più alta temperatura rispetto a quelle utilizzate con Nobili. Con questi nuovi esperimenti ricavava che, se la sorgente era di temperatura abbastanza elevata, anche i raggi calorici terrestri, analogamente a quelli del Sole, riuscivano a passare attraverso l'acqua, e che questo "passaggio è tanto più grande quanto più la sorgente è calda", individuando così una prima importante proprietà di questi raggi.[10]

3. LA PRIMA GRANDE MEMORIA

Come previsto, ai primi di maggio del 1832 Melloni si trasferisce a Ginevra, e da lì, in una data imprecisata tra il 3 luglio del 1832 e il 4 febbraio 1833, si sposta a Parigi, in Rue Boucherat n. 2 (nel quartiere Le Marais), in un'abitazione trasformata in un vero e proprio laboratorio, come riferirà nei suoi diari il fisico americano Joseph Henry durante il suo viaggio tra i più importanti laboratori d'Europa.[11]

La scelta di trasferirsi a Ginevra e successivamente a Parigi, dove resterà fino al 1838, sarà una scelta vincente. Durante questi due soggiorni, grazie alle nuove opportunità (quale l'accesso alla letteratura scientifica) e al nuovo ambiente, giungerà infatti a risultati strepitosi, che, come scriverà a Faraday, "cambiano totalmente le idee acquisite sulla natura dell'agente che produce i fenomeni del calorico raggiante"[12] (nel senso, come vedremo, che l'"agente" che produceva i raggi calorici sembrava diverso dall'"agente" che produceva la luce).

Il 4 Febbraio 1833, da Parigi, Melloni invia all'*Academie des Sciences* una sua memoria, intitolata "Propagation de la chaleur rayonnante dans les corps solides et les liquides", definita nella presentazione dell'*Academie* "un gran travail" ("un grande lavoro"), in cui vengono riportati parte dei risultati ottenuti nel periodo trascorso tra Ginevra e Parigi. L'*Academie* incaricava Arago, Dulong e Félix Savart di esaminare la memoria.[13]

In questa comunicazione Melloni presenta un'analisi sistematica del passaggio attraverso "schermi di diversa specie" dei raggi calorici provenienti da un'unica sorgente, rimandando a una seconda memoria (che sarà poi presentata nel 1834) lo studio al variare del tipo di sorgente.

Come prima cosa dà subito informazioni sul suo modo di procedere. Un grosso problema per questo tipo di analisi era che i raggi calorici penetrando in uno schermo lo riscaldavano e quindi all'uscita erano "mescolati al calore proprio dello schermo". Comunque, grazie alla alta sensibilità del suo termo-moltiplicatore, Melloni riusciva a trovare una disposizione, tra sorgente, schermo e termo-moltiplicatore, tale da garantire che gli effetti visti erano da attribuirsi esclusivamente ai raggi calorici provenienti dalla sorgente. Questo era il punto forte dello studio sperimentale di Melloni: essere riuscito a isolare i raggi calorici e quindi aver la possibilità di studiare le proprietà di questi raggi, liberi da effetti spuri. Ed è proprio attraverso questa disposizione che dimostra "la trasmissione immediata dei raggi calorici", trovando così una prima **analogia tra il comportamento di questi raggi e quello della luce**.

Un altro problema che Melloni deve affrontare è quello di risalire dalla deviazione subita dall'ago magnetico del galvanometro, alla quantità di radiazione calorica trasmessa alla pila. La risposta del galvanometro, infatti, non è lineare. Melloni, però, risolve brillantemente anche questo problema realizzando un'accurata "tabella delle intensità" che permette una prima taratura del galvanometro.

A questo punto, dopo aver scelto una sorgente che gli garantiva una temperatura costante per più di due ore (una "buona lampada con una doppia corrente di aria, a valore costante"), inizia la sua analisi. Per prima cosa Melloni studia la dipendenza della trasmissione dei raggi calorici dalla levigatezza della superficie, trovando un comportamento identico a quello della luce, e quindi un'ulteriore **analogia**.

Passa quindi a studiare l'influenza che lo spessore esercita sulle quantità trasmesse, facendo passare una quantità costante di raggi calorici attraverso schermi dello stesso materiale e di spessori crescenti in progressione aritmetica, ricavando una **differenza tra raggi calorici e luce**, ovvero che "la resistenza dei mezzi diafani alla trasmissione immediata dei raggi da calore è di tutt'altra natura che la resistenza opposta da questi stessi mezzi alla propagazione della luce, che è nulla o molto debole". Studia poi "l'influenza esercitata dalla struttura e dalla composizione chimica degli schermi", tutti dello stesso spessore, nel caso di ben 79 sostanze diverse: 13 vetri incolori, 29 liquidi, 23 corpi cristallizzati **(fig. 3)** e 14 vetri colorati.

Scopre così che la proprietà che hanno i corpi di lasciarsi attraversare dai raggi di calore non ha alcun rapporto con la loro trasparenza; che nei liquidi e nei vetri questa proprietà è proporzionale alla rifrangibilità (ad esempio, il vetro flint, più rifrangibile del crown, si lascia anche passare più facilmente dall'irraggiamento calorifico); e che nei cristalli questa proprietà non sembra avere nessuna relazione con le proprietà note di questi corpi.

Le differenze tra una trasmissione e l'altra (per un dato spessore) erano molto grandi (ad esempio, il salgemma ne trasmetteva il 92% del totale, il vetro flint il 67%, il cloruro di zolfo il 63%, il vetro crown il 49%, l'olio d'oliva il 30%, il solfato di calcio il 20%, l'acido nitrico il 15%, l'allume il 12%, l'acqua l'11%).

Già sulla base di questi primi esperimenti emergeva così un quadro molto complesso sul comportamento dei raggi calorici attraverso la materia, che necessitava di essere ulteriormente analizzata. Poiché un corpo poteva essere pressoché opaco alla luce e al contempo consentire un facile passaggio ai raggi di calore, oppure poteva essere trasparente alla luce e allo stesso tempo intercettare una gran parte di raggi calorici, Melloni proponeva i termini "*trans-calorique*" o "*diathermanes*" per indicare i corpi trasparenti ai raggi calorici, in analogia con i termini "trasparenti" o"diafani" comunemente usati per indicare i corpi trasparenti alla luce.

In questa prima memoria Melloni, pur confrontando il comportamento dei raggi calorici con quello della luce, non si pronuncia ancora sul legame tra questi due "enti". Il suo obiettivo è quello di evidenziare, con il massimo rigore sperimentale possibile, tutte le proprietà dei raggi calorici.

A tutti gli effetti, Melloni, con questa memoria, dà inizio alla fisica dell'infrarosso, che tanta importanza avrà sulla nascita della Meccanica Quantistica.

Già nella seduta successiva dell'*Academie*, quella del 25 marzo 1833, il nome di Melloni compariva già tra quelli dei candidati a Membro Corrispondente (al quinto posto).

[INSERIRE FIG. 3]

4. MELLONI E L'*ACADEMIE DES SCIENCES* DI PARIGI: RESOCONTI EDITI ED INEDITI

La memoria del febbraio 1833 è la prima di una lunga serie di "lettere" in cui Melloni mette al corrente l'*Academie* sul progresso dei suoi studi. Non tutte le lettere hanno trovato sbocco in pubblicazioni scientifiche e neppure sono state poi pubblicate nei vari carteggi o raccolte su Melloni. Comunque, di queste lettere abbiamo trovato gli originali manoscritti da Melloni e i titoli con cui erano state presentate nelle varie *Seances* (particolari da due di queste lettere inedite sono riprodotte in **fig. 4 e 5**). Come si vede da queste lettere, presentate all'*Academie* a un ritmo incalzante di quasi una al mese, Melloni comincia a variare il tipo di sorgente, impiega nuovi materiali, si sofferma su certi vetri colorati (verdi e blu), approfondisce le proprietà del salgemma (sostanzialmente trasparente al calore radiante: "*C'est le corps diathermane par excellence*"), e utilizza questo materiale per dimostrare la rifrazione dei raggi calorici provenienti da una sorgente di acqua bollente**,** individuando così **un'altra analogia tra raggi calorici e luce**.

[INSERIRE FIG. 4 E FIG. 5]

5. LA SECONDA GRANDE MEMORIA: IL COLORE DEL CALORE

Finalmente, il 21 aprile 1834 Melloni invia all'*Academie* una sua seconda "grande memoria", a seguito di quella presentata il 4 febbraio 1833, dal titolo : "Nouvelles recherches sur la transmission immédiate de la chaleur rayonnante par divers corps solides et liquides". Anch'essa viene sottoposta a una Commissione (composta questa volta da F. Arago, F. Savart e J. B. Biot). Obiettivo di questa seconda Memoria è quello di verificare se la trasmissione dei raggi calorici attraverso i vari corpi si mantiene identica al variare del tipo di sorgente.[14]

A questo fine Melloni utilizza quattro sorgenti diverse, che garantivano una temperatura costante: due sorgenti luminose (una Lampada di Locatelli, ovvero una lampada ad olio munita di riflettore, e una spirale di platino portata all'incandescenza per mezzo di una lampada a spirito di vino) e due sorgenti oscure (una lamina di rame portata a circa 390 °C da un bruciatore ad alcool, e un cubo di Leslie, ossia un cubo di metallo, con facce differenti per colore e scabrezza, riempito con acqua bollente).

Dopo aver nuovamente verificato con un nuovo metodo la trasmissione immediata dei raggi calorici, Melloni studia il passaggio della "stessa quantità di calore raggiante" proveniente dalle quattro sorgenti (condizione che veniva raggiunta modificando la distanza tra sorgente e termo-moltiplicatore in modo da avere sempre una deviazione dell'ago del galvanometro pari a 30°) attraverso lamine di vario materiale, ma di medesimo spessore. Scopre così un fatto eclatante: la stessa lamina sottoposta alle quattro sorgenti diverse produce "perdite diverse" (si veda la tabella in **fig. 6**). Un'eccezione è rappresentata dal salgemma che trasmette sempre, indipendentemente dalla sorgente, la stessa quantità di raggi (92%).

Melloni poteva così concludere che:

1) i raggi provenienti dalle quattro sorgenti "non sono di natura identica", ossia che le "sorgenti di calore sono più o meno colorate", cioè ciascuna dà, rispetto a un'altra, una quantità più o meno grande di raggi calorici di determinato "colore" (diverso dal "colore luminoso");

2) esistono sostanze che si lasciano attraversare da certi raggi, mentre ne intercettano altri, e agiscono dunque sui raggi calorici come i mezzi colorati sulla luce ("quando si espone lo stesso vetro colorato a luci di diverso colore, le luci che posseggono lo stesso colore del vetro passano in abbondanza, mentre le altre sono totalmente intercettate").

Melloni passa quindi a considerare altri fenomeni di trasmissione dei raggi calorici, in parte già studiati in precedenza, ad esempio attraverso una successione di lamine di vetro, oppure attraverso i vari strati di un "grosso pezzo di vetro incolore" o, ancora, attraverso uno schermo di spessore variabile,

utilizzando sia la stessa sorgente sia sorgenti diverse, giungendo a risultati che confermavano "fino all'ultimo dettaglio la similitudine tra l'azione esercitata sul calore raggiante dal vetro e dai corpi trasparenti e l'azione esercitata sulla luce dai mezzi colorati". Quindi, a parere di Melloni, le grandi differenze che esistevano "tra le trasmissioni dei raggi calorifici attraverso le sostanze diafane non hanno più niente di sorprendente" se si ammetteva: che "le varie sorgenti caloriche lanciano molte specie di raggi calorici"; e che "i corpi trasparenti, diversi dal salgemma, hanno nei riguardi dei raggi calorici una specie di tinta calorifica invisibile" (che Melloni chiama, "sotto suggerimento di Ampère, '*diathermansie*' al fine di evitare confusione con le tinte o i colori propriamente detti"), "in virtù della quale essi trattengono certi raggi di calore e ne lasciano passare altri, precisamente come fanno i mezzi colorati sulla luce". In questo modo, sulla base di un'analogia semplice, ma acuta, Melloni riusciva a definire anche per il calore un "colore".

A questo punto Melloni passa a studiare la rifrazione dei raggi calorici provenienti da varie sorgenti (una fiamma, una spirale di platino incandescente, un recipiente pieno d'acqua calda) utilizzando un prisma di salgemma (il "vero vetro del calore radiante") **(fig. 7)**. Egli ricavava non solo che "raggi calorici di tutte le origini sono suscettibili di rifrazione come i raggi luminosi", ma anche che "ciascuna specie di raggi calorici possiede, come ciascuna specie di luce, una rifrangibilità diversa", evidenziando così **un'ulteriore analogia tra raggi calorici e luce**.

Affronta quindi il problema se i raggi calorici delle varie sorgenti sono polarizzabili attraversando lamine di tormalina e trova (al momento) un risultato negativo e pertanto, questa volta, **una differenza tra raggi calorici e luce**.

[INSERIRE FIG. 6 E FIG. 7]

6. MELLONI VERSO IL SUCCESSO. IL BANCO OTTICO

Dei risultati ottenuti fino a quel momento Melloni mette subito al corrente Faraday. Non appena pubblicate le due memorie, ne manda copia al fisico inglese chiedendogli, in una lettera datata 7 agosto 1834, di riferirne alla Royal Society di Londra. Per dimostrare il proprio apprezzamento, Faraday lo propone immediatamente per la prestigiosa Medaglia Rumford della Royal Society, un premio molto ambito, assegnato fin dal 1800 "per un'eccezionalmente importante scoperta recente nel campo delle proprietà termiche od ottiche della materia realizzata da uno scienziato operante in Europa". Melloni riceverà la medaglia nel giro di pochissimi mesi, all'inizio del 1835. Prima di Melloni, che ad oggi è uno di soli due Italiani ad averla ottenuta (il secondo sarà lo spettroscopista Pietro Tacchini nel 1888), la medaglia era stata assegnata a A. J. Fresnel, a H. Davy e a E. L. Malus. Lo stesso Faraday la otterrà, dopo Melloni, solo nel 1846. Questa medaglia sarà la prima di una serie molto lunga di riconoscimenti internazionali che Melloni

riceverà durante la sua vita e che lo renderanno famoso a livello internazionale (ad esempio, il 30 maggio 1839 diverrà *foreign member* della Royal Society). Anche il suo termo-moltiplicatore si diffonderà in tutto il mondo: ad esempio verrà richiesto da personaggi quali J. D. Forbes, M. Faraday, J. Henry e da alcuni tra i più importanti laboratori europei e americani.

Sempre a ritmo frenetico, nella seduta del 12 gennaio 1835, Melloni presentava all'*Academie* una nuova memoria che sarà cruciale per il riconoscimento da parte dell'*Academie* del valore dei suoi risultati sul calore radiante. In questa memoria veniva presentato un nuovo apparecchio, diventato famoso, il cosiddetto *banco ottico di Melloni* **(fig. 8)**. Questo apparecchio, destinato poi a fare la sua comparsa in quasi tutti i gabinetti di fisica di università e scuole, compresa la stessa *Academie des Sciences* di Parigi,[15] rappresentava la sintesi di tutto il lavoro sperimentale fatto da Melloni nel settore del calore radiante. Infatti, consentiva di ripetere, a seconda dei componenti che venivano utilizzati, le esperienze più significative da lui sino ad allora svolte.[16]

Una nuova Commissione, composta questa volta da Biot, Arago e Siméon-Denis Poisson, veniva incaricata di esaminare la memoria, e Biot aveva il compito di scrivere il rapporto (di cui esiste il manoscritto originale).

Durante la seduta dell'*Academie* del 22 giugno Biot finiva di leggere il suo rapporto, che era estremamente positivo, e che così terminava: "le conclusioni di Melloni vengono adottate" e "la memoria sarà pubblicata nella Collezione dell'*Academie* dei '*Savants étrangers*'" **(fig. 9)**.[17] Questo è il trionfo scientifico di Melloni. Non a caso, il successivo 3 agosto 1835 sarà nominato membro corrispondente dell'*Academie* con 33 voti su 40.

Come Melloni scrive a Faraday il 6 marzo 1835, circa tre mesi prima del rapporto di Biot: "Biot, Poisson e Arago hanno esaminato il mio lavoro e sono entusiasti … sotto loro sollecitazione, il Ministro dell'Istruzione Pubblica mi ha concesso 1200 Franchi".[18]

Di questo finanziamento abbiamo trovato traccia tra le carte preservate a Parigi nel fondo archivistico su Victor Cousin, che oltre a essere stato segretario del Consiglio superiore dell'Istruzione Pubblica, fu un importante filosofo e protagonista della vita culturale francese (la sua figura si intreccia con il Risorgimento italiano per i suoi frequenti rapporti con pensatori italiani esuli in Francia, quali Mazzini, Gioberti e, tra gli altri, lo stesso Melloni). Infatti, in questo fondo è conservato il decreto con cui il Ministro dell'Istruzione Pubblica François Guizot, in data 18 febbraio 1835, concedeva a Melloni, "autore di un lavoro sulla luce e il calore che ha ottenuto la medaglia d'oro assegnata dalla Royal Society di Londra", una somma di 1200 franchi "a titolo d'incoraggiamento scientifico".[19] Sempre grazie all'intervento di Cousin, e per l'interessamento di alcuni accademici quali gli stessi Biot e Poisson, Melloni riceverà l'anno successivo dal Ministero dell'Istruzione altri 1200 franchi in due *tranche*. Significative le parole con cui Biot supplicava il Ministro Guizot di fare il possibile per assegnare tali finanziamenti: "questo incoraggiamento [è importante] più ancora per la fisica che per Melloni" ("*plutôt encore pour la physique que pour Melloni*").[20]

[INSERIRE FIG. 8 E FIG. 9]

7. CONTRO IL PRINCIPIO DI IDENTITA'

Sull'onda del successo, Melloni continua le proprie ricerche, e nella *Seance* dell'*Academie* del 2 Novembre 1835 comunica una nuova memoria "sulla riflessione del calore radiante" (tema sul quale si era interessato dai tempi della sua prima memoria con Nobili) nella quale determina, nel caso di alcune sostanze, quali "salgemma, cristallo di rocca, rame giallo", il rapporto tra la quantità di calore riflesso e la quantità incidente, trovando così un'**ulteriore analogia tra i raggi calorici e la luce**.

Nel periodo immediatamente successivo torna ad occuparsi del problema della polarizzazione del calore radiante e lo affronta in ben cinque memorie, di cui una scritta con Biot, inviate all'*Academie* tra il 25 aprile 1836 e il 16 ottobre 1837. Dopo vari tentativi (l'esperimento con la tormalina è infatti terribilmente complicato a causa della debole trasmissione di calore radiante da parte di questa sostanza), Melloni, facendo uso di un nuovo termo-moltiplicatore sufficientemente sensibile, riesce finalmente a dimostrare che i raggi calorici si polarizzano, e che quindi esiste **un'altra analogia tra i raggi calorici e la luce**.[21]

Infine, sempre a Parigi, si occupa della variazione dell'intensità dei raggi calorici al variare della distanza della sorgente e trova la dipendenza dall'inverso del quadrato della distanza, così come accade per la luce, trovando così che **l'analogia tra raggi calorici e raggi luminosi è sempre più forte**.[22]

Questo però non è ancora sufficiente a Melloni per riconoscere una vera e propria *identità* tra questi due tipi di radiazione; esisteva infatti sempre il problema del "colore del calore", che era diverso da quello della luce. In questi anni Melloni, anzi, è completamente schierato contro questa presunta identità. In una sua comunicazione nella seduta dell'*Academie* del 21 dicembre 1835, prendendo spunto da una recente rielaborazione da parte di Ampère di una sua vecchia teoria sull'identità tra raggi calorici e luce,[23] Melloni osserva che esiste una fortissima disparità nel modo di propagarsi attraverso i corpi diafani, sia solidi che liquidi, delle radiazioni calorifiche rispetto a quelle luminose, e che quindi luce e calore radiante non potevano essere la stessa cosa, ma dovevano provenire da due cause distinte.[24]

Ma se Melloni da un lato viveva il proprio esilio parigino come occasione importante per la propria ricerca scientifica, dall'altro lato continuava a desiderare di poter tornare in patria. Questo desiderio finalmente si realizzava nel 1837 grazie all'aiuto degli accademici Arago e Alexander von Humboldt e dello stesso Cancelliere dell'Impero austriaco, Klemens von Metternich. Infatti, come comunicava Arago nella *Seance* del 16 gennaio 1837, grazie alle pressioni fatte sulla Duchessa, "Melloni adesso è libero di rientrare nella sua città natale".[25] Una volta revocato il decreto d'esilio, Melloni torna in Italia, prima a Parma e poi a

Napoli, dove il 24 aprile 1839 è nominato Direttore del Conservatorio delle Arti e dei Mestieri e del Gabinetto di Meteorologia (iniziativa patrocinata da Nicola Santangelo, Ministro dell'Interno del Regno delle Due Sicilie).

Si conclude così l'esperienza parigina di Melloni, ma non la sua avventura con i raggi calorici e con la radiazione luminosa in generale.

8. MELLONI A NAPOLI: VERSO IL PRINCIPIO DI IDENTITA'

Una volta in patria Melloni prosegue le sue ricerche sul calore radiante, continuando a inviare i suoi risultati, sotto forma di lettere, all'*Academie*. Improvvisamente, però, alla fine dell'estate del 1838, il suo interesse cambia e si sposta su una zona dello spettro che non aveva mai investigato, quella dei "raggi chimici", ovvero quella della radiazione ultravioletta.

L'occasione era l'invito ricevuto dal Presidente della Regia Accademia delle Scienze e Lettere di Napoli, a tenere una relazione sul processo fotografico (poi noto come daguerrotipo) messo a punto pochi mesi prima dal chimico e fisico Louis Daguerre, e che aveva "destato, or ora, tanto romore in tutto il mondo incivilito".

La relazione di Melloni "intorno al dagherrotipo" veniva letta nella seduta dell'Accademia del 12 novembre del 1839.[26] In realtà, in questa relazione Melloni non si limitava ad illustrare "la meravigliosa scoperta di Daguerre", ma riportava anche alcuni nuovi risultati da lui ottenuti sull'azione esercitata dai raggi solari sul cloruro d'argento e sullo ioduro d'argento (ovvero sui sali utilizzati da Daguerre). Esponendo questi sali all'azione delle sette zone dello spettro solare (visibile) aveva infatti scoperto che le zone più luminose dello spettro (il giallo, l'arancio e il rosso), a differenza di quelle più buie, fino ad oltre il violetto, non provocavano su di essi nessun effetto e che quindi "l'effetto chimico è in proporzione inversa all'intensità (della luce)".

Dopo questo importante risultato, Melloni si mette a studiare in modo sistematico, così come aveva fatto con i "raggi calorici", "i raggi chimici" contenuti nelle varie zone dello spettro solare e responsabili, come dice il loro stesso nome, dell'"azione chimica". A tal fine utilizzava proprio lamine di cloruro d'argento e di ioduro d'argento, consapevole che "l'ingegnosa scoperta di Daguerre" aveva "somministrato ai fisici un nuovo mezzo di misurare le irradiazioni chimiche della luce e indagarne le ignote proprietà". Con queste lamine, e scomponendo lo spettro solare con un prisma di vetro, Melloni determinava "lo spettro chimico" del Sole e lo metteva a confronto con quello "lucido" (visibile) e con quello "calorifico", con l'obiettivo di "meglio intendere le relazioni che esistono tra i tre spettri". In **fig. 10** sono riportati i tre spettri. Chiaramente non c'è ancora un principio di identità tra i tre spettri. Infatti

ognuno è trattato separatamente dagli altri. Comunque, "le tre azioni" manifestavano, senza ombra di dubbio, lo stesso andamento. C'era un legame?

[INSERIRE FIG. 10]

La risposta verrà data da Melloni nella successiva memoria, presentata sempre all'Accademia di Napoli, il primo febbraio del 1842, dal titolo "Memoria sopra una colorazione particolare che manifestano i corpi rispetto alle radiazioni chimiche" (una variante del titolo di questa memoria è riportata nell' "occhietto", ovvero nella pagina precedente il frontespizio, come si può vedere in **fig. 11**).[27] In questa memoria, dopo aver ricordato le proprietà di riflessione, rifrazione, polarizzazione e interferenza dei "raggi chimici", Melloni riprendeva alcuni risultati di John Herschel (astronomo, chimico e botanico) e di Faustino Malaguti (chimico, esule in Francia, al pari di Melloni, per il suo coinvolgimento nei moti del 1831 a Bologna), che ricordavano certi comportamenti già riscontrati per i raggi calorici, ossia l'azione chimica di questi raggi sopra fogli di carta imbevuti con varie sostanze fotogeniche non è costante ma dipende dalla sostanza usata; i vari "liquidi, bianchi, limpidi, perfettamente scolorati non trasmettono tutti la stessa quantità di azione chimica".

Secondo Melloni questi fatti stavano a indicare che i "corpi hanno anche una colorazione chimica, distinta dalla lucida e dalla calorifica, la quale fa sì che certi raggi vengono esaltati e certi altri vengono depressi", in perfetta analogia con il passaggio della luce attraverso un corpo colorato.

Come si è visto, questa stessa analogia era già stata proposta a proposito dei raggi calorici. La "colorazione chimica" era proprio ciò che mancava a Melloni per riconoscere l'identità tra tutti e tre i tipi di raggi. Infatti, l'aver trovato che tutti e tre i tipi di radiazioni ("caloriche, lucide, chimiche") possedevano una "colorazione", anche se ciascuna distinta dall'altra, ma tra loro completamente analoghe, rappresentava per Melloni "la miglior prova che queste radiazioni erano prodotte da un'unica causa".

Dopo essersi schierato apertamente per la teoria ondulatoria della luce (siamo ormai nel 1842), Melloni concludeva il discorso all'Accademia di Napoli, introducendo finalmente "il principio di identità" Nelle parole di Melloni,

> "*La luce, il calore, e le reazioni chimiche sono tre manifestazioni delle onde eteree di varie lunghezze contenute nella radiazione solare: le onde oscure dotate dell'azione chimica o calorifica sono del tutto simili alle onde luminose; l'ampiezza sola è diversa: ma questo carattere distintivo appartiene alla* ***specie*** *e non punto al* ***genere****; ed havvi precisamente tanta diversità tra un raggio oscuro, chimico o calorifico, ed un raggio di luce, quanta ne esiste tra due raggi luminosi di diverso colore*.
>
> […] *In questa ipotesi, le onde oscure più brevi delle violacee danno soltanto effetti chimici, e sono probabilmente dotate di una debole azione riscaldante […]; passando ad ampiezze maggiori, s'arriva*

al limite violaceo, ove cominciano le onde lucide e calorifiche, che posseggono tuttavia l'azione chimica; questa azione cessa finalmente; poi cessa la luce, ed il movimento oscillatorio non conserva più allora che la sola proprietà calorifica, la quale continua sino ad una certa distanza oltre il rosso.

La luce lungi dal costituire la principale proprietà della radiazione solare, non sarebbe altro che una semplice manifestazione secondaria e diremmo quasi accidentale di alcuni suoi elementi. La proprietà rischiarante dipende unicamente dalla nostra fisica costituzione".

E così, attraverso una metafora naturalistica ("esiste un unico *genere*, quello delle "onde eteree e "la luce, il calore radiante e i raggi chimici" sono "*specie* diverse di questo unico *genere*") si concludeva il lungo e difficile percorso di Melloni verso il "principio di identità".

E le sue precedenti critiche al principio d'identità di Ampère? Nel concludere il suo intervento, così Melloni rispondeva: il principio di Ampère "era un'ipotesi quasi totalmente gratuita o per dir meglio una questione immatura".

In effetti, a quei tempi, mancava ancora un "colore", quello dei "raggi chimici".

[INSERIRE FIG. 11]

9. EPILOGO

Durante il periodo napoletano, Melloni ampliò i suoi interessi scientifici occupandosi anche del magnetismo delle rocce e delle lave, della formazione della rugiada, dell'induzione elettrostatica,della fisiologia dell'occhio, del colore della Grotta Azzurra di Capri.

Sul versante più strettamente istituzionale, si impegnò nella progettazione e realizzazione dell'Osservatorio Meteorologico Vesuviano, che inaugurò, prima che fosse ultimato, in occasione del VII Congresso degli Scienziati Italiani svoltosi a Napoli nel 1845. Si impegnò anche in altre imprese, in particolare nell'illuminazione pubblica del golfo di Napoli, introducendo i "nuovi e più vantaggiosi" fari a rifrazione con lenti di Fresnel. Proprio con una di queste lenti studierà la luce della Luna, trovando in essa la presenza di raggi calorici, come comunicato in una lettera ad Arago.[28]

L'Osservatorio Meteorologico viene ultimato nel 1847, per essere diretto da Melloni. Ma i fermenti rivoluzionari non erano sopiti e segneranno anche la sua vita napoletana. In seguito ai moti del 1848, pur non avendo preso parte attiva ai rivolgimenti nel Regno delle Due Sicilie (prima dei moti aderì semplicemente al Circolo Costituzionale e successivamente fu membro della Commissione della Pubblica Istruzione incaricata di riformare il sistema scolastico), è costretto ad abbandonare la direzione dell'Osservatorio. Un memorandum della polizia borbonica, così tratteggia la figura di Melloni:

"*Cattivo. Notabilità europea di ultraliberalismo, amico intimo e corrispondente de' più famosi radicali, e cospiratori contemporanei; egli, nelle ultime sovversioni del Regno, comunque non abbia trasmodato in atti di manifesta fellonia, pure fece parte del Circolo Costituzionale, propugnò e diffuse i principi della Giovine Italia, fece proposta nel Consiglio di Pubblica Istruzione per l'ordinamento di un Battaglione Universitario, che avrebbe avuto per destino la guerra di Lombardia; proposta per altro che venne respinta dalla maggioranza di quel consesso*" (Archivio di Stato di Napoli, b. 291 XI).

Allontanato per la seconda volta da un incarico istituzionale e condannato nuovamente all'esilio, inoltra una supplica al Re Ferdinando II e ottiene così la possibilità di rimanere a Napoli. Si ritira a vita privata nella sua casa a Portici, dove muore di colera, nel 1854.

Termina così la vita di uno dei più grandi fisici Italiani dell'Ottocento che, pur dovendo affrontare situazioni molto difficili, è riuscito a ottenere, grazie al suo grande ingegno e alla sua grande tenacia, risultati clamorosi e di avanguardia, riscuotendo pieno riconoscimento internazionale, arrivando ad essere definito da un suo illustre contemporaneo il "Newton del calore".[29]

Negli ultimi anni di vita, Melloni aveva lavorato a un'opera in due volumi, che doveva essere un trattato delle sue ricerche sul calore radiante. Di quest'opera riuscì a completare soltanto il primo volume, che fu pubblicato nel 1850 a Napoli in lingua francese, con il titolo "*La thermochrose, ou la coloration calorifique*"[30]. Una ristampa anastatica dell'opera[31] sarà edita da parte della Società Italiana di Fisica nel 1954, in occasione del 40° Congresso Nazionale, organizzato proprio a Parma per celebrare il primo centenario della morte di questo grade uomo del Risorgimento.

BIBLIOGRAFIA

[1] Nobili L., Description d'une thermo-multiplicateur ou thermoscope électrique, *Bibl. Univ*. 44 (1830), 225-234.

[2] Sul termo-moltiplicatore si rimanda anche a Schettino E., A new instrument for infrared radiation measurements: the thermopile of Macedonio Melloni, *Annals of Science* 46 (1989), 511-517.

[3] Melloni M. and Nobili L., Recherches sur plusieurs phénomènes calorifiques entreprises au moyen du thermomoltiplicateur, *Annales de Chimie et de Physique* 48 (1831), 198-218.

[4] Lombardini A., *Memorie storiche attorno alla Ducale Università degli Studi di Parma a cominciare dal 18 marzo 1825 (al 1835)*. Archivio storico dell'Università di Parma, n. inv. 137.

[5] Sovrana risoluzione per la destituzione di Macedonio Melloni. Archivio Storico dell'Università di Parma, c. 27 s.c. 2.

[6] *Raccolta generale delle leggi per gli Stati di Parma, Piacenza e Guastalla*. Anno 1831, semestre II, tomo unico, Tipografia Ducale, Parma 1831, pp. 111-115.

[7] Melloni M., Lettre sur une propriété nouvelle de la chaleur solaire, *Annales de Chimie et de Physique* 48 (1831), 385-395.

[8] Melloni M. a Prevost P., 9 aprile 1832. Bibliothèque Publique et Universitaire, Ginevra, Ms. Suppl. 1068 cahier 21; Expériences relatives à la transmission du calorique rayonnant par divers liquides, *Bibliothèque Universelle, Sciences et Arts* 49 (1832), 337-340. Riprodotta in Melloni M., *Carteggio (1819-1854)*, a cura di Schettino E., Olschki, Firenze 1994, pp. 96-103.

[9] Ibidem.

[10] Melloni M., Expérience relatives à la transmission du calorique rayonnantes par diverse liquides, *Bibliothèque Universelle* I (1832), pp. 337-340.

[11] Reingold N. (ed.), *The papers of Joseph Henry*, vol. 3, Smithsonian Institution, Washington D.C. 1979, p. 395.

[12] Melloni M., lettera a Faraday M., 27 dicembre 1834, Archives SC Mss 2-Melloni, Institution of Electrical Engineers, London. Riprodotta in: *The correspondence of Michael Faraday, Vol. 2: 1832-1840*, ed. James F., IEE, London 1993, pp. 215-216; Melloni, *Carteggio*, cit., pp. 140-142.

[13] Melloni M., Mémoire sur la transmission libre de la chaleur rayonnante par différents corps solides et liquides, *Annales de Chimie et de Physique* 53 (1833), 5-73. Ristampato in Taylor R. (ed.), *Scientific Memoirs*, vol. 1, R. & J.E. Taylor, London 1837, pp. 1-39.

[14] Melloni M., Nouvelles recherches sur la transmission immédiate de la chaleur rayonnante par divers corps solides et liquides, *Annales de Chimie et de Physique* 55 (1833), 337-397. Ristampato in Taylor, cit., pp. 39-74.

[15] Arago F. Seduta del 12 aprile 1841 dell'Academie des Sciences. Archives de l'Institut de France.

[16] Melloni, M., Description d'un appareil propre à répéter toutes les expériences relatives à la science du calorique rayonnant contenant l'exposes de quelque faits nouveaux sur les sources calorifiques et le rayons qui en émanant, *L'Institut* 3 (1835), 22-26.

[17] Il rapporto di Biot sarà pubblicato solo nel 1838: Biot J.B., Rapport fait à l'Académie des Sciences sur les expériences de M. Melloni, relatives à la chaleur rayonnante, *Mémoires de l'Académie Royale des Sciences de l'Institut de France*, Tome XIV, Paris 1838, pp. 433-572. La memoria di Melloni non sarà mai pubblicata nella collezione dell'*Academie* dei '*Savants étrangers*'.

[18] Melloni, *Carteggio*, cit. 145-147.

[19] Guizot F., Arrête du Ministre, 18 Febbraio 1835. Fonds Victor-Cousin, Bibliothèque interuniversitaire de la Sorbonne.

[20] Biot J.-B., lettera a Guizot F., 4 ottobre 1836. Fonds Victor-Cousin, Bibliothèque interuniversitaire de la Sorbonne

[21] Melloni M., Mémoire sur la polarisation de la chaleur, *Annales de Chimie et de Physique* 61 (1836), 375-410. Ristampato in Taylor, cit., pp. 325-346.

[22] Melloni M., De la loi du décroissement de la chaleur rayonnante à mesure que l'on s'éloigne des sources calorifiques, *Bibliothèque Universelle de Genève* 13 (1838), 371-386.

[23] Ampère A.-M., Idées de M. Ampére sur la chaleur et sur la lumière, *Bibliothèque Universelle, Sciences et Arts* 49 (1832), 225-235.

[24] Melloni M., Observations et expériences relatives à la théorie de l'identité des agents qui produisent la lumière et la chaleur rayonnante, *Comptes Rendus de seances de l'Academie des Sciences* 1 (1835), 503-509. Ristampato in Taylor, cit., pp. 388-392.

[25] M. Arago annonce que M. Melloni, réfugié Italien et correspondent de la section de physique, vient d'obtenir la permission de rentrer dans sa patrie, *Comptes Rendus de seances de l'Academie des Sciences* 4 (1837), 84-85.

[26] Melloni M, *Relazione intorno al dagherrotipo, letta alla R. Accademia delle Scienze nella tornata del 12 novembre 1839*, Porcelli, Napoli 1839.

[27] Melloni M., *Memoria sopra una colorazione particolare che manifestano i corpi rispetto alle radiazioni chimiche*, Plautina, Napoli 1842.

[28] Melloni M., Sur la puissance calorifique de la lumière de la Lune, *Comptes Rendus de seances de l'Academie des Sciences* 22 (1846), 541-544.

[29] De La Rive A., La thermochrose ou la coloration calorifique par Macedoine Melloni, *Archives des Sciences Physiques et Naturelles* 14 (1850), 177-196; 178.

[30] Melloni M., *La thermochrose, ou la coloration calorifique*, Giuseppe Barone, Napoli 1850.

[31] Polvani G. e Todesco G. (a cura di), *Opere di Macedonio Melloni*, vol. 1, Zanichelli, Bologna 1954.