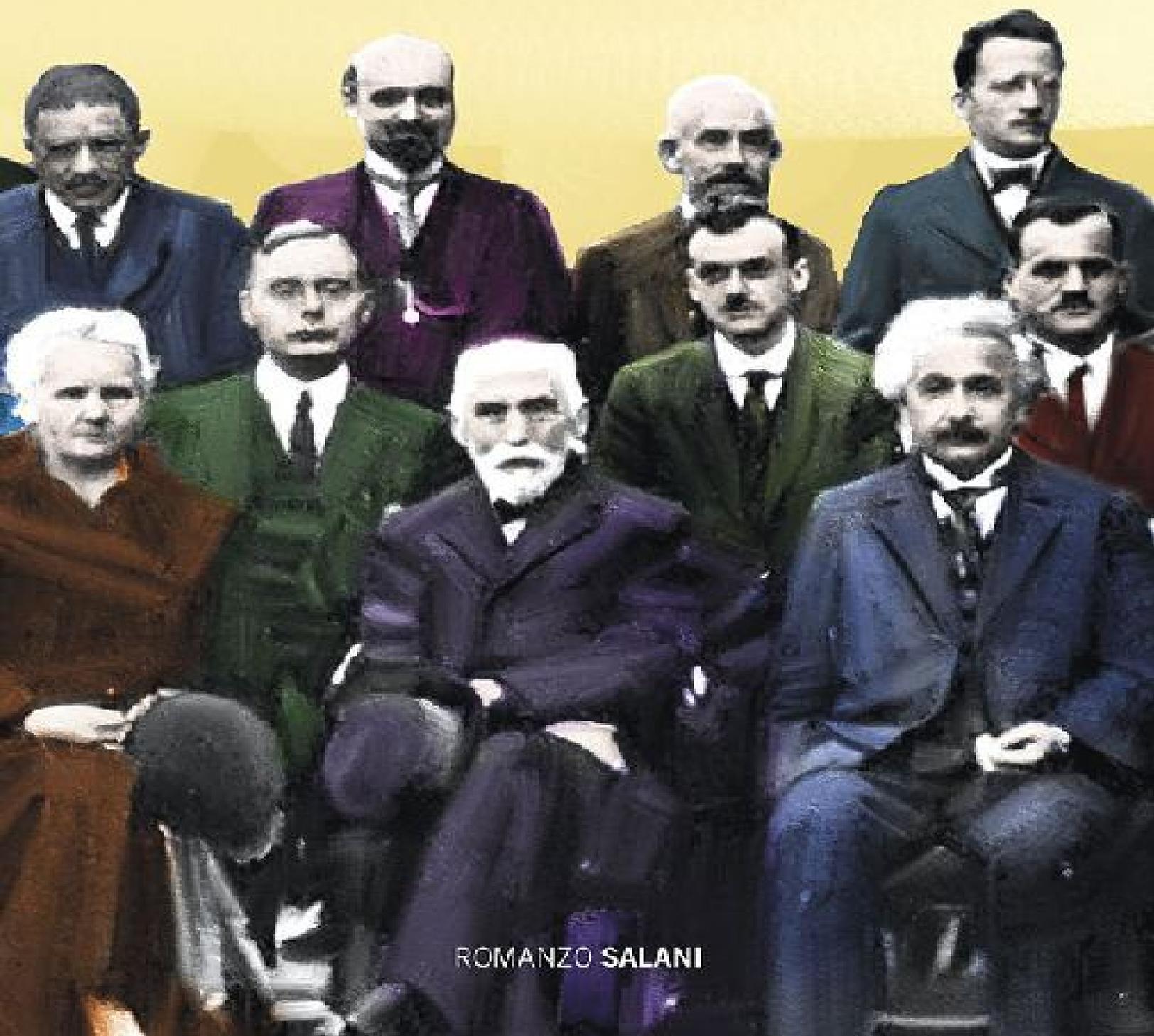


GABRIELLA GREISON

L'INCREDIBILE CENA DEI FISICI QUANTISTICI

1927, BRUXELLES.

EINSTEIN, BOHR, MARIE CURIE E GLI ALTRI RIUNITI INTORNO A UN TAVOLO.
IL PIÙ GRANDE RITROVO DI CERVELLI CHE LA STORIA RICORDI



ROMANZO SALANI

Presentazione

Bruxelles, 29 ottobre 1927. Si è appena concluso il V Congresso Solvay della Fisica, che ha visto riuniti i fisici più illustri dell'epoca, gli stessi che ora si apprestano a partecipare a una cena di gala, ospiti dei reali del Belgio. C'è Albert Einstein, scherzoso come suo solito; Marie Curie, saggia e composta; Niels Bohr, che maschera bene la tensione sotto un'aria gioviale; e poi ancora Arthur Compton, William Bragg, Irving Langmuir... Menti eccelse e brillanti, ma anche uomini e donne con le loro debolezze e le loro piccole manie, che questo romanzo ci restituisce a pieno, mescolando abilmente Storia e storie, realtà e fantasia, fisica e pettegolezzi. Partendo da un fatto storico, Gabriella Greison conduce il lettore a quella tavola, tra porcellane finissime e luci sfavillanti, camerieri compassati e ottimo cibo, facendogli ascoltare le chiacchiere che si intrecciano da una sedia all'altra, e soprattutto l'acerrima discussione sulla fisica quantistica tra Einstein e Bohr, punto cruciale nella storia della disciplina. E così, tra una portata e l'altra, travolti dalla narrazione in presa diretta, ci troviamo come per magia a capire concetti complessi, ascoltandoli direttamente dalla voce di chi li ha ideati. E al termine di questa davvero incredibile cena, ci alziamo anche noi dal tavolo, divertiti e più colti di quando ci siamo seduti.

Gabriella Greison è fisica, scrittrice e giornalista professionista. Dopo la laurea in fisica a Milano, ha lavorato due anni all'Ecole Polytechnique di Parigi e in seguito ha insegnato per vari anni fisica e matematica nei licei. Ha condotto numerose trasmissioni di divulgazione scientifica per la radio e la televisione e collaborato a diverse testate giornalistiche. Il suo sito è

www.greisonanatomy.com.

GABRIELLA GREISON

L'INCREDIBILE CENA
DEI FISICI QUANTISTICI

Romanzo

Salani  Editore

Per essere informato sulle novità
del Gruppo editoriale Mauri Spagnol visita:

IL LIBRAIO

www.ilibraio.it

Salani  Editore

www.salani.it

Seguici su



facebook.com/AdrianoSalaniEditore



[@salanieditore](https://twitter.com/salanieditore)

Grafica Pepe nymi

In copertina: Bruxelles, 29 ottobre 1927, foto di gruppo sulle scale
dell'Istituto di Fisica a Leopold Park a conclusione del V Congresso Solvay

© 2016 Adriano Salani Editore s.u.r.l.

ISBN 978-88-6918-993-7

Prima edizione digitale 2016

Quest'opera è protetta dalla Legge sul diritto d'autore.
È vietata ogni duplicazione, anche parziale, non autorizzata.

Tutti sanno che una cosa è impossibile.
Poi arriva uno che non lo sa e la fa.
Albert Einstein

L'inferno dei viventi non è qualcosa che sarà;
se ce n'è uno, è quello che è già qui,
l'inferno che abitiamo tutti i giorni, che formiamo stando insieme.

Due modi ci sono per non soffrirne.

Il primo riesce facile a molti: accettare l'inferno
e diventarne parte fino al punto di non vederlo più.

Il secondo è rischioso ed esige attenzione
e apprendimento continui: cercare
e saper riconoscere chi e cosa, in mezzo all'inferno,
non è inferno, e farlo durare, e dargli spazio.

Italo Calvino

Aperitivo

Introduzione

«L'IPOTESI INIZIALE»

La nostra storia è ambientata in un lussuosissimo salone rinascimentale di un palazzo sfarzoso e imponente, come non se ne vedono più al mondo, da molto tempo. Uno di quei saloni dell'alta nobiltà nordeuropea, in cui ogni centimetro quadrato di muro è ricoperto di stampe preziose con cornici dorate, ci sono fiori freschi sopra i tavolini intarsiati d'argento in ogni angolo, carrelli dipinti a mano di legno pregiato con vasi e soprammobili di valore inestimabile, candelabri vistosissimi e di gran luce ogni due passi, e lampadari così dorati, così vigorosi, così ingombranti che da soli occupano metà della metratura quadrata dell'intera sala. Così dovete immaginare il Salon de la Taverne Royale di Bruxelles, in pieno centro della capitale europea.

Oggi quel salone non esiste più e fa parte delle Galleries Royales St Hubert. È uno di quei luoghi di passaggio per arrivare ai negozi di abbigliamento di lusso all'interno, oltre le arcate aperte sui due lati delle due strade parallele, oppure al Théâtre Royale des Galeries. Non lontano si trovano la fermata della metropolitana di De Brouckère e la cattedrale di St Michel. Ma gli anni in cui è ambientata la nostra storia sono altri, sono lontani, sono fecondi. Siamo nella prima metà del Novecento, in quella frazione di tempo in cui la storia della fisica ha avuto la sua più grande esplosione. In particolare, siamo nel 1927.

Nel ritrovo a cui siamo stati invitati, dove vivremo insieme ai protagonisti i

fatti che hanno reso epico quel periodo, sta per scoppiare il finimondo. C'è Einstein, molto scherzoso; c'è Marie Curie, così saggia e composta; c'è Niels Bohr, che si pavoneggia davanti a tutti, ma è molto teso; c'è Arthur Compton, così modesto; c'è William Bragg, molto impertinente; c'è Irving Langmuir, mai stato così pettegolo; ci sono il re e la regina del Belgio a fare gli onori di casa, ma questo non basta per tenere a bada gli animi più accesi.

La storia inizia a un'ora precisa: l'invito diceva ore 19.30, e noi siamo arrivati puntuali, insieme agli illustri invitati.

Poco prima, nel tardo pomeriggio, si è chiuso il V Congresso Solvay della Fisica. Il ritrovo più importante della storia della scienza, dove ventinove personaggi, quasi tutti fisici, hanno preso parte a una lunga settimana di discussioni, di arricchimento di nuove idee, di intensi dibattiti che hanno fatto nascere, proprio in quei giorni, la fisica quantistica. Dal 24 al 29 ottobre del 1927, ventinove personaggi, di cui diciassette erano o sarebbero diventati premi Nobel, prendono parte al più grande ritrovo di cervelli della storia. Quei giorni Einstein li chiama *witches' Sabbath*, il convegno delle streghe.

Una foto famosa li ritrae tutti, due file di uomini seduti e una in piedi. E non c'è altro che documenti quella sera: non un libro, non un blocco degli appunti, solo frasi sparse qua e là nelle lettere che i protagonisti si scambiavano, ma che nessuno ha mai ritenuto importante pubblicare. In quella foto, le sedie sono sistemate sopra le scale che da Leopold Park arrivano al portone dell'istituto di fisica più importante della capitale. Si riconosce facilmente Marie Curie, perché è l'unica donna, c'è Planck con il cappello e la sigaretta in mano, Lorentz, il più vecchio, c'è naturalmente Einstein. Ci sono i giovani, Dirac, Heisenberg, Pauli, tutti sui venticinque anni. C'è il più anticonformista di tutti, Schrödinger, l'unico vestito comodo, con una giacca di lino leggera e chiara, un papillon e due buffi occhialini tondi. E tanti altri ancora.

Il nostro racconto inizia subito dopo lo scatto di quella fotografia. Nel momento esatto in cui Niels Bohr vince la sua battaglia intellettuale con il grande nemico di una vita, Albert Einstein. Uno a zero per il danese.

Ma Einstein non si dà per vinto, e dirà a Bohr: «Dio non gioca a dadi!» Il danese risponderà: «Non sei tu che devi dire a Dio cosa deve e non deve fare!»

Alle 19.30 inizia la cena di gala, e le continue frecciate tra i due non sono ancora finite. In questa ricostruzione che ho fatto della cena – la prima e

l'unica che esista – vivremo spassosissimi battibecchi, colpi di scena, pettegolezzi sugli assenti, tutto condito con ottimo cibo e buon vino, serviti come il galateo della classe regnante impone. La cena sarà intervallata da aneddoti sfiziosi, da racconti del passato e pure qualche storia sul futuro. E dalle battute che si scambieranno, capiremo l'importanza del dialogo, della circolazione continua di idee, del rapporto curioso che questi fisici hanno avuto tra loro nel corso delle loro vite.

La nostra storia si concluderà quando la cena arriverà all'ultima portata, e con gli invitati che andranno a dormire (anche se non tutti). La cena finirà alla settima portata, esattamente quanti sono i capitoli di questo libro. E finirà con Einstein che sventolerà il fazzoletto bianco, in segno di resa, verso il suo nemico, Niels Bohr, e quella concezione che lui e i suoi seguaci utilizzano per interpretare la fisica quantistica che stava per nascere. Einstein si dichiarerà sconfitto, con un'eleganza assoluta. Per lui sarà solo una battaglia persa, la guerra invece continuerà, e a metà degli anni Trenta avrà altri scontri e altri epiloghi. La cena finirà con Einstein che aggiungerà un altro pezzo alla sua famosa frase, rivolta a Niels Bohr e ai suoi seguaci: «Dio non gioca a dadi, ma qualche volta può fare un'eccezione!» Sipario. La fisica quantistica è nata così. Quello che verrà dopo farà parte di un'altra storia.

La fisica quantistica sta nella nostra vita di tutti i giorni e costituisce la base per il funzionamento del nostro mondo. Grazie a essa siamo stati in grado di costruire i più moderni mezzi tecnologici. Ad esempio il laser, il microscopio elettronico, la risonanza magnetica nucleare, i calcoli della chimica computazionale, la crittografia, e molto altro. Appena mettiamo piede nel grande oceano della fisica quantistica sorgono i grandi dubbi, esistenziali e no, le diverse interpretazioni da dare alle cose, le domande. Ma ogni volta che leggiamo libri (scritti da fisici, ovvio) sulla fisica quantistica, gli stessi autori concludono sempre che nessuno sembra capirci granché. D'altra parte, lo diceva anche Niels Bohr: «Se ti sembra di aver capito la fisica quantistica, allora non hai capito niente». Per questo motivo molte persone (anche non del settore) ci rinunciano a priori. La fisica quantistica fa paura, fa crollare le basi su cui poggiano le conoscenze derivanti dai libri di scuola. Ma se tutti sapessero quanto è bella, e meravigliosamente non banale, non ci sarebbe più bisogno di tante storie di fantasia che sembrano provenire da universi

paranormali per dare spiegazione alle cose che ci circondano. La teoria quantistica è una costruzione matematica accurata e perfetta, che descrive la natura in maniera superba. Senza la fisica quantistica non riusciremmo a capire la chimica moderna, l'elettronica o la scienza dei materiali. Non avremmo inventato il chip al silicio e quindi i computer attuali, non ci sarebbero i televisori, i calcolatori, i microonde, i lettori cd e dvd, i telefoni cellulari, e tante altre cose che diamo per scontate nella vita di tutti i giorni.

La fisica quantistica spiega in maniera efficace il comportamento di tutti i mattoncini che sono alla base della materia, di come interagiscono le particelle subatomiche, e di come si colleghino tra loro per formare il mondo intorno a noi.

Ma esistono diverse interpretazioni, a partire da come viene insegnata a scuola. In quest'ultimo caso, le regole e le condizioni sono più stringenti, facendo una ricerca più approfondita su testi scientifici avanzati si trovano invece tutte le altre. Il significato più profondo della fisica quantistica emerge solo dopo anni di studio. Ma anche dopo tutto questo tempo, lo stesso si giungerà alla conclusione di Niels Bohr.

I punti di vista sulla fisica quantistica sono innumerevoli e il dibattito internazionale è ancora vivo e vitale.

Il mio viaggio nella fisica quantistica non finirà mai: divoro testi, libri, manuali, opinioni, dibattiti, pensieri, biografie, e cerco di saperne sempre di più. Mi faccio accompagnare dalla fisica quantistica, la sfioro, l'accarezzo, tutto qui. Ma l'unica certezza che ho in cambio è il meraviglioso dubbio che mi crea.

Questo romanzo è un'opera di finzione, anche se ho cercato di restare più fedele possibile ai fatti, grazie alle tante biografie dei fisici del Novecento che ho divorato nel corso degli anni. Ho cercato di accertare i fatti storici e scientifici con precisione, ma posso essere caduta in errore, e gli specialisti potranno trovare imprecisioni o errori grossolani. Resto pertanto a disposizione di chiunque voglia contattarmi, tramite il mio sito.

Le mie ricerche, la traduzione delle lettere originali e degli appunti sono state possibili grazie alla disponibilità delle persone che ho trovato a Bruxelles, e che lavorano all'istituto Solvay, nella biblioteca e nelle università. L'accesso all'archivio Solvay è stato molto prezioso, le persone

che mi hanno aiutato meritano un grazie che non ha limiti in nessun sistema di riferimento.

C'è stato un momento, durante il mio soggiorno a Bruxelles, in cui, ormai disperata perché non trovavo il punto di partenza giusto per il mio romanzo, mi muovevo tra centinaia di fogli che avevo fotocopiato e riempito di note: la luce me la fece vedere un uomo (che vuole restare nell'anonimato). Lui mi mise sul tavolo il foglio compilato da Lorentz con l'idea originale della disposizione delle persone intorno al tavolo per la cena di gala, a conclusione del V Congresso di Bruxelles, dopo la famosa foto del 1927. Ricordo quel momento con grande affetto e commozione. L'intuito da cronista ha fatto il resto. Ogni tanto riascolto le mie conversazioni con lui, che avevo catturato con un registratorino portatile, in cui delineava con grande precisione il carattere che potevano avere Schrödinger, Dirac, Pauli e tutti gli altri, presentandomeli già come se fossero nostri amici intimi. Da lì è nata tutta questa storia. Poi ci sono i fogli inediti, le lettere, il menu, gli inviti ufficiali che mostrerò nel libro: escono sempre da quel faldone, e sempre quell'uomo devo ringraziare per il supporto fotografico che ora possiedo e conservo con molta cura.

La mia intenzione è quella di offrire un contributo, accanto a quelli già esistenti, alla fisica quantistica. Penso che più se ne parli, meglio è per tutti. Soprattutto se chi racconta la fisica quantistica parte dalla fisica. Allora, solo in questo caso, non può sbagliare.

Un professore in particolare, durante gli anni alla facoltà di fisica a Milano, mi ha insegnato a parlare di Einstein, Bohr, Lorentz e tutti gli altri, come se fossero amici. Ricordo le sue lezioni, in cui riempiva lavagne e lavagne di calcoli e formule, spostando il gesso dalla mano sinistra alla destra quando si stancava, e ricordo che non aspettavo altro che finisse, per sentire qualche aneddoto. E dopo aver sostenuto gli esami faticosi della laurea in fisica, oggi penso di aver capito il motivo perché a quarant'anni ancora credo di avere amici *immaginari reali*, con cui spesso parlo e mi confronto: la fisica fa tornare bambini. Perché loro stessi si comportavano come bambini, con tutte le loro manie, tutti i loro tic.

Questa storia è l'intreccio di cose vere, cose veritiere, cose probabili e cose inventate. Il foglio che descrive la tavolata della cena, che vedrete riprodotto qui di seguito, è in due versioni: mi piace l'idea di mostrare il tavolo che ha disegnato Lorentz di suo pugno, mentre pensava alla disposizione degli

ospiti. E poi c'è la mia rivisitazione di quel tavolo (molto veritiera): ho in parte rispettato, e in parte cambiato, la sistemazione dei posti. La mia ricostruzione parte dal presupposto che le lettere dei protagonisti paiono rispettare la mia versione dei fatti, e là dove non ho trovato elementi, ho inventato.

La cena dei fisici quantistici si svolge in un ambiente scientifico internazionale. Le varie scuole frequentate dai fisici del Novecento permettevano lo scambio di idee, di parola, di incontri continui, tra i fisici provenienti da ogni parte del mondo. C'era la scuola di Copenaghen di Niels Bohr, quella di Gottinga di Max Born, quella di Sommerfield a Monaco, e tante altre, che facevano da catalizzatori, da punti di ritrovo. Alla stessa maniera valevano anche i liberi pensatori (Einstein, Schrödinger, de Broglie, io li considero tali), che non si appoggiavano a queste scuole, ma creavano tanto quanto gli altri (Heisenberg, Pauli, Bohr, Born). Tutti i fisici di cui racconto le vicende passavano da un edificio all'altro di continuo, per far visita o per restarci in pianta stabile a lavorare, perché quello era l'unico modo per far andare avanti la scienza: lo scambio di idee sulle teorie vive favoriva il nascere di nuovi filoni, a quei tempi inesplorati. Bruxelles era un buon punto d'incontro tra le varie scuole, per questo i congressi Solvay hanno avuto questo successo. Ma in pochi li conoscono, perché nessun libro li racconta tutti veramente (il mio libro precedente aveva proprio questo scopo).

La fisica quantistica è nata grazie al contributo di questo gruppo di persone che si sono messe in gioco, che coraggiosamente hanno messo in dubbio la rassicurante fisica classica, andando contro la comunità scientifica, e insieme hanno cambiato le sorti del mondo. Il mio racconto intorno al tavolo dove si sono seduti i fisici quantistici parte da questo lunghissimo presupposto. Il resto sono dettagli, veri, veritieri, inventati o probabili, come per esempio Mark Vancaubrough, un personaggio fittizio, ispirato al classico amico attempato, con una certa propensione all'alcol e ai racconti del passato. Per la descrizione dei vari caratteri mi sono attenuta alle loro biografie. Il carattere, le movenze, la parlata di Elisa, Marion, Aletta, Pierre, Georges e Edmond sono completamente inventati: me li sono immaginati così per via di altre descrizioni lette nei riferimenti che indico alla fine del libro, e per via dei racconti ascoltati all'istituto Solvay di Bruxelles.

Lo spettacolo del *Faust* a Copenaghen è cosa vera. Ho forse calcato un po' la mano su certe sfumature di linguaggio, ma che i fisici siano anche dei

grandi attori teatrali – per formazione, per natura – è cosa risaputa.

Ogni racconto avvenuto in Italia è vero. Ho cercato di descrivere attentamente il discorso tenuto da Niels Bohr a Como, perché quella è la chiave per capire il filone di pensiero ortodosso della fisica quantistica, esattamente quando nacque. Di Enrico Fermi non mi sono inventata niente. Così come di Guglielmo Marconi. E men che meno di Mussolini. Tutte le cose avvenute nella scuola di Copenaghen sono vere. Su Schrödinger c'è una grande certezza: tutti i suoi biografi si sono divertiti un mondo a raccontarlo, e sono tutti d'accordo sul fatto che la sua vita è stata la più divertente di tutte le altre (come dice Gribbin).

La stessa cosa non si può dire della vita di Wolfgang Pauli. La storia d'amore tra Marie Curie e Paul Langevin è vera. Ed è anche vero che sono stati separati al tavolo della cena, e messi lontano l'uno dall'altro, per non creare ulteriore scandalo. Ho inventato tutti i dialoghi, ma posso dire che paiono attendibili, e con la stessa sicurezza posso affermare che mi sono divertita moltissimo a scriverli. Che la regina Elisabetta del Belgio si sia mai rivolta con questa familiarità a Einstein è una supposizione, leggendo le lettere che i due si scrivevano. Che i due reali del Belgio amassero circondarsi di scienziati, artisti, filosofi è cosa vera. Che la cena sia andata veramente come l'ho descritta io è cosa probabile. Tutte le paturnie di cui sono affetti i fisici sono vere. A maggior ragione se sono fisici quantistici. Per il finale della serata mi sono affidata all'immaginazione. Non ho per niente enfatizzato gli scontri e i litigi verbali tra Einstein e Bohr. Quelli, così come gli altri (tra Max Born e Pauli, e tra Heisenberg e Schrödinger) sono il sale, sono alla base di questa nuova teoria che in quegli anni stava per nascere: proprio dagli scontri è nata la fisica quantistica, scontri produttivi, scontri sani, senza violenza né cattiveria, solo e semplicemente quello scambio di idee – talvolta aggressivo – che ha concimato il terreno per far nascere la fisica quantistica.

Gli appassionati, leggendo il romanzo, riconosceranno molte frasi attribuibili ad Einstein, a Niels Bohr, a Schrödinger, a Heisenberg, a Marie Curie. Senza contare quelle che ripeto anche nella mia vita reale, fingendo ormai che siano mie. Sarà che ho un cognome quantistico, e in libreria mi mettono tra Gribbin e Heisenberg, sarà per questo che credo di avere tutti i tic che ho attribuito ai fisici presenti al tavolo quella sera (e che ho distribuito equamente, con la fantasia, per non far torto a nessuno). La passione per i

treni è soprattutto mia, ma anche loro hanno ammesso di averla avuta. La passione per gli scacchi, pure. Infine, i titoli dei vari capitoli sono una rivisitazione di titoli di famosi teoremi di fisica che non riesco a togliermi dalla mente, a distanza di così tanti anni dalla mia laurea.

Alla fine dell'Ottocento si pensava di aver compreso i principi fondamentali della natura. Gli atomi erano i mattoncini con cui era costruito il mondo, le leggi di gravitazione universale di Newton spiegavano il moto dei pianeti e di tutti gli altri corpi, l'universo intero sembrava funzionare come un gigantesco orologio. Ma, nei primi decenni del Novecento, uno studio più approfondito dell'atomo e dei suoi componenti ha dato origine alla teoria dei quanti che, facendo perdere gran parte delle certezze su cui si basava la fisica classica, ha gradualmente fatto comprendere che la conoscenza della realtà era ben lontana dall'essere completa.

La fisica quantistica è la teoria fisica che descrive il comportamento della materia, della radiazione e di tutte le loro interazioni viste sia come fenomeni ondulatori sia come fenomeni particellari (dualismo onda-particella), a differenza della fisica classica o newtoniana, basata sulle teorie di Isaac Newton, che vede per esempio la luce solo come onda e l'elettrone solo come particella.

La fisica quantistica si occupa di unità discrete indivisibili (discrete in senso matematico) di energia chiamati quanti, come descritto dalla teoria quantistica.

Un quanto (quantum) è la quantità minima di una grandezza fisica che può esistere in modo indipendente, in particolare una quantità discreta di radiazione elettromagnetica.

In questo contesto «discreto» è il participio passato di discernere, che significa separare, cioè separato, quindi non può essere ulteriormente separato. È stato tradotto dall'inglese *discrete* che significa separato, diviso, distinto.

La teoria dei quanti si basa su alcune idee fondamentali:

1. L'energia non è continua, ma viene in piccole unità discrete.
2. Le particelle elementari si comportano sia come particelle sia come onde. Il movimento di queste particelle è intrinsecamente casuale. È

fisicamente impossibile conoscere sia la posizione sia la quantità di moto di una particella contemporaneamente. Più precisamente una è nota, meno precisa è la misurazione dell'altra.

3. Il mondo atomico non è come il mondo in cui viviamo.

La teoria dei quanti contiene molti indizi, come la natura fondamentale dell'universo, ed è più importante anche della relatività nel grande schema delle cose (sempre che, a quel livello, si possa dire che una cosa è più importante di qualsiasi altra). Inoltre, descrive la natura dell'universo come molto diversa dal mondo che vediamo.

Cos'è la dualità particella/onda? È il modo più semplice per familiarizzare con la teoria quantistica, perché mostra come il mondo atomico sia differente da quello visibile. Per la scienza classica un elettrone è una particella, per la fisica quantistica può essere una particella o un'onda a seconda dei casi. La cosa divertente è che diversi esperimenti hanno dimostrato che un elettrone è una particella finché la guardi, e diventa un'onda quando non la guardi.

I principi basilari su cui si basa la fisica quantistica sono:

1. Sia la luce sia le particelle che costituiscono gli atomi, e cioè gli elementi fondamentali che compongono la materia (quindi noi stessi e la realtà a noi manifesta) sono costituiti da minuscoli concentrati di energia detti quanti, che hanno una duplice natura: ondulatoria e corpuscolare. Precisamente a livello subatomico la materia presenta le caratteristiche tipiche delle onde e solo all'atto dell'osservazione assume un comportamento corpuscolare. Il primo a intuire la duplice natura della materia fu il matematico e fisico Louis de Broglie.
2. Le proprietà delle vibrazioni dell'onda quantistica furono descritte matematicamente dall'equazione d'onda di Schrödinger.
3. Non è possibile conoscere simultaneamente la velocità e la posizione di una particella quantistica, poiché quanto maggiore è l'accuratezza nel determinarne la posizione tanto minore è la precisione con la quale si può accertarne la velocità e viceversa. La suddetta proprietà è conosciuta come principio d'indeterminazione di Heisenberg. L'indeterminazione non dipende dai limiti dei nostri strumenti, che comportano necessariamente un'interazione più o meno grande con l'oggetto da sottoporre a misurazione, bensì rappresenta una caratteristica intrinseca

della materia.

4. Se si fanno interagire due particelle per un certo periodo e successivamente vengono separate, quando si sollecita una delle due in modo da modificarne lo stato, istantaneamente si manifesta sulla seconda un'analogia sollecitazione a qualunque distanza si trovi rispetto alla prima. Si tratta del cosiddetto fenomeno dell'*entanglement*.

I due esperimenti fondamentali per la fisica quantistica sono:

1. L'effetto fotoelettrico. In certe situazioni, come messo in evidenza nel 1905 da Einstein con l'ipotesi del fotone nell'effetto fotoelettrico, la luce si comportava decisamente come composta da particelle. L'effetto fotoelettrico è il fenomeno che si manifesta con l'emissione di particelle elettricamente cariche da parte di un corpo esposto a onde luminose o a radiazioni elettromagnetiche di varia frequenza: gli elettroni vengono emessi dalla superficie di un conduttore metallico (o da un gas) in seguito all'assorbimento dell'energia trasportata dalla luce incidente sulla superficie stessa. Come diceva Planck, la radiazione luminosa di frequenza ν è composta da particelle corpuscolari (fotoni) di energia $E = h\nu$ (h è la costante di Planck). Per riuscire a strappare un elettrone a una superficie metallica, l'energia del fotone deve essere più grande dell'energia di legame dell'elettrone nel metallo (W). Inserendo un amperometro fra anodo e catodo si misura così un passaggio di corrente. Se invece l'energia del fotone è inferiore a W non si ha effetto fotoelettrico, e l'amperometro non registra passaggio di corrente. La teoria ondulatoria classica prevedeva che, all'aumentare dell'intensità della luce incidente, aumentasse l'energia degli elettroni emessi. Nel 1902 il fisico tedesco Philip Lenard mostrò invece che l'energia dei fotoelettroni non dipendeva dall'intensità di illuminazione, ma dalla frequenza (o dalla lunghezza d'onda) della radiazione incidente. L'intensità della radiazione determinava invece l'intensità della corrente, cioè il numero di elettroni strappati alla superficie metallica. Il risultato sperimentale era inspiegabile presupponendo che la natura della luce fosse solo ondulatoria. Nel 1905 Albert Einstein spiegò l'effetto fotoelettrico con l'ipotesi secondo cui i raggi luminosi trasporterebbero particelle, chiamate fotoni, la cui energia è direttamente proporzionale

alla frequenza dell'onda corrispondente: incidendo sulla superficie di un corpo metallico, i fotoni cedono parte della loro energia agli elettroni liberi del conduttore, provocandone l'emissione. Allora l'energia dell'elettrone liberato dipende solo dall'energia del fotone, mentre l'intensità della radiazione è direttamente correlata al numero di fotoni trasportati dall'onda, e dunque può influire sul numero di elettroni estratti dal metallo, ma non sulla loro energia. Era difficile credere che la luce presentasse tale dualismo, apparendo come onda o come particella a seconda degli esperimenti. De Broglie nel 1924 ipotizzò che tutta la materia manifestasse lo stesso dualismo.

2. Nel 1927 Davisson e Germer ottennero la prova sperimentale di tale comportamento tramite l'esperimento della doppia fenditura: osservarono figure di diffrazione facendo attraversare un cristallo di nichel da un fascio di elettroni (la diffrazione è un fenomeno associato alla deviazione della traiettoria di propagazione delle onde quando queste incontrano un ostacolo sul loro cammino). Nasceva da qui la possibilità di utilizzare fasci di particelle per eseguire esperimenti di interferenza con due fenditure (proprio come Young aveva fatto con la luce). L'esperimento delle due fenditure permette di dimostrare la dualità onda-particella della materia. Richard Feynman ripeteva che questo esperimento era la chiave per comprendere la fisica quantistica. Questa volta vennero usate lastre rivelatrici moderne e una sorgente estremamente debole di luce o elettroni. Aprendo soltanto una fenditura (ad esempio, quella di sinistra), sulla lastra fotografica si ottiene la proiezione della fenditura. Aprendo solo la fessura destra si forma una figura speculare a quella precedente. La luce risponde quindi perfettamente alla teoria corpuscolare di Newton. Ora, provando a prevedere che figura risulterebbe dall'apertura contemporanea di entrambe le fenditure, secondo la teoria corpuscolare si verificherebbe la semplice sovrapposizione delle due figure precedenti. In realtà, quella che si genera è una figura d'interferenza, ovvero in questo caso la luce si comporta come un'onda meccanica: sulla lastra fotografica avremmo in alcuni punti sovrapposizioni di picchi o ventri, in altri cancellazioni. Ciò dimostra inequivocabilmente l'esistenza del dualismo onda-corpuscolo, sia della materia che della radiazione elettromagnetica. Niels Bohr introdusse anche il principio di complementarità, secondo il quale i due

aspetti, corpuscolare e ondulatorio, non possono essere osservati contemporaneamente perché si escludono a vicenda, ovvero il tipo di esperimento determina il comportamento successivo delle particelle coinvolte. Ma com'è possibile che un singolo elettrone si comporti come un'onda e faccia interferenza con se stesso? Fino a quando l'elettrone non viene rivelato sul bersaglio, non si trova mai in un punto preciso dello spazio, ma esiste in uno stato potenziale astratto descritto da una funzione di probabilità, che si propaga come un'onda e non secondo una traiettoria definita. De Broglie e Schrödinger tentarono di descrivere tutto il mondo quantistico in termini di onde, abolendo il concetto di particella. Ma per cogliere l'elettrone sul fatto, dobbiamo rivelarlo. La meccanica quantistica non ci permette di avere contemporaneamente la figura di interferenza e la conoscenza del singolo foro da cui l'elettrone è passato. O l'uno o l'altro: o l'elettrone viene rivelato come particella oggettiva, e quindi non produce interferenza, o è un'onda estesa, e in tal caso non passa da un solo foro, bensì da tutte e due: è come se fosse passato da tutte e due.

Questo è un po' come il notissimo paradosso del gatto di Schrödinger: gatto vivo o gatto morto; non si sa finché non si vede il gatto aprendo la scatola, altrimenti si considera vivo e morto contemporaneamente.

Il fenomeno dell'*entanglement* viola il «principio di località» per il quale ciò che accade in un luogo non può influire immediatamente su ciò che accade in un altro. Ecco un esempio: due particelle vengono lanciate in direzioni opposte. Se la particella A durante il suo tragitto incontra una carica magnetica che ne devia la direzione verso l'alto, la particella B, anziché continuare la sua traiettoria in linea retta, devia contemporaneamente la direzione assumendo un moto contrario alla sua gemella. Questo esperimento dimostra che le particelle sono in grado di comunicare tra loro trasmettendo ed elaborando informazioni, e dimostra anche che la comunicazione è istantanea. Nell'ottobre del 1998 il fenomeno dell'*entanglement* è stato definitivamente confermato da un esperimento effettuato presso l'Institute of Technology (Caltech) di Pasadena, in California. In conclusione, la meccanica quantistica nel microscopico ci ha condotto ad abbandonare la descrizione della fisica classica deterministica, per arrivare a una descrizione probabilistica in cui gli stati e le proprietà del mondo microscopico non sono

determinati a priori e intrinsecamente, ma acquisiscono realtà solo se vengono misurati o se entrano in contatto con altri oggetti. Questo stravolge la descrizione di un mondo che fino al secolo scorso sembrava sensato e ragionevole.

Per ulteriori approfondimenti su argomenti più tecnici, ho elencato alla fine l'intera bibliografia di cui mi sono servita. Quella sì che rappresenta un riferimento solido, irrinunciabile per parlare di fisica quantistica.

Ma in quale momento della storia della fisica si inserisce questo romanzo? Nel 1927, in Belgio, si svolge il quinto congresso dei fisici di fama mondiale. Il primo ritrovo ufficiale è datato 1911, ed è sempre Bruxelles a ospitarlo. In quei tempi, i fisici non trovavano un terreno comune per descrivere la natura più piccola della materia: atomi indivisibili o continuum infinitamente indivisibile? Non legavano neanche le equazioni di Newton con quelle di Maxwell, e quindi fisica classica con elettromagnetismo. Poi fu il momento di due grandi intuizioni, due esperimenti decisivi: la radiazione del corpo nero e l'effetto fotoelettrico, uno dovuto a Planck e l'altro a Einstein. In fisica, un corpo nero è un oggetto ideale che assorbe tutta la radiazione elettromagnetica incidente senza rifletterla. Per il teorema della conservazione dell'energia (niente si crea o si distrugge, ma tutto si trasforma), deve quindi re-irradiarla. È detto 'nero' secondo l'interpretazione classica del colore dei corpi; il sole con buona approssimazione può essere considerato un corpo nero. Secondo Planck, il corpo nero emette solo quanti di energia. Siamo nel discreto, quindi, non nel continuo (in fisica, un corpo materiale può essere studiato come un corpo discreto, in quanto costituito da particelle elementari distinte le une dalle altre, oppure come un corpo continuo, in quanto il numero elevatissimo, la coesione e l'interdipendenza tra le particelle fanno sparire qualsiasi granularità, almeno a livello macroscopico). Einstein dice che quando un fotone colpisce un metallo viene emesso un elettrone (foto-elettrico, cioè luce-materia). Questi due esperimenti fanno intravedere la strada da seguire, e porteranno alla nascita della fisica quantistica. Ma ci torneremo più avanti. Ora importa sottolineare che il padre della fisica quantistica non è un solo scienziato, ma tutti i fisici presenti a Bruxelles alla fine di ottobre del 1927.

L'ideatore di questi ritrovi a Bruxelles è Ernest Solvay, il ricco industriale

che ha avuto l'intuizione di riunire le più grandi menti scientifiche. Aveva tanti soldi, Solvay, e voleva fare qualcosa di utile per l'umanità. Aveva un grande amico, Alfred Nobel, svedese, ricco pure lui. I due discutevano spesso insieme per capire come creare qualcosa di nuovo, che favorisse lo sviluppo, il progresso. Decisero allora di fare così: uno creò i famosi premi, che sarebbero diventati i più ambiti in tutti i campi della scienza e non solo, e di cui sappiamo già tutto.

L'altro, invece, organizzò i ritrovi dei fisici più importanti, di cui in pochi conoscono le storie. Solvay finanziava viaggi, alloggi, spese e tutto quello che poteva servire, a cadenza costante, ogni tre anni, dal 1911 in poi. I Congressi Solvay saranno interrotti solo dalle guerre, e proseguono ancora oggi. Sempre a Bruxelles, sempre in autunno, sempre ogni tre anni. E così, uno dei due amici ha deciso di facilitare la nascita delle idee, delle scoperte che avrebbero cambiato la storia, e l'altro arrivava dopo, per premiare le idee più geniali. Solvay morì nel 1922, fece in tempo a vedere solo tre congressi.

I congressi erano nati per fare il punto della situazione sull'attualità più scottante. E il titolo del V Congresso era «Elettroni e fotoni», cioè materia e luce. In quella occasione nasce la fisica quantistica. Dicevamo che Planck ha avuto per primo l'intuizione giusta. Il rapido Planck. Non era il più bravo, è stato solo il più veloce a crederci. Consisteva in questa ipotesi: gli oscillatori di cui sono costituite le pareti del forno che costituisce il corpo nero emettono o assorbono energia per valori discreti (in fisica, gli oscillatori sono particelle che si muovono periodicamente attorno al punto di equilibrio; un esempio è il pendolo). Queste emissioni o assorbimenti di energia sono multipli della frequenza di oscillazione, secondo la formula $E = h \nu$. Ma nessuno lo ascolta.

Solo una persona ci crede davvero, ed è Albert Einstein, il lupo solitario. Einstein è l'unico a prendere subito in mano la formula di Planck e a portarla un gradino più su. Einstein fa una nuova proposta: consideriamo la luce costituita di quanti di energia, oggi noti con il nome di fotoni, e studiamola così.

Poi ci arriva anche Bohr, l'uomo ossessionato. Bohr è il più grande studioso dell'atomo, e quelli erano gli anni giusti per creare una nuova idea di atomo e darne una descrizione più dettagliata. Bohr studia il modello atomico di Rutherford (un nucleo centrale denso con una nuvola di elettroni all'esterno), e giunge a un'altra conclusione. Postula che l'energia degli atomi è a sua volta quantizzata, e che gli elettroni non sono liberi ma possono stare

solo su certe orbite, dette discrete. Quando un elettrone cade in un'orbita più in basso (verso il nucleo), emette un fotone (cioè luce). Al contrario, se sale lo assorbe.

Ma Bohr in fondo è un buono, e non fa misteri delle sue scoperte, le mette a disposizione di tutti. Fonda la scuola di Copenaghen, e cresce giovani talentuosi, che vivono per la fisica: tra i suoi allievi ci sono Heisenberg e Pauli, tra i più giovani presenti a Bruxelles nel 1927. Erano furbi, questi due, lavoreranno appartati e in silenzio a questa teoria, e ne combineranno delle belle.

È proprio a questo punto della storia della fisica che entra in scena Pauli, il critico, l'uomo con il lato oscuro. Pauli spiega meglio la stabilità degli atomi, e dice: ogni orbita può accomodare solo un certo numero di elettroni. Grazie a questo contributo, Bohr riesce a spiegare lo spettro atomico (nel visibile, s'intende la luce divisa nei vari colori, ordinati come nell'arcobaleno) con le frequenze emesse che corrispondono a certe energie (nel visibile, equivale a dire: a certi colori).

Il francese de Broglie, il principe, l'aristocratico, scrive la sua tesi di dottorato su questo passaggio fondamentale della fisica. Immagina che, se la luce può comportarsi come un fascio di particelle, specularmente gli elettroni possono comportarsi come onde. E allora tutto può rientrare in un'elegantissima simmetria della natura. Quindi, l'idea di partenza è quella einsteiniana del dualismo onda-corpuscolo, che de Broglie ribalta, applicandola non alla luce (come aveva fatto Einstein), ma alla materia. De Broglie si ispirava a Compton, che aveva eseguito un esperimento con i raggi X per mostrare l'esistenza dei fotoni (raggi X vuol dire radiazione fuori dal visibile, con lunghezza d'onda più bassa, oltre l'ultravioletto). Con de Broglie si è arrivati finalmente alla descrizione completa della fisica quantistica, con un'integrazione fondamentale: la natura ondulatoria della materia: un elettrone può essere descritto da un «pacchetto d'onda», ovvero la materia ha una sua funzione d'onda. Proprio come la luce.

Ed è esattamente a questo punto che si incontrano i fisici a Bruxelles nel 1927, con queste certezze. Ventisette fisici convocati per il V Congresso Solvay, a Leopold Park, all'istituto di fisica.

Il primo ad arrivare al Leopold Park quel lunedì del 24 ottobre 1927, una mattina grigia, il cielo basso come solo a Bruxelles, è il tedesco Lorentz, il più vecchio del gruppo. Il secondo è Planck, poi Einstein: certo, dopotutto

sono tedeschi...

I lavori si aprono ufficialmente quel giorno, dopo quasi due anni di preparativi, e con il consenso del sovrano del Belgio. Per Einstein e gli altri scienziati tedeschi, l'ammissione al primo evento scientifico che si teneva in territorio belga, dopo la Grande Guerra, aveva richiesto un'intensa attività diplomatica. E Lorentz era uno che teneva tutto sotto controllo, non lasciava nulla al caso, e mise in atto le sue arti diplomatiche con grande successo. Ora abbiamo anche capito a cosa era dovuta la solerzia dei tedeschi nell'arrivare per primi: una forma di rispetto e di ringraziamento verso Lorentz, che aveva brigato tanto per farli arrivare.

Inizia il congresso. Lorentz fa il suo discorso introduttivo, e coraggiosamente (visto che la comunità scientifica, lontano da quel ritrovo, non era certo d'accordo ad abbandonare la fisica classica per questo nuovo universo di trovate e pensieri a cui nessuno riusciva ancora a dare un senso) e definisce la fisica che stava nascendo in quei giorni come «la più importante di sempre, alla base di tutto». Il titolo del ritrovo, come abbiamo detto, è «Elettroni e fotoni». Bellissimo titolo: materia e luce.

La regola, a ogni congresso, è sempre la stessa: nei primi giorni gli scienziati che sono alle prese con nuove teorie leggono le loro relazioni. In questo caso, di trattava di cinque relazioni, su altrettanti argomenti, su cui poi sarebbe iniziato il confronto, prima di passare alle discussioni generali nell'ultimo giorno. La prima relazione, relativa alla riflessione dei raggi X sui cristalli (radiazione con bassa lunghezza d'onda), è esposta nella mattina del 24 da William Bragg; nel pomeriggio è invece la volta di Arthur Compton, il più gentile e modesto del gruppo. Dando prova di grande umiltà, durante l'esposizione Compton non si esprime mai parlando di ciò che tutti, ormai, chiamavano «effetto Compton», ma rimane molto generico. Lo chiama l'«effetto scientifico». Spiega il fenomeno che lo ha reso famoso nell'esperimento con un fascio di raggi X che colpisce un foglio di grafite: ipotizzando che ogni fotone della radiazione interagisca con un elettrone del foglio di grafite su cui incide, cedendo parte della sua energia all'elettrone, avviene esattamente quello che capita in un processo d'urto tra due particelle (eppure erano radiazione e materia). Einstein applaude questa trattazione. È l'unico a farlo. Ma anche perché era molto simile alla sua, quella che aveva usato per spiegare l'effetto fotoelettrico. E Einstein non era certo uno invidioso, a differenza di altri presenti a Bruxelles...

Il giorno seguente, martedì 25 ottobre, l'esposizione è affidata a Louis de Broglie, il nobile del gruppo. De Broglie presenta la teoria secondo cui un elettrone ha contemporaneamente la doppia natura di onda e particella. Poi segue la lettura della relazione di Born e Heisenberg sulle basi della fisica quantistica studiata a Gottinga e a Copenaghen. Naturalmente sarà Heisenberg a sgomitare per leggerla. Anche perché è Niels Bohr il vero padre di questa teoria, insieme ai suoi allievi della scuola danese.

Questa relazione farà zittire Einstein. Silenzio inquietante, per due giorni interi. La relazione riguarda la versione ortodossa della fisica quantistica, quella presentata per la prima volta in Italia, a Como, il mese prima, quando tutti i fisici erano stati invitati in Italia per commemorare i cento anni di Alessandro Volta. Ma Einstein fu l'unico a non andarci, per una ferma decisione: la sua opposizione al governo di Mussolini. E così ascoltò quella nuova concezione della fisica quantistica, per la prima volta, a Bruxelles. In cosa consisteva veramente?

La teoria nasce nel febbraio del 1927, quando Bohr era in vacanza a sciare. Dato che era assente da scuola e da Copenaghen, Heisenberg, il suo allievo più scaltro e più ambizioso, prese possesso dell'istituto (fanno come i bambini!), e in tutta segretezza teorizzò il principio di indeterminazione che lo avrebbe reso famoso.

Rientrato dalla sua lunga vacanza, Bohr (che abbiamo chiamato l'uomo ossessionato, ma era comunque il fratello buono) analizza i risultati ottenuti in sua assenza da Heisenberg, ma si accorge che l'articolo preparato dal giovane ricercatore è imperfetto. Lo modifica, con grande disappunto di Heisenberg, lo migliora, e lo dà alle stampe, pronto per essere sottoposto all'analisi della comunità scientifica. Ma cosa aveva visto Bohr in quel principio scoperto da Heisenberg?

Bohr ragiona a partire dalla relazione di Planck $E = h\nu$ e da quella di de Broglie, $\lambda = h/p$. Le grandezze fisiche coinvolte in queste relazioni attengono, rispettivamente, ai corpuscoli e alle onde. Energia e quantità di moto sono tipiche delle particelle (materia), frequenza e lunghezza d'onda sono tipiche delle onde (luce). Quindi il dualismo è materia-luce. È la compresenza di queste due nature, ovvero la loro complementarità, a indurre l'indeterminazione. La natura probabilistica della fisica quantistica è una conseguenza di tutto questo. Einstein, che non sopportava la natura probabilistica, dice la famosa frase: «Dio non gioca a dadi!» E poi silenzio.

Starà zitto per due giorni, e non parlerà con Niels Bohr fino a sabato 29 ottobre.

Infine sarà la volta di Schrödinger, la cui relazione, l'ultima delle cinque previste, mirava a rivedere ogni cosa: di nuovo l'intero universo di teoremi e formule era messo in discussione. Schrödinger stava elaborando una teoria ancora più generale, che le accogliesse tutte: parlava di spazi multidimensionali, di matrici, di iperspazio, e gli altri non gli stavano dietro. Soltanto una persona lo ascoltò con molta attenzione, prese gli appunti di Schrödinger e li portò con sé. Quella persona, naturalmente, era Albert Einstein.

Poi il gruppo si sciolse. Il Congresso si sarebbe aggiornato a venerdì 28 ottobre, per dare la possibilità ai presenti di partecipare, giovedì 27, alle celebrazioni per i cento anni della morte del fisico Fresnel, organizzate a Parigi (era morto lo stesso anno di Alessandro Volta). A commemorare il fisico francese si reca una delegazione di venti persone, tra cui Einstein. Ma lui rimane sempre in disparte, silenzioso. Il lupo solitario tira fuori il suo vero lato. Cosa frulla nella mente del genio della fisica?

Pensieri forti, anzi, esperimenti mentali che avrebbero messo a dura prova quell'appellativo di «teoria completa» con cui Born, l'ansioso ipocondriaco, ma soprattutto il danese Bohr e il tedesco Heisenberg, si esprimevano fiduciosi in merito alla loro versione della fisica quantistica.

Dunque, il cuore della storia sta tutto qui.

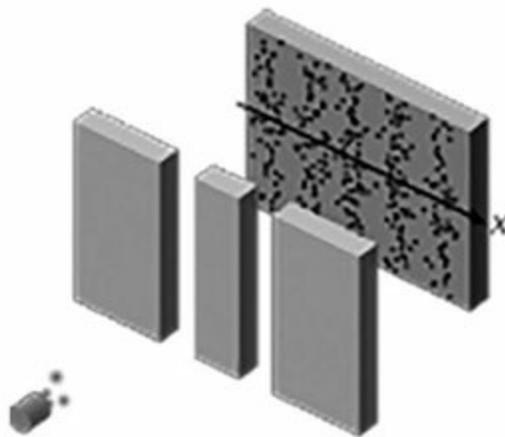
La versione di Einstein della fisica quantistica. Dalle sue solide basi fa partire il ragionamento, e una risposta da dare al suo nemico, Niels Bohr. In quei giorni di silenzio, infatti, stava elaborando qualcosa di nuovo.

I fisici tornano a Bruxelles. Pomeriggio del 28 ottobre 1927, inizio del dibattito conclusivo.

Le discussioni sono aperte proprio da Bohr su invito del presidente Lorentz, speranzoso di trovare un accordo tra i due. Il discorso del fisico danese riprende i temi dell'interpretazione di Copenaghen, che erano, cito le sue parole: «Il principio di complementarità è alla base del principio di indeterminazione ed è l'unico che possa chiarire il dualismo tra materia e luce. Non esiste una realtà avulsa dall'osservazione. È ragionevole pensare che un elettrone cessi di esistere non appena si smette di osservarlo. Come naturale conseguenza, le leggi possono essere esclusivamente di natura probabilistica».

Quando Bohr termina la sua discussione generale, Einstein chiede la parola e interviene, per la prima volta, davanti a tutti. Espone il primo di una serie di esperimenti mentali in risposta alla teoria ortodossa raccontata da Bohr. In cosa consistevano?

Il primo esperimento mentale proposto da Einstein riguardava l'attraversamento di una singola fenditura da parte di un fascio di elettroni, capaci poi di impressionare una lastra fotografica. Lo stesso esperimento è reso più intrigante da Einstein considerando una doppia fenditura.



La cosa sorprendente mostrata da questo esperimento (mentale, non reale) è che si forma sulla lastra una figura di interferenza, esattamente quello che avviene per la luce, con bande chiare e bande scure. Il flusso di elettroni sembra comportarsi come un'onda. Einstein è convinto che una considerazione più approfondita della situazione permetta di risalire alla posizione e alla quantità di moto di una particella (massa per velocità), in aperto contrasto col principio di indeterminazione, cosa che equivale a provare l'incompletezza della versione probabilistica della fisica quantistica. Inoltre pensa che il collasso istantaneo della funzione d'onda associata alla particella finisca per contraddire la sua teoria della relatività.

Bohr rimane colpito dalle osservazioni del suo antagonista, ma non si perde d'animo. Analizza quello e i successivi ragionamenti di Einstein, e riesce a trovare sempre un punto debole nelle sue argomentazioni (utilizzando addirittura il principio di relatività di Einstein!).

Le discussioni non si esauriscono all'Istituto di fisica, ma continuano anche a cena, a colazione, e poi lungo la strada che dall'Hotel Metropole (l'albergo che li ospitava tutti, in pieno centro, a poche decine di metri dalla Taverne Royale) li riconduce nuovamente all'Istituto di fisica, il giorno seguente.

Paul Ehrenfest, nelle lettere all'amico Lorentz dopo la chiusura del congresso (conservate nella biblioteca Solvay di Bruxelles), ricorda bene le discussioni tra i due.

Così come ricorda l'animo competitivo dei due giovani, Pauli e Heisenberg, scaltri e maliziosi, sempre pronti a tirare il maestro per la giacca nei rari momenti in cui abbassava la guardia nei confronti di Einstein, per evitare che Bohr raccontasse troppi dettagli dei loro lavori.

Ma quando il V Congresso Solvay finisce, il 29 ottobre 1927, la giornata si conclude con la cena alla Taverne Royale, dove siamo stati invitati.

Il bilancio complessivo appare decisamente a favore di Bohr e dei suoi seguaci. L'interpretazione di Copenaghen vince: 1 a 0 per Bohr, Einstein perde, e incassa con grande eleganza la sconfitta. Einstein dirà a Bohr la frase che concluderà questa battaglia proprio dopo cena: «Dio non gioca a dadi, ma qualche volta può fare un'eccezione». Ed è proprio nell'intervallo di tempo tra le due frasi scolpite nella roccia da Einstein che si dipana il racconto di questo libro.

Anche se, come già sappiamo, Einstein guardava avanti: qualcosa gli diceva che nel corso degli anni successivi avrebbe messo a punto il corretto esperimento mentale in grado di invalidare in modo incontrovertibile i fondamenti della fisica quantistica basati sul concetto di probabilità di Niels Bohr. Einstein tornerà alla carica più avanti. Elaborerà l'esperimento ideale EPR nel 1935. Bohr risponderà ancora e la cosa sembrerà finire lì. La storia ricomincerà con Bell negli anni Sessanta, ma in questo momento non ci riguarda.

Dunque, siamo nel 1927. Leopardi aveva già scritto, Pavese lo stava facendo. Picasso stava dipingendo il suo mondo, Charlie Parker aveva appena iniziato a crearne uno nuovo con la sua musica. Chaplin girava il film *Il circo*, Al Capone girava invece in Cadillac.

Nel resto del mondo, questo è l'anno in cui Lindbergh completa la prima trasvolata atlantica senza scalo, da New York a Parigi, un volo ininterrotto

verso la leggenda e il progresso; vengono costruiti e venduti i primi juke-box; Sacco e Vanzetti sono condannati a morte, diciannove minuti dopo la mezzanotte del 22 agosto, nella prigione di Charleston, vicino Boston, Nicola Sacco viene giustiziato sulla sedia elettrica, e sette minuti dopo la stessa sorte tocca al suo amico Bartolomeo Vanzetti; l'inventore americano Philo Farnsworth costruisce il prototipo di televisore elettronico che farà la storia del piccolo schermo; nascono Gabriel Garcia Márquez, Joseph Ratzinger, Gina Lollobrigida e Roger Moore.

Il 28 ottobre 1927 in Italia inizia il VI anno dell'era fascista.

La nostra storia si svolge tutta nel giro di un sabato sera, l'ultimo sabato d'ottobre. L'autunno in Belgio arriva presto, le foglie hanno già ricoperto i marciapiedi fuori dal palazzo dove si trova la Taverne Royale. È una serata molto umida. Molti arrivano all'appuntamento con abiti pesanti, tutti di buon taglio, qualcuno lascia un ombrello al cameriere che sta sulla porta, altri un cappello, altri ancora una mantella impermeabile. Le previsioni dicevano pioggia.

Il clima non è dei migliori, e il vento non fa che aggravare la situazione. Freddo. Un freddo tagliente e che va peggiorando. Come sa esserci nel Nord Europa, a Bruxelles, soprattutto in centro, soprattutto la sera. Ma lì, quasi tutti gli invitati sono abituati, quasi tutti provengono da nazioni poco lontane: Francia, Olanda, Inghilterra, Danimarca.

Gli invitati vengono fatti accomodare intorno a un tavolo, imbandito per l'occasione in modo molto sfarzoso. I reali del Belgio usavano spesso questa sala per intrattenersi con artisti, scienziati, pensatori, filosofi che alimentavano il fermento culturale del periodo. E a tutti riservavano le migliori attenzioni, i piatti più succulenti, cercando di mettere gli invitati a loro completo agio, facendogli dimenticare di essere in presenza di due monarchi.

La tavola è apparecchiata per venti persone, di cui soltanto cinque donne. Dopo la famosa foto del 1927 il gruppo che ha preso parte alla cena è andato a fare un cambio d'abito. Gli uomini vestono – tranne qualche eccezione – con un completo nero, sono molto eleganti, come l'invito richiedeva. Le cinque donne – tutte con un giro di perle al collo – indossano abiti da gran sera: una in nero, una in blu scuro, una in crema, una in color pesca, e una in bianco. Tessuti in jersey, morbidi. Alla cena arrivano tutti puntuali e di buonumore, rilassati. Ma è solo un'apparenza, le tensioni sanno mascherarle

bene.

Tra gli invitati, Albert Einstein e Niels Bohr, Marie Curie e Arthur Compton, il principe de Broglie e William Bragg, Owen Willans Richardson e Max Born, Irving Langmuir e naturalmente Hendrik Lorentz. Dieci fisici che hanno contribuito a far nascere la fisica quantistica, tutti premi Nobel.

Ci sono anche il re e la regina del Belgio, Alberto I e Elisabeth Gabriel Valerie Marie Herzogin in Bayern. C'è Edmond Solvay, il figlio del ricco industriale che ha creato questi ritrovi. E poi ci sono altri invitati. La cosa incredibile è che, malgrado ognuno parli solo la propria lingua, tutti si capiscono alla perfezione, e senza bisogno di interpreti.

Alla Taverne Royale, nel centro di Bruxelles, sono le 19.30.

In un salone molto ampio, con un tavolo lungo dieci metri dove stare seduti comodi, senza nessuno che dica cosa fare o che diriga le discussioni, gli invitati si lasciano andare. C'è chi continua diligente a parlare dell'argomento serio per cui è stato convocato, chi non ci pensa più e inizia a rilassarsi con aneddoti, c'è chi tira fuori la sua vera natura, chi non si trattiene, chi dice e fa tutto quello che gli passa per la testa. Ai nostri invitati succede esattamente questo, la sera del 29 ottobre.

Ma facciamo come nei film. Partiamo dai titoli di testa. Partiamo dalle immagini, dal viso di ciascuno dei presenti, e diamogli subito una connotazione caratteriale, e un dettaglio pure sull'aspetto fisico. Così iniziamo a conoscerli fin dalle prime battute. Ve li presento tutti, a seconda della posizione intorno al tavolo.

Lato destro lungo del tavolo (dal basso all'alto):

9dx- Edmond Solvay (il soprannome per lui è «il ricco industriale», anche se è solo il figlio di Ernest), 57 anni, belga.

8dx- William Bragg (lo chiameremo «il riflessivo»), 37 anni, inglese, Nobel nel 1915.

7dx- Louis de Broglie («l'aristocratico»), 35 anni, francese, Nobel nel 1929.

6dx- Albert Einstein («il lupo solitario»), 48 anni, tedesco, Nobel 1921.

5dx- la regina Elisabetta, 51 anni.

4dx- Hendrik Lorentz («l'orchestratore»), 79 anni, olandese, Nobel 1902.

3dx- Marion Mersereau (la moglie di Langmuir, «la più silenziosa»), 43 anni, francese.

2dx- Niels Bohr («l'uomo ossessionato», «il fratello buono»), 42 anni, danese, Nobel 1922.

1dx- Owen Willans Richardson («il gentiluomo»), 48 anni, inglese, Nobel 1928.

Lato sinistro lungo del tavolo (dal basso all'alto):

9sx- Max Born («l'ansioso ipocondriaco»), 45 anni, tedesco e inglese.

8sx- Elisa Solvay (sorella di Ernest, «la più chiacchierona», zia di Edmond Solvay), 51 anni, belga.

7sx- Arthur Compton («il più modesto del gruppo»), 35 anni, americano, Nobel nel 1927.

6sx- Marie Curie («la grande scienziata»), 59 anni, polacca e francese, Nobel nel 1903 e 1911.

5sx- re Alberto I, 52 anni.

4sx- Aletta Catharina Kaiser, 69 anni (moglie di Lorentz, «la più pasticciona»).

3sx- Paul Langevin («il più charmant»), 55 anni, francese.

2sx- Irving Langmuir («il più serio»), 46 anni, americano, Nobel 1932.

1sx- Pierre Nolf (amico di Solvay, «il più impostato»), 54 anni, belga, politico e scienziato.

I due capotavola (dal basso verso l'alto):

b- Mark Vancaubrogh (capitano d'artiglieria del corpo reale belga, amico dei reali), 80 anni, belga.

a- Georges Lefebvre (fissato con la Rivoluzione francese, amico dei reali), 53 anni, francese, storico e scrittore.

Tra gli assenti, di cui si parlerà spesso e a lungo durante la cena (ma non per questo meno importanti, per il nascere della fisica quantistica), ci sono:

– Werner Heisenberg, «il più ambizioso del gruppo». 25 anni, tedesco, Nobel nel 1932. Non invitato alla cena. Avrebbe fortemente voluto essere presente.

– Wolfgang Pauli, «il critico, l'uomo con il lato oscuro». 27 anni, austriaco, Nobel nel 1945. Non invitato alla cena. Gli sarebbe piaciuto partecipare, ma comunque aveva altro da fare.

– Paul Dirac, «il più calmo». 25 anni, inglese, Nobel nel 1933. Non invitato

alla cena. Non gli importò di non esserci.

– Erwin Schrödinger, «il più entusiasta, il più umano». 40 anni, austriaco, Nobel nel 1933. Invitato alla cena. Rifiutò l'invito, perché detestava i ritrovi convenzionali.

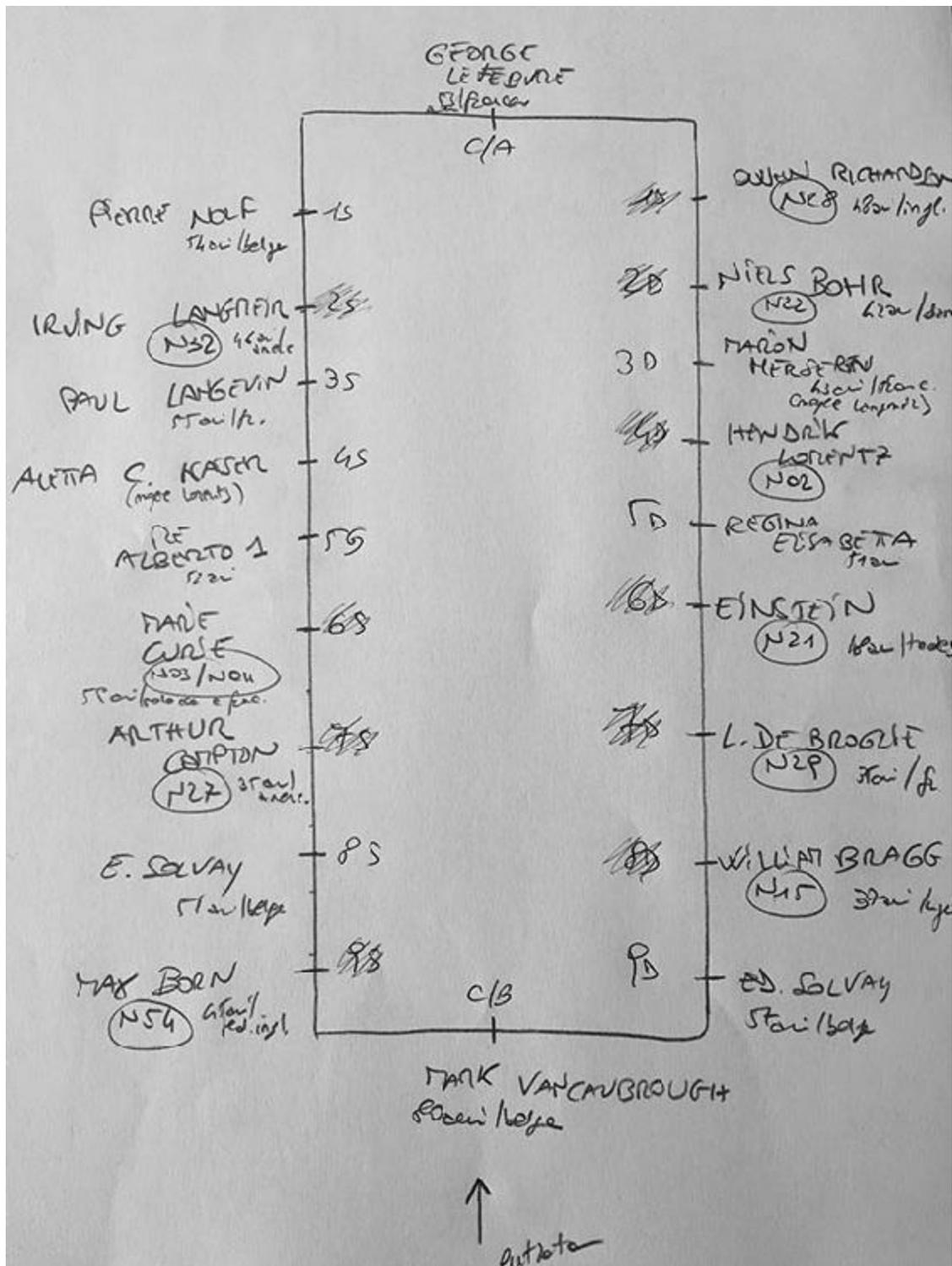
– Paul Ehrenfest, «quello che teneva insieme tutti, il più divertente». 47 anni, olandese (nel suo gruppo di amici è l'unico a non aver vinto un premio Nobel, e infatti cadrà in depressione, e si suiciderà). Non invitato alla cena. Si rattristò parecchio per questo.

– Max Planck, «il più rapido», 69 anni, tedesco, Nobel nel 1918. Invitato alla cena. Troppo stanco per andarci.

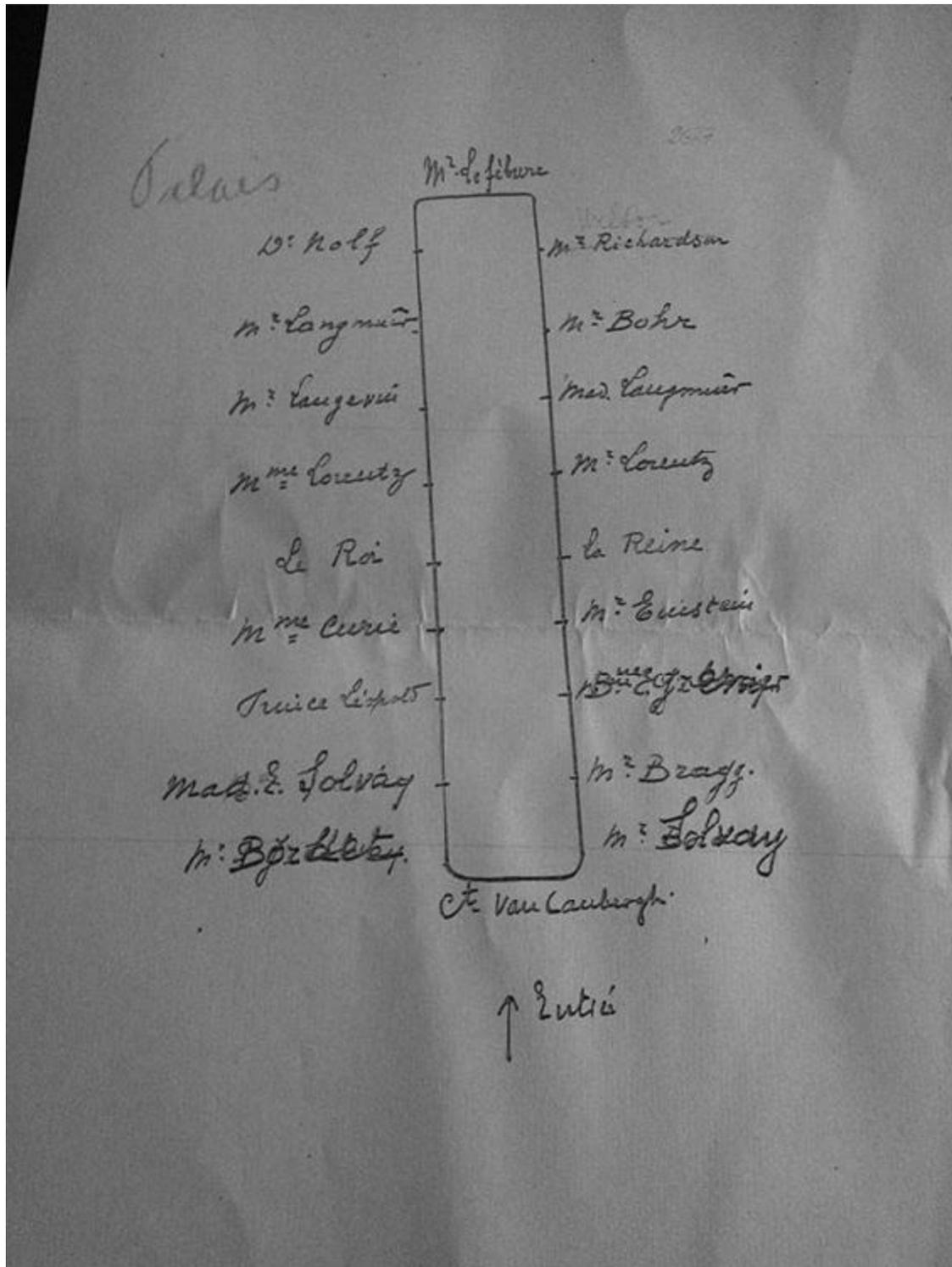
– Enrico Fermi, «l'attento osservatore», 26 anni, italiano, Nobel nel 1938. Non invitato alla cena e neanche al Congresso. Non gli importava, aveva appena assunto la cattedra di fisica a Roma. Lo avrebbero invitato a quello successivo.

- Guglielmo Marconi, «l'uomo che sa stare ai compromessi», 62 anni, italiano, Nobel nel 1909. Non invitato alla cena e neanche al Congresso. Ormai fuori dalla fisica viva, e troppo preso dalle questioni italiane del regime.

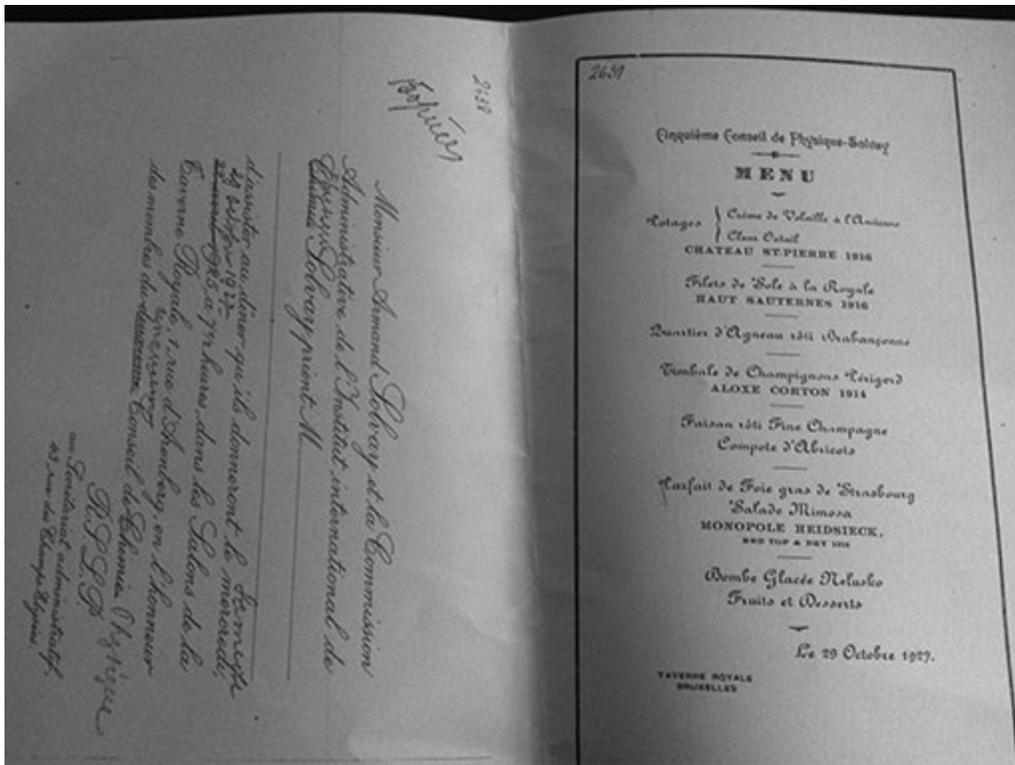
Questa è la foto del disegno del tavolo, fatta da me (secondo la mia ricostruzione romanzata della cena).



Questa è la foto del primo schizzo fatto da Lorentz del tavolo, nel 1927, poche settimane prima di quella sera.



Questo il menu della serata. Per noi, a ogni portata corrisponde un capitolo diverso del libro.



Questa è un esempio di lettera che Lorentz spediva a mano. Qui c'è l'invito a Niels Bohr a partecipare alla cena di gala del 29 ottobre.

2642

flu

GRAND HÔTEL BRITANNIQUE
BRUXELLES

It shall be a great honor and
pleasure to Prof. N. Bohr to accept
the kind invitation of M. Armand
Folroy and the committee of l'institut
international de physique Folroy to
attend the dinner on Saturday
October 29th at 7³⁰.

Questa è la foto delle Galeries Royales St Hubert oggi.



Sta per iniziare la cena, entriamo nella sala con il gruppo di invitati...

Prima portata

«L'AMALGAMAZIONE DEGLI INVITATI»

Potages:
Crème de Volaille à l'Ancienne
Clear Oxtail
Château St Pierre del 1916

«Si rovescherà tutto senz'altro» disse Einstein, afferrando di nuovo la borsetta di seta e perline.

Marion allungò la mano, pronta, e la spostò fuori tiro, sbattendola sul tavolino quasi a sottolineare le sue parole.

«Avete un eterno bisogno di giocherellare con qualche cosa» disse affettuosamente. Poco prima lo aveva visto mentre sistemava per bene, al centro del carrello, il candelabro d'argento in bella vista all'ingresso della sala, e un attimo dopo lo aveva scorto alle prese con un nuovo intrattenimento: questa volta si trattava di arrotolare l'estremità libera del tappeto persiano, utilizzando solo la punta del piede destro, e rimanendo con il resto del corpo perfettamente immobile.

Einstein si osservò la mano, spalancando le dita e richiudendole. Intorno alle unghie si vedevano pellicine sgraziate, solchetti di grasso attraversavano le falangi, e più in basso cresceva qualche pelo. Poggiò la mano sul tavolino, accanto a quella di lei che era di un pallore latteo e morbido, con unghie corte e ben curate.

«Mi rammarico di non essere la persona giusta per le chiacchiere scientifiche di cui vi sentivo parlare poco fa, me ne deve scusare, ma non sono adatta per quelle cose» disse lei dopo una pausa. «A ogni modo, devo

farle i complimenti per il suo eloquio».

Einstein rispose con un sorriso. «Non era mia intenzione annoiarla con le nostre inutili discussioni, in un momento come questo, dove tutti stiamo solo attendendo di sederci a tavola per la cena. Be', sarebbe più utile discorrere invece di cibi preferiti, o di racconti lontani nel tempo su altri ritrovi conviviali, tipo quelli in cui ci si divertiva parecchio e si cantava tutti insieme alla fine». Einstein aveva quarantotto anni, era di nazionalità tedesca, ed era l'unico senza completo nero come richiedeva l'invito. Marion Mersereau, invece, di anni ne aveva quarantatré, ed era francese. Uno si rivolgeva in inglese, l'altra rispondeva in francese, e si capivano alla perfezione. Esattamente come avrebbero fatto gli altri, quella sera. A seconda della nazionalità, sceglievano se esprimersi in inglese o in francese. Nessun fraintendimento.

Marion aveva modi di fare molto raffinati. Un vestito color crema, in tre pezzi: corpino, gonna e fusciasca in misto lino, con il davantino in taffetà dello stesso colore. Era la moglie di Irving Langmuir, il fisico americano che tra le sue ricerche aveva permesso di aumentare la durata e l'efficienza della lampadina per la casa, e infatti stava discorrendo di questo anche in quell'occasione, poco distante da loro, con Pierre Nolf, politico e scienziato dai folti baffi neri, dalla parlantina svelta. Erano esattamente dall'altra parte del tavolo. La divisione del gruppo era netta, metà da una parte, e metà dall'altra del tavolo: tutti avevano già adocchiato il proprio nome come segnaposto, e quindi avevano iniziato a disporsi nei pressi. Venti persone che stavano aspettando il momento di sedersi, non appena il re e la regina avessero dato cenno, e ormai era solo una questione di minuti.

La disposizione dei posti sulla lunga tavolata, di dieci metri, era affidata a venti cartoncini color panna con i bordi dorati, su cui erano scritti in carattere corsivo, con calligrafia femminile e aggraziata, il nome e il cognome. Einstein aveva il posto di gran prestigio, di fianco alla regina, di cui era amico epistolare da molto tempo, centrale, sulla destra del tavolo per chi entrava nel salone. Di fronte a lui, Marie Curie, per la quale Einstein nutriva un'ammirazione smisurata. Alla sua sinistra Louis de Broglie, che a sua volta sedeva accanto a William Bragg. Bragg aveva di fronte Elisa Solvay, sorella dell'industriale Ernest e zia di Edmond, che sedeva alla sua sinistra. Elisa aveva a destra Max Born e a sinistra Arthur Compton, che a sua volta era vicino di gomito della Curie. Di fronte alla regina, naturalmente, il re, Alberto

I, che aveva a sinistra Aletta Catharina Kaiser, moglie di Lorentz, che gli sedeva di fronte. I due dirimpettai successivi erano, dalla parte di Lorentz, Marion Mersereau, che guardava in faccia Paul Langevin, Niels Bohr, che aveva di fronte Irving Langmuir, e infine Owen Richardson seduto davanti a Pierre Nolf. I due capotavola erano persone del tutto estranee all'ambiente dei fisici, di cui la regina Elisabetta ammirava tanto le teste (di uno dei due, forse quella di un tempo ormai passato), e con cui amava discutere anche di temi scientifici, seppur non capisse per niente la materia e finisse spesso per avventurarsi in frasi contraddittorie e fuori luogo. Dicevo, i due capotavola erano: Mark Vancaubrough, il capitano d'artiglieria del corpo reale belga, ottant'anni, in divisa e con tutte le stelle esistenti al mondo appesa sulla giacca e mostrate con estrema soddisfazione. A lui non era stato chiesto il completo scuro. Mark avrebbe dovuto sedere tra Edmond Solvay, alla sua destra, e Max Born, alla sua sinistra. E dall'altra parte – alla distanza siderale di dieci metri – George Lefebvre, francese di Lilla, la più grande autorità nel racconto della Rivoluzione francese, e professore alla Sorbona proprio di «storia della Rivoluzione francese».

Marion si sporse per guardare con più attenzione Einstein negli occhi, mentre lui le elencava i piatti che detestava e quelli che amava. Erano occhi castani molto affascinanti, profondi, curiosi. Malgrado la lingua dicesse altro, Marion immaginò Einstein chino sulle sue carte, a scrivere e riscrivere formule, numeri, frasi che lei riteneva senza senso né utilità.

«Ma se devo dire la verità, preferisco mangiare molta frutta prima di cena, non mi appesantisce e solo così posso scrivere o leggere fino a tarda notte. E la carne cerco di evitarla, ma a volte faccio qualche eccezione. L'unica mia allergia è alla lana. Ma non la trovo certo nei piatti. Lei di cosa è golosa, signora Langmuir?» chiese Einstein davvero interessato.

Marion tornò subito sul discorso, avendo sentito un tono incuriosito che richiedeva uno sforzo di elaborazione maggiore.

«Io non posso mangiare alcuni cibi, mi provocano subito delle reazioni allergiche, e così sono costretta a privarmi di molti piatti gustosi, le zuppe di ceci e lenticchie ne sono un esempio, come anche le minestre che contengono alcune spezie. Mi rendo conto che qui in Europa è un sacrilegio dire queste cose, però sono costretta a farlo, con mio grande rammarico» disse con un sospiro.

A Elisa Solvay toccò intrattenere il capitano d'artiglieria, pochi minuti, ma

sufficienti per annoiarsi. Ed Elisa non era certo una persona che mascherava i suoi stati d'animo. Mark Vancaubrogh, una vita passata al servizio di Sua Maestà, era un uomo che si appoggiava al bastone, e qualche volta avrebbe dovuto farlo anche il suo pensiero. Alla cena si presentò in divisa, ma nessuno ci fece caso. Ormai aveva una memoria flebile, una parlata monotona, che lo portava a ripetere sempre e solo certe frasi.

«Raccontatemi qualche passaggio della vostra vita da ragazzo, quando ancora non eravate il valoroso combattente che oggi tutti conoscono. Che vita facevate, caro capitano, eravate un ragazzo che correva e sgambettava per casa? O più taciturno e appartato nella sua stanza?» chiese Elisa, cercando una via di fuga da quelle storie di cappa e spada di cui invece Mark amava riempirsi la bocca, anche se i racconti erano lenti e prevedibili, al punto che l'ascoltatore poteva benissimo distrarsi, pensare ad altro, e poi tornare ad ascoltare, senza essersi perso niente.

Lui rimise le mani sul bastone da passeggio, e dall'espressione, da quell'assonnato abbassare le palpebre pesanti, da quella bocca dischiusa come per un incipiente sbadiglio, lei giunse alla conclusione che quello annoiato invece era lui, e non avesse più voglia di raccontare.

«Non importa, capitano, va bene così... attendiamo che la padrona di casa ci inviti a sederci, così finalmente ci riposiamo entrambi» disse Elisa, con atteggiamento molto materno e educato al tempo stesso. Elisa Solvay, sorella di Ernest, zia di Edmond Solvay, aveva cinquantun anni, ed era belga. Era, a detta di tutti, molto simpatica. Indossava un abito color pesca, con le maniche a tre quarti, e molto arricciato sullo scollo e sul punto vita, con un alto colletto bianco di pizzo.

Per un'altra coppia occasionale che si era formata in quel momento intorno al tavolo, le sorti andarono decisamente meglio. Marie Curie e re Alberto I, due brillanti interlocutori. Scambi di battute molto rapide, freschezza di pensiero, e pure qualche stoccata ironica sui modi, sulle usanze dei belgi di quegli anni. Salvo poi rilassarsi su un argomento che trovarono inaspettatamente comune, un'amicizia molto particolare che valeva per entrambi, seppur nel suo piccolo.

«Oh, quanto è vero! Quei fiori blu che vendono al *marchande de fleur* lungo rue de l'Ecuyer sono una meraviglia. E la signora Jasmine è un incanto, mi è capitato di parlare con lei qualche giorno fa, con quel suo accento così marcato, trovavo il pretesto di farle domande per sentire la dolce melodia

della sua voce, mi piaceva parecchio ascoltarla» disse la Curie. Marie Curie aveva cinquantanove anni, e due nazionalità, polacca e francese. Era vestita con un abito in due pezzi, corpino e gonna in taffetà blu ricamato, e falso gilet in faille sempre in blu ma con dei piccoli fiori rosa.

«Tutti i fiori che vede in questa stanza vengono da lei, è molto paziente nell'accontentare i gusti di casa. Le tonalità più accese nelle mattine di primavera, più spente verso sera e durante gli autunni, il rosso lo preferiamo nei pomeriggi di grande freddo, e poi il bianco in tutte le altre occasioni» osservò re Alberto, indicando l'enorme vaso vicino alla finestra, che conteneva tre mazzi enormi di calla, di biancospino e di astranzia. Marie Curie poté quindi dedurre che la serata sarebbe stata dedicata ai fiori bianchi. E con franca approvazione fece un plateale sì con la testa, leggermente inclinata verso le finestre, per ammirare contemporaneamente anche il resto delle composizioni floreali.

Il lato più corto del salone era ricco di dettagli. Una credenza in legno portava sulle mensole alcune fotografie di famiglia rilegate in cornici d'argento. Due bambole di pezza erano appoggiate delicatamente sui lati, e una piccola bandiera con i colori del Belgio stava sulla destra. Le altre mensole avevano teiere in argento e bicchieri, un portacipria, una scatola rosso e arancio, due candele, un mezzobusto, tre piccole statue con divinità greche, e altri contenitori con i pomelli in rame scuro. Accanto, un portaombrelli in rame chiaro, che conteneva lunghissime piume color crema che svolazzavano solenni per tutta la loro lunghezza quasi fino al soffitto. E poi, davanti, sei vasi con altri fiori bianchi, questa volta divisi per genere: c'era il vaso con i tulipani, quello con il sambuco, quello con le orchidee, quello dedicato ai narcisi, il vaso di gelsomini e il vaso di margherite.

Il resto della sala aveva diversi carrelli, di vetro e legno, con intarsi dorati. Alcuni portavano sopra altri vasi, alcuni un candelabro, altri ancora le teiere con dei bicchieri, o in alternativa caraffe d'acqua e piatti di pasticcini. C'era anche un carrello senza niente sopra. E uno soltanto con i vassoi d'argento. C'erano anche due pony bianchi, in legno, che fungevano da dondoli. Le finestre erano coperte da tende a triplo strato, le luci del salone erano date dagli ingombrantissimi lampadari, e il pavimento era lucido a tal punto da sembrare quasi che fosse stato oliato.

«L'altra volta mi ha consigliato di cucinare il pesce con petali di rosa e marmellata di mirtilli» continuò Marie Curie, parlando sempre della signora che vendeva i fiori.

Anche la regina Elisabetta e Hendrik Lorentz scorrevano amabilmente. Arthur Compton e Max Born, invece, non smettevano un attimo di ricordare le discussioni del pomeriggio. Parlavano di lavoro, di fisica, non facevano altro. Il resto del gruppo era riunito in due zone distinte, a capannelli più consistenti, alla destra e alla sinistra del tavolo. Arthur Compton aveva trentacinque anni, era americano, e aveva un modo di fare molto diretto. Max Born, invece, aveva dieci anni di più, era sia tedesco sia inglese, la sua parlantina era più posata, anche se spesso si mangiava le parole. Molti però pensavano lo facesse per stanchezza o per pigrizia, più che per difficoltà espressive.

La tavola era preparata con lusso e gran gusto. Il lusso si manifestava nella biancheria, nel vasellame, nelle posate; il buon gusto negli ornamenti e nel modo di disporli. Il vasellame era finissimo, di gran pregio. I servizi di porcellana superavano in valore quelli d'argento. Le posate erano d'argento e portavano le iniziali del padrone di casa. Venivano cambiate a ogni portata, e ogni due ospiti c'era un cameriere dedicato.

I fiori erano gli ornamenti più belli della tavola. Erano incantevoli, freschi, con colori bene intonati al servizio di piatti, e disposti in modo da non dare fastidio ai commensali o ostacolarne la visuale. Una decorazione semplice e assai bella, con una fioriera centrale. E poi a ogni commensale un vasetto di cristallo contenente un solo fiore bellissimo: una piccola rosa bianca.

La tavola era molto grande, tutti i commensali potevano stare seduti comodamente. E i coperti erano disposti alla distanza di ottanta centimetri l'uno dall'altro. A destra di ogni piatto, un cucchiaio, coltello per l'arrosto, coltello per il pesce; a sinistra la forchetta e la forchetta per il pesce. Nella parte superiore, fra piatto e bicchieri, le posatine per la frutta e i dolci. I bicchieri dinanzi al piatto, nell'ordine in cui erano serviti i vini: bicchiere più grande per l'acqua; bicchiere per il vino bianco; bicchiere per il vino rosso. Poi due bicchieri aggiuntivi per i vini speciali, nel caso dei capotavola disposti a triangolo, per gli altri allineati ai primi. Le acque minerali erano messe in tavola nelle loro bottiglie originarie e, come le caraffe per l'acqua, collocate su piccoli tovagliolini ricamati e di pizzo. Ogni tre persone c'era una piccola saliera. Il tovagliolo era semplicemente piegato in due, con in

mezzo un panino, e stava alla sinistra del piatto. La minestra era la prima portata che arrivò, appena gli invitati entrarono nella sala da pranzo: in alternativa, per chi non la voleva, c'era brodo ristretto, servito in tazze di porcellana.

La regina si diresse verso la sedia, e fu Lorentz a spostargliela per farla sedere. Gli altri che si trovavano a discorrere con una dama fecero lo stesso. Soltanto Mark, il capitano, non se ne preoccupò, anzi si sedette emettendo pure un grande, plateale sbuffo, quasi a sentenziare la sua stanchezza. Elisa, che sapeva il fatto suo, fu fatta accomodare da ben due cavalieri, i due che le sedevano accanto: a destra Max Born e a sinistra Arthur Compton, le riservarono le loro attenzioni più premurose, insieme le spostarono la sedia, e insieme si dedicarono a lei augurandole una buona cena. Ma meglio non ci facesse l'abitudine, la cara Elisa, alle premure di questi due signori: i due avevano per la testa soltanto la fisica, e difficilmente l'avrebbero intrattenuta con altri argomenti interessanti quella sera.

Dall'altra parte del tavolo, nel frattempo, ancora prima di iniziare a mangiare era già partita una discussione molto accesa, Lo storico, il professor Lefebvre, non vedeva l'ora di accapigliarsi con qualcuno, aveva tutta l'aria dell'attaccabrighe, e lì a quel tavolo c'era sicuramente chi poteva dargli del filo da torcere.

Ma il duello più importante ancora non era ricominciato, eppure i duellanti non erano troppo distanti. Il dialogo rovente che tutti si aspettavano, quello dai toni più accesi, che tutti pensavano si sarebbe tramutato in lite, in fuoco che già aveva scaldato gli animi di due dei fisici più importanti di quella cena, era lì lì per essere appiccato nuovamente. Ma tra loro c'era un po' di distanza, e quindi era più difficile parlarsi. Avevano tre persone in mezzo che li separavano: la regina, Lorentz e madame Langmuir. Li avevano sistemati apposta così, sarebbe stato molto difficile guardarsi negli occhi, e lanciarsi una nuova sfida. Ci aveva pensato Lorentz, in concerto con mister Solvay, e il suo piano sembrava funzionare. Ma non è ancora il momento di anticipare niente delle discussioni avvenute quella sera, al tavolo della cena dove erano seduti i fisici quantistici.

Il servizio procedeva rapido. I camerieri, una trentina in totale, indossavano l'abito nero con panciotto bianco, e guanti bianchi; le cameriere erano vestite

di nero, con grembiolino bianco, colletto, cuffietta, guanti bianchi. Erano tutti molto attenti agli ospiti; precisi, svelti, silenziosi, mescevano l'acqua e il vino nei bicchieri non appena erano vuoti; presentavano il cestino del pane al commensale che ne rimaneva privo. Veniva servita sempre per prima la signora alla destra del padrone di casa, quindi Marie Curie, poi quella che è alla sinistra, Aletta, e così via, arrivando per ultimo sempre alla padrona di casa, alla regina. Così per tutte e sette le portate di quella cena.

Il domestico presentò il primo piatto con molta enfasi, al punto che Elisa Solvay si permise un risolino, ben consapevole che i due accanto a lei l'avrebbero appoggiata nel commento. Solitamente succedeva così. Ma non quella volta. I due nemmeno se ne accorsero. Erano intenti a sistemare le posate vicino al piatto secondo il loro schema mentale. Compton era disturbato se le posate non seguivano esattamente l'ordine crescente da sinistra a destra, e così le riordinò subito. Max Born, invece, amava avere tutte le portate sulla sua destra, così riusciva a prendere quelle che gli servivano con una mano sola, e solo quella usava per mangiare. Fecero quelle azioni, concentrati, e si sentirono subito dopo meglio.

«*Potages: Crème de Volaille à l'Ancienne... et Clear Oxtail*» disse il cameriere con tono solenne.

Il primo piatto venne servito, come la regola vuole, alla sinistra di ciascun commensale, all'altezza giusta per consentirne una certa comodità. Il vino, invece, veniva servito alla destra, e ognuno aveva un cameriere che lo versava, mormorandone il nome: «Château St Pierre del 1916».

Il momento era particolare, si sentiva solo un bisbiglio, intonato, quasi un rituale sacro. Furono tutti molto colpiti dalla sincronia perfetta. Erano quasi tutti scienziati, e questo era un fatto non poco rilevante per loro. Se avessero voluto ripetere l'azione corale in un laboratorio, sarebbe stato difficile senza un orologio che segnasse l'istante esatto. Il tempo, la regolazione degli orologi, tutti temi che presto fecero volare le menti dei presenti verso altri luoghi, molto scottanti, e molto relativistici. Vaneggiavano in fretta, i nostri amici commensali, bastava un niente.

Appena arrivò il cameriere del vino, Einstein fu come preso alla sprovvista, e quindi sputacchiò qualche briciola di pane prima di finire la frase con cui stava costruendo un discorso ben articolato sull'abuso di alcol da parte di certi fisici, e che argomentava con il suo vicino, Louis de Broglie. Ma l'aristocratico faticava a stargli dietro, era come se lo ascoltasse solo per

cortesìa, non era certo un argomento di suo gradimento, parlare degli assenti a quel tavolo.

«Quell'uomo beve con la stessa velocità con cui fa i calcoli!» disse, palesando a tutti il rapporto stretto tra il vino e Wolfgang Pauli.

De Broglie, dal canto suo, non se la sentì di proseguire nel discorso, e quindi cercò di spostare l'attenzione su altri aspetti che lo colpivano del suddetto Pauli.

«È impressionante la velocità con cui collega le teorie. Mi ha molto colpito la sua nuova trattazione del principio di esclusione, il numero di elettroni su ogni orbita è un argomento che vale la pena approfondire, porta enormi conseguenze, basti pensare agli elementi più pesanti...» aggiunse Compton, che già stava cercando una nuova strada da seguire, e gli studi di Pauli lo incuriosivano parecchio.

«È un giovane lunatico appassionato di ballo, tutto qui» tagliò corto con una certa cattiveria Elisa, che pareva pure lei conoscerlo bene, anche se non era affatto così. Lo aveva solo incontrato un paio di volte, e in entrambe le occasioni non le aveva concesso un briciolo d'attenzione, anzi l'aveva evitata. Lei, incredula, si era segnata questa mancanza di rispetto, e volle vendicarsi alla prima occasione.

Nessuno aggiunse altro, dopo questa sentenza fatta scendere dal cielo sul povero assente, Pauli, che magari proprio in quel momento se la stava spassando nel quartiere a luci rosse di Bruxelles, mentre tutti erano seduti a tavola a sorseggiare zuppa da un servizio di porcellana del valore inestimabile.

Nessuno, tranne Einstein, che si girò in direzione di Niels Bohr (e ad accompagnare la semplice rotazione del capo di Einstein verso destra, mentre con lo sguardo scavalcava i tre commensali che si frapponevano tra lui e il suo nemico giurato, esattamente in quell'attimo che pareva svolgersi al rallentatore, fu come se tutti avessero fatto in coro «ohhh», quasi a voler sostenere con un certo pathos l'annunciata accensione del fuoco, la nuova miccia che tutti si aspettavano, per un nuovo round tra i due) e disse a gran voce: «Dalla scuola di Copenaghen alla scuola della vita...» Poi si infilò una bella cucchiata di zuppa in bocca, lasciando intravedere una risatina dalla smorfia agli angoli degli occhi. Il tutto in una maniera molto provocatoria, naturalmente.

Niels Bohr, che fino a un attimo prima era alle prese con una discussione

accesa su un problema di non facile enunciazione riguardo all'irradiazione del corpo nero con il suo vicino Richardson, tacque di colpo. E dopo un secondo, l'argomento per tutti tornò a essere la fisica quantistica. E la teoria ortodossa nata tra le mura della scuola fondata da Niels Bohr a Copenaghen, dove un bel gruppo di giovani scalpitanti, tra cui appunto Wolfgang Pauli, si erano fatti le ossa al servizio del maestro.

Anche a metri di distanza, Einstein e Bohr si tenevano d'occhio tirandosi frecciate. Pareva che tutti fossero lì solo ad aspettare il momento in cui tra i due riesplodesse di nuovo uno dei loro teatrali litigi.

Ma una voce, preceduta da un colpo di tosse, si alzò sulle altre. Era quella di Max Born, uomo ipocondriaco e ansioso, che credeva sempre di avere tutte le malattie del pianeta, che tossiva per il solo gusto di farlo, che si misurava le pulsazioni per il solo fatto che così gli sembrava di tenere tutto sotto controllo, che faceva schioccare le dita per verificare che tutto funzionasse ancora. Un uomo molto interessante intellettualmente, e devoto alla moglie. Voleva costruire il più grande polo di studi della fisica del mondo, e così spendeva tutte le sue energie per la sua scuola di Gottinga, dove cercava di portare i più grandi scienziati, ma anche i più giovani talenti. È così che Max Born cercava di contrapporsi alla grande scuola di Copenaghen. È così che Max Born aveva fatto di tutto per avere tra i suoi aiutanti di laboratorio anche Wolfgang Pauli.

«Non credo proprio che si debba mettere sullo stesso piatto la vita privata delle persone con quella più strutturata e solida legata alla professione. L'articolo di Pauli sulla 'Teoria atomica dello stato solido' è un vero capolavoro. Come le ho scritto sei anni fa, caro Einstein, fa parte dell'enciclopedia della storia della fisica, ma non fa parte della storia in generale, perché quelle sono parole ancora vive, ancora in fase di studio per molti. Il peso di tutta la carta che ha usato era circa di dieci chili. Questo dovrebbe dare qualche indicazione anche del suo peso intellettuale» disse Born.

«Il tipetto non è solo intelligente, è anche industrioso. E questo è un bene per tutta la comunità scientifica, caro Born» rispose Einstein, e si infilò un altro pezzo di pane in bocca.

«Il giorno che finalmente accettò di venire a lavorare a Gottinga è stato uno dei più importanti per la mia scuola» disse Born riferendosi al trasferimento di qualche anno prima di Pauli nel suo laboratorio.

Anche Bragg, Compton e de Broglie presero parte alla discussione, tutti portarono nuovi dettagli scientifici, a impreziosire il racconto degli anni di Pauli a Gottinga. Il riferimento al possibile nuovo scontro tra Einstein e Bohr per il momento era stato accantonato. Nessuno cercava di alimentare il fuoco, dopo il pomeriggio difficile al Congresso.

«Certo che quell'11 dicembre di due anni fa passerà alla storia» disse William, con un forte accento inglese, e un'*allure* da uomo di gran classe che voleva chiudere la questione così, in maniera definitiva. Malgrado le sue guanciotte rosse volessero intendere ben altro. Bragg, inglese, aveva trentasette anni ed era soprannominato «il riflessivo».

La sola che, impertinente, non si trattenne e cercò di mettere il dito nella piaga, fu Elisa Solvay. «Mi dovete scusare, ma noto non poche scintille tra due persone sedute a questo tavolo...» disse, con una risatina del tutto fuori luogo.

Tra il silenzio degli astanti, e le teste chine sulla zuppa, risuonò un'altra voce, se possibile ancora più fuori dal coro, e si rivelò in tutto il suo splendido scollamento dalla realtà che lo circondava.

«Non ho ancora sentito parlare di come un buon cavallerizzo riesca sempre a trovare la strada più breve per raggiungere qualsiasi distanza. Ai miei tempi, in un ritrovo del genere, sicuramente qualcuno mi avrebbe fatto delle domande sulla monta, sul tipo di cavallo da usare, sulle decisioni da prendere sempre in accordo con il volere dell'animale» disse il capitano Mark Vancoubrogh, ringalluzzito dal buon bicchiere di Château St Pierre che si era scolato, ancora prima di iniziare la zuppa.

«Sì, Mark, ce lo racconti, per favore...» disse con animo buono Edmond Solvay, che prima di prendere la parola lanciò un'occhiataccia alla zia Elisa, facendole capire che no, certe osservazioni non erano affatto gradite.

Il belga Edmond Solvay aveva cinquantasette anni e dei bellissimi baffoni bianchi, curati, e sempre all'insù. Fece un plateale sì con la testa, in direzione del suo vicino di tavolo, Bragg, a cui bisognava dare atto che l'anno e il mese che aveva citato erano stati veramente importanti. E Edmond era uno che non lasciava nessun discorso aperto.

«Dovete sapere che negli anni Sessanta dell'Ottocento ero un giovane scattante e poliedrico. Amavo le sfide, amavo le corse a cavallo...» e la voce di Mark passò all'improvviso in sottofondo.

Abbiamo il tempo, con le parole di Mark che scorrono sotto come musica,

di ricordarla anche noi, quella data così importante.

L'11 dicembre 1925, la data che tutti al tavolo conoscono molto bene, è il giorno in cui venne festeggiato il cinquantesimo anniversario del dottorato di Hendrik Lorentz, in Olanda. Presidente per i primi cinque congressi, gestiva le fila intellettuali per i preparativi di ciascuno. Morirà poche settimane dopo quello del 1927. La cena dei fisici quantistici sarà uno degli ultimi appuntamenti conviviali a cui parteciperà. Era lui che mandava lettere, che contattava, che chiamava tutti costantemente. Era lui che sceglieva chi invitare e chi no. Una selezione che durava mesi di discussioni con la commissione, che cambiava di anno in anno, e con Solvay. Seppur anziano, Lorentz aveva una grande apertura mentale, e una freschezza di ragionamento che superava quello di tantissimi giovani scienziati. Era pronto al dialogo e a cambiare la propria visione del mondo, a seconda di chi ascoltava e di chi aveva davanti. Lorentz era un uomo che tutti avevano in grande stima, e le celebrazioni in Olanda erano state organizzate dall'Accademia delle Arti e delle Scienze Reali dei Paesi Bassi. Per onorare la grande dignità dello scienziato dalla lunga barba bianca venne creata la Medaglia Lorentz, una medaglia d'oro che doveva essere assegnata ogni quattro anni a un fisico teorico che si sarebbe contraddistinto per meriti e contributi importanti nelle discipline scientifiche.

Einstein e Bohr fecero il viaggio insieme, con Paul Ehrenfest a pochi passi di distanza, per andare a festeggiare il cinquantesimo anniversario del dottorato di Lorentz. Ma soltanto dalla stazione di Leida in avanti, in quel tratto di strada che li avrebbe condotti sul luogo delle celebrazioni. Bohr partiva da Copenaghen, Einstein da Berlino. Ma è la dinamica, all'apparenza semplice, con cui fecero questo tratto che va ricordata.

I due si incontrarono in stazione, e da lì proseguirono a piedi. Arrivò prima Bohr, e Ehrenfest lo accolse con un grande abbraccio, anche se non era certo tipo a cui piacesse il contatto fisico. Infatti rimase quasi impalato, in attesa che il saluto finisse prima possibile. Dovettero aspettare mezzora in stazione il treno di Einstein. Bohr rimase in sala d'aspetto, con Ehrenfest, che poi andò ad accogliere ai binari pure Einstein. Altro abbraccio, e altro ostile distacco pure di Einstein a questa abitudine. Neanche Einstein sopportava il contatto con le persone, e considerava l'abbraccio uno stupido rituale, di cui

poteva benissimo fare a meno. Altro non faceva se non trasmettere germi, pensava lui.

Ehrenfest era grande amico di entrambi, era un fisico austriaco molto intelligente, molto ironico, amava molto fare scherzi. Aveva una propensione particolare per i giochi di ruolo, per le imitazioni, e per qualsiasi tipo di diversivo catalogabile come divertente («divertente» per un fisico, s'intende).

Ehrenfest aveva il merito di aver portato avanti per tutta la vita le due amicizie più difficili da tenere insieme al mondo, con Einstein e con Bohr. Li frequentava separatamente, ma i due si stimavano e si controllavano a distanza. A loro si dedicava, scrivendo lettere, organizzando incontri, preparando feste e omaggiandoli appena era il caso. E trovava sempre un pretesto per farlo! Ehrenfest aveva tutte le ragioni per essere soddisfatto di se stesso, quel giorno di metà dicembre del 1925. Essere tra i due fisici più importanti del mondo era una formidabile conquista. Non era cosa da poco essere amico di due dei più influenti e ricercati fisici che la storia ricordi: e queste erano le parole che ripeteva pure a se stesso, come una specie di mantra.

I dettagli di quel viaggio nel sud dell'Olanda, Ehrenfest li racconterà nelle lettere agli altri fisici, da Max Born a Max Planck, a cui spifferava sempre tutti i suoi resoconti, appena aveva a che fare con Einstein e Bohr. Voleva far nascere un'amicizia tra loro, ma era chiaro pure a lui che i due avevano invece preso strade molto distanti, ideologicamente, ed era difficile farli andare d'accordo. Ben diversi erano i dialoghi che doveva gestire con ciascuno di loro. Ma Ehrenfest si adattava abilmente.

«Non credo che riuscirò a raccontare tutto quello che ho per la testa. C'è sempre così poco tempo...» disse Bohr a Ehrenfest nel tragitto dal binario alla sala d'aspetto, manifestando la sua ansia prima dell'incontro con Einstein.

«Non ti preoccupare, puoi sempre parlare più veloce. Solo così Einstein può seguirti senza cambiare discorso, lo sai...» rispose Ehrenfest per tranquillizzarlo.

«Non dovranno esserci intromissioni, è importante!» disse Bohr, la cui ansia stava raggiungendo toni drammatici.

«Non ce ne saranno... tranne quelle che provocherà Einstein. Lo sai bene che si ferma a parlare con chiunque...» ribadì Ehrenfest, sempre con tono calmo.

«Devo trovare il modo di fermarmi con lui, in maniera più appartata possibile...» disse Bohr, molto innervosito.

Fu così che Ehrenfest escogitò il suo piano: dovevano fare con più calma possibile il tragitto per arrivare al luogo delle celebrazioni da Lorentz, e così, dopo averli fatti incontrare in stazione, li avrebbe fatti avviare a piedi.

Ehrenfest ad Einstein, invece, si rivolgeva in ben altra maniera. Ecco cosa si dissero quando lo andò a prendere al binario.

«Dunque, tu stai dicendo che è possibile verificare la distanza della luna dalla Terra inviando dei segnali?» chiese Einstein a Ehrenfest, con la testa che viaggiava in ben altre direzioni, anche se l'ambiente circostante voleva un altro tipo di chiacchiera di circostanza.

«Sì, immaginiamo la luna come una palla. Se noi...» rispose Ehrenfest. E continuò in quel dialogo surreale, con una di quelle ipotesi che piacevano tanto a Einstein, e che desiderava fare in ogni momento di relax. Per lui il tempo non era mai perso. Un'attesa, una passeggiata, una coda per entrare in qualche posto, erano tutte possibilità per utilizzare il cervello in tutte le sue potenzialità. Inventare esperimenti mentali e situazioni paradossali era il suo forte. Amava passare il tempo così. E quando riusciva a farlo con un amico, per lui era il massimo. Al suo imminente incontro con Bohr, naturalmente, non pensava nemmeno.

Einstein venerava Lorentz, mentre Bohr era lì solo per il fatto che Ehrenfest gli aveva promesso la presenza di Einstein, visto che aveva una gran voglia di parlare dei nuovi sviluppi della teoria dei quanti su cui lavorava giorno e notte. Quando Bohr accettò il viaggio a Leida, Ehrenfest scrisse a Einstein: «Bohr è ora alle prese con i problemi dei quanta, e ha bisogno di parlare delle sue idee con voi, più di chiunque altro. È così importante per lui sapere fino a che punto avete incontrato le stesse difficoltà, difficoltà profonde, come quelle che lui soltanto conosce. Lo so che nessun uomo al mondo ha visto prima di voi il reale abisso che la teoria dei quanti crea, e che nessuno lo farà per molto tempo, ma voi due avete dei concetti così completamente opposti, così radicali e nuovi, che una maggiore unione fra voi sarebbe utile per tutto il mondo. Questi concetti hanno bisogno di voi, come tutti noi».

La fisica dei quanti nel 1925 stava mettendo a dura prova tante altre menti, poiché minava le fondamenta su cui si poggiavano i manuali di fisica classica, da Newton a Maxwell. Bohr e Einstein erano i soli che stavano

spaccando il pubblico degli specialisti su questi problemi. Erano due coraggiosi, ciascuno a proprio modo. Einstein era già una superstar, una celebrità internazionale, mentre Bohr, meno famoso, era uno scienziato ammirato in Danimarca. Il suo modo di fare era più schivo e riservato, sembrava portasse sempre sulle spalle il peso della vita, della sua famiglia, della società, e il peso di essere un leader per la sua nazione, dove era indiscutibilmente il più ammirato e ascoltato.

Quando a Einstein fu attribuito il premio Nobel nel 1921, era un cittadino svizzero, ma siccome c'era molto screzio tra svizzeri e tedeschi, questi ultimi non accettarono lo smacco, e quindi diffusero la notizia che un tedesco aveva vinto il Nobel. La stessa cosa fecero gli svizzeri. Einstein, in ogni caso, non fu mai particolarmente infastidito dalla grande confusione che si creava intorno a lui: finché tutti lo pagavano e lo omaggiavano, a lui andava bene.

Bohr non era assediato dai giornalisti che volevano sapere la sua opinione su questioni sociali, come il proibizionismo e la pena capitale (Bohr non era mai stato negli Stati Uniti), né era mai stato tormentato dai fotografi dei cinegiornali, con la richiesta di gettare il cappello in aria per la fotocamera, almeno una volta. Mai era stato circondato da belle ragazze che volevano a tutti i costi chiacchierare con lui. Ma Bohr preferiva la sua vita appartata, e difendeva con forza il proprio snobismo. Molti fisici in Europa parlavano male di Einstein, proprio per il fatto che godeva appieno della sua fama, e c'era pure chi lo disprezzava per il suo indulgere in atteggiamenti che assecondavano il grande pubblico. Una delle discussioni più in voga tra gli scienziati era proprio questa. E su questo cadranno anche le discussioni dei fisici presenti alla nostra cena a Bruxelles.

I due fisici, dalla stazione di Leida si stavano avviando a piedi verso l'istituto che avrebbe commemorato Lorentz. Camminavano a passo molto lento, quasi a voler assaporare ogni istante di quell'incontro, ogni parola, ogni sospiro. Ehrenfest stava pochi passi più indietro.

In quell'occasione scoppiò il primo vero scontro tra i due. Ed Ehrenfest era lì con le orecchie tese, pronto a raccontare tutto via posta ordinaria agli altri fisici del mondo.

«Ma quante storie per una sciocchezza del genere! Bohr, lei mi delude... come può pensare agli elettroni come a dei proiettili, non sia così retrogrado... non si addice alla sua mente!» disse Einstein, rimettendosi le mani dentro le tasche dei pantaloni che evidentemente erano di due taglie più

grandi.

«Herr Einstein, faccia il serio... qui si tratta di riscrivere la storia della fisica!» replicò cupo Bohr, che di certo non sopportava l'aspetto ridanciano e perditempo di Einstein.

La leggerezza con cui Einstein trattava ogni cosa infastidiva parecchio Bohr. Soprattutto se l'argomento era la teoria dei quanti. Due uomini tanto diversi, tanto lontani, che mai troveranno un'intesa su niente. Basta guardare le loro vite.

Niels Bohr era l'uomo ossessionato, ma anche il fratello buono. Per la comunità dei fisici era il fuoriclasse assoluto, il campione degli studi atomici, il *craque* dell'infinitamente piccolo. E Bohr rappresentava per Einstein l'uomo a cui contrapporsi: aveva grande stima intellettuale di lui, per questo era uno stimolo, per cercare sempre il modo di contraddire le sue idee.

Bohr aveva un carattere molto particolare, non sopportava le teorie diverse dalle sue, voleva convincere tutti di quello in cui credeva e studiava. Era un estremista della diffusione del pensiero. Nella sua vita, Bohr aveva avuto anche un'altra passione: lo sport. Amava arrampicare in montagna, fare lunghe camminate su sentieri rocciosi o di ghiaccio, e giocare a calcio. Niels Bohr era un calciatore, come il fratello Harald, ma dilettante, e giocò come portiere in una delle squadre di Copenaghen. Non venne considerato adatto per vestire la maglia della nazionale danese perché, si narra, in un incontro amichevole tra il suo club e una rappresentativa tedesca, mentre sugli spalti lo sguardo vigile di un osservatore della nazionale assisteva alla partita, subì così tanti gol che dovettero interrompere la partita. Alla fine, quando qualcuno andò a intervistarlo sulla deludente prestazione in campo, lui rispose che era distratto, e ammise placidamente che era «alle prese con un problema matematico che coinvolgeva le grandezze fisiche pensate come uomini di una squadra di calcio, sia sotto forma di urti tra particelle, sia sotto forma di propagazione di un segnale luminoso».

La scuola di Copenaghen aveva un'idea precisa sulla fisica quantistica, basata sul concetto di probabilità, che Einstein non volle mai appoggiare.

Albert Einstein, il lupo solitario. La parte più intrigante della sua vita (secondo me) avviene alla fine. Da quando lascerà il ritrovo dei fisici a Bruxelles, quel weekend di fine ottobre del 1927. Einstein se ne andrà da sconfitto, perché nella guerra intellettuale con Niels Bohr sarà lui a perdere.

Quando Hitler salirà al potere nel 1933, Einstein si troverà all'università di

Princeton con una cattedra; verrà promulgata in Germania la legge per la quale tutti i professori universitari ebrei saranno licenziati. Einstein era tedesco di famiglia ebrea. Nel '44, a Rignano sull'Arno, la moglie e le figlie di suo cugino verranno uccise come rappresaglia contro di lui dalle SS. L'anno dopo il cugino si suiciderà. La strage colpirà così tanto Einstein che rinuncerà alla cittadinanza tedesca per quella statunitense, decidendo di non rientrare mai più in Europa. Ma cosa farà Einstein negli ultimi anni di vita? Quello che fanno oggi i fisici. Cercherà di unificare tutte le forze. Solo la gravità nessuno la capirà bene (come oggi, d'altra parte), e Einstein la voleva unificare sotto le stesse regole dell'elettromagnetismo. Per lo studio e unificazione delle altre due forze, la nucleare debole e nucleare forte, sarà Enrico Fermi a sviluppare una teoria negli anni Trenta. L'FBI raccoglierà un fascicolo di 1500 pagine sulla sua attività: scriveranno che Einstein crede, consiglia, difende o insegna una dottrina ritenuta «capace di permettere all'anarchia di progredire indisturbata». Si leggerà anche che Einstein «è membro, sostenitore o affiliato a 34 movimenti comunisti». Einstein sarà sempre un grande seguace di Gandhi, appoggerà tutti i movimenti pacifisti.

Einstein non credette mai negli aspetti strettamente religiosi dell'ebraismo, ma si considerò ebreo da un punto di vista culturale. Rifiutò sempre l'idea di un Dio personale, ritenendola una forma di antropomorfismo.

«La parola Dio non è niente di più che un'espressione e un prodotto dell'umana debolezza, e la Bibbia è una collezione di onorevoli ma primitive leggende, piuttosto infantili. Per me la religione ebraica, come tutte le altre, è un'incarnazione delle superstizioni più puerili» scriverà in una lettera a Lorentz. Credeva però nel mistero. «Non riesco né voglio concepire un individuo che sopravviva alla propria morte fisica; lasciamo ai deboli di spirito, animati dal timore o da un assurdo egocentrismo, il conforto di simili pensieri» scriverà in una lettera a Ehrenfest. Einstein, fin da ragazzo, suona il violino. La musica costituirà sempre una sorta di riposo intellettuale per lui, era convinto infatti che anche così il cervello restasse sempre «al lavoro». Einstein era un grande sostenitore dell'ozio, del riposo. Si racconta che un giorno un ospite si fosse scusato con lui per averlo fatto attendere sotto un ponte a Praga, ma Einstein gli rispose: «Non si preoccupi, non ho perduto il mio tempo, stavo lavorando».

Einstein avrà sempre orrore per qualsiasi imposizione. Anche sui vestiti non sopporterà mai l'omologazione. Porterà sempre un maglione, un paio di

pantaloni sgualciti, e un paio di sandali. Si presenterà ai convegni con i pantaloni sformati, e senza calze. Mai si capaciterà di quanto gli altri davano importanza a simili dettagli, che lui considerava sciocchezze.

Niels Bohr, invece, era un danese. E questo aveva un grandissimo peso per lui. Suo fratello Harald fu sempre il figlio prediletto in famiglia, nonostante ricoprì la carica meno prestigiosa di professore di matematica al Politecnico di Copenaghen. Però, con lui Niels Bohr ebbe il primo grande scontro intellettuale e fisico, e con lui competeva fin dalla tenera età.

Nel 1916 Bohr venne nominato professore all'Università di Copenaghen dal re danese, ma non aveva ancora un laboratorio per gli esperimenti, solo un minuscolo ufficio nel sottoscala della scuola. L'anno successivo Bohr riuscì a dare la spinta per finanziare e costruire il suo istituto per la fisica teorica, che vide la luce solo nella primavera del 1921. Durante la costruzione, Bohr lavorò a stretto contatto con l'architetto, disegnando con lui ogni stanza e ogni dettaglio dell'edificio. Avere Bohr di fianco poteva spingere chiunque alla pazzia.

Bohr era attento a ogni particolare, non ci dormiva la notte, e il giorno seguente arrivava con nuove proposte e idee. Aveva le illuminazioni la mattina all'alba, nonostante passasse spesso la notte in bianco. Aveva un approccio scientifico a ogni argomento della vita, che si trattasse di costruire un muro o risolvere un teorema scientifico. Era puntiglioso nel trovare le soluzioni. Si prendeva sempre tutto il tempo che gli serviva, tanto da arrivare sempre tardi con la stesura definitiva, e spesso arrivava ai convegni con la versione precedente, perché il ritardo accumulato all'ultimo non gli consentiva la stesura ultima delle sue relazioni.

Soffriva d'asma, e quindi spesso si concedeva lunghi soggiorni in montagna, nella sua casa isolata dal mondo e dai pollini della città. Non era superstizioso, ma quella casa aveva sulla porta uno zoccolo di cavallo. E alla domanda sul perché lo tenesse lì, che gli fece una volta Max Born, la sua risposta fu: «Non credo nella superstizione, ma mi hanno detto che a volte funziona anche per quelli che non ci credono».

Niels Bohr era un uomo sempre in affanno, costantemente oberato di lavoro: cercava di stare dietro ai nuovi sviluppi della fisica quantistica e voleva capire tutto prima degli altri. Era ossessionato dalla fisica quantistica, e doveva trovare una soluzione, quasi per il bene dell'umanità. Si racconta che una volta aveva deciso finalmente di prendersi una segretaria, ma

siccome il suo ufficio era già in condivisione con il fisico Kramers, e non c'era spazio per una terza scrivania, decise di farla lavorare da casa. Doveva andarlo a trovare solo una volta alla settimana per comunicazioni urgenti. Altrimenti, faceva tutto da solo.

La scuola di Copenaghen era un edificio a tre piani, con il tetto di tegole rosse, l'affaccio sul parco e una grande sala conferenze con quattrocento posti a sedere. Al secondo piano c'era un'enorme biblioteca. Gli uffici erano molto piccoli, il laboratorio prendeva quasi tutto lo spazio. L'ultimo piano, invece, era la casa di famiglia, e Bohr ci andò ad abitare con la moglie Margareth e i loro tre figli. Si trasferì lì, per stare più vicino possibile al posto di lavoro (certo, più vicino di così era impossibile!).

Nel 1905 Einstein sollevò il problema dell'effetto fotoelettrico, ampliando poi la teoria nel 1909, ma pochi nella comunità scientifica gli diedero attenzione. Soprattutto perché c'era la guerra, e tutti erano occupati a salvare il proprio lavoro, e il proprio paese. Nel suo studio sui quanti di luce, Einstein raccontò a tutti per la prima volta il problema della loro trasmissione, sia come onde nello stagno, sia come una palla che rimbalza. Questa trattazione sconvolse tutti. E quando Bohr ascoltò da lui questo nuovo filone che la fisica poteva seguire, decise di opporsi alla questione, rifiutò da subito l'idea astratta dell'esistenza dei quanti. Per un lungo periodo di tempo (lungo? a seconda dei punti di vista!), dal 1911 al 1915, Einstein accantonò il problema dei quanti di luce, per concludere il suo lavoro sulla teoria della relatività, ma mai riuscì ad abbandonarlo completamente. Per lui, la fisica quantistica fu sempre più importante di tutto, e più difficile della relatività stessa (anche se in pochi lo sanno). Nel 1916 Einstein tornò a lavorare sulla teoria dei quanti, aveva una conoscenza in più grazie allo studio di Boltzmann sulle molecole di gas, e alla grande intuizione di Planck sulle onde elettromagnetiche. Mentre Bohr, naturalmente, continuava a opporsi.

Bohr detestava la quantizzazione, perché violava la continuità, che era la base solida su cui si poggiava la fisica classica. L'atomo di Bohr era quantizzato, ma solo per gli elettroni, che potevano stare solo su certe orbite consentite. Poi arrivò Pauli, che parlò di un numero limitato di elettroni per ogni orbita, e finalmente Bohr si convinse di dover accettare i salti di energia. Così il mondo microscopico venne sconvolto. Bohr decise di riscrivere tutto, e si dedicò anima a corpo alla nuova trattazione su questa nuova visione dell'atomo, e l'infinitamente piccolo era proprio il suo mondo.

In questo clima stava avvenendo la passeggiata di Einstein e Bohr dalla stazione di Leida fino al centro studi dove sarebbero avvenute le celebrazioni del cinquantesimo anniversario del dottorato di Lorentz. I due ancora non avevano le idee ben chiare sulla teoria dei quanti. Ma sicuramente avevano ben chiaro in testa chi era il nemico. Einstein si faceva forte dei risultati sperimentali ottenuti dai fisici tedeschi, che confutarono la teoria BKS (dai nomi di chi l'ha proposta: Bohr, Kramers, Slater) e ne trovarono gli errori più gravi. E con quelli attaccava il suo amico.

Dopo un primo tratto di strada a piedi, i due presero il tram. Einstein non aveva voglia di camminare, e il passo dell'amico era troppo lesto per lui. L'evento, che all'apparenza poteva sembrare normale e pure noioso per due persone normali che si incontrano in un paese straniero, per loro non lo era affatto. Con Ehrenfest sempre due passi indietro, i due iniziarono a discutere, a confrontarsi, al punto che non si accorsero del tragitto che il tram stava percorrendo, anche perché non conoscevano la strada. E fu così che il tram non solo li portò a destinazione, ma li riportò anche indietro, e poi di nuovo a destinazione, e poi di nuovo indietro, per ben tre volte.

«Abbiamo preso il tram e parlato così animatamente di teoria dei quanti che non ci siamo accorti del tempo che passava. Siamo andati oltre la nostra fermata. Così il tram ci ha portati indietro, e non siamo scesi, abbiamo proseguito di nuovo sullo stesso tragitto, e poi siamo tornati ancora al punto di partenza, siamo scesi, e lo abbiamo fatto di nuovo. Non riesco a ricordare quante fermate in più abbiamo fatto, ma sicuramente più di quanto lavorasse su quel tragitto un autista in una giornata media di lavoro. Non mi importa quello che la gente abbia pensato di noi». Così Niels Bohr racconterà quell'incontro con Albert Einstein a Leida.

E i due uomini avevano ancora molto da dirsi, anche se differivano nel loro approccio su ogni problema di fisica. Il mondo quantizzato di uno non si addiceva a quello empirico dell'altro. Ma la disputa era solo tra loro due, in privato. L'incontro pubblico doveva ancora avvenire.

Alla commemorazione di Lorentz arrivarono anche Max Born e Wolfgang Pauli. Pauli aveva offerto alla comunità scientifica un nuovo punto di vista. Si presentò a Leida con il chiaro intento di chiedere direttamente a Einstein e a Bohr che cosa pensassero della sua idea. Si trattava dello spin degli elettroni. Non si dava pace, doveva avere un commento su questo argomento così nuovo, e così complicato.

Appena Bohr ascoltò la trattazione di Pauli, molto più rapido di Einstein, se ne appropriò subito. Anche perché aveva avuto la fortuna di conoscere il talento di Pauli pochi mesi prima, quando era andato a fargli visita a Copenaghen. Sapeva bene di quale intuito era dotato il giovane scienziato austriaco. Così si mise in tasca il nuovo concetto, e lo utilizzò per una nuova spiegazione della struttura atomica. E, naturalmente, la quantizzazione, di cui ormai non poteva fare a meno. Ma la matematica alla base di quel concetto era materia troppo complicata per Bohr, soltanto Pauli poteva approfondirla. Bohr aveva sentito parlare di Pauli anche per questo aspetto. Era riuscito a riprodurre la serie di Balmer dell'idrogeno (un argomento tabù per molti), e questo faceva di lui un fuoriclasse. Ma il commento di Bohr sullo spin fu alquanto diverso. Bohr, pubblicamente, disse: «Interessante, ma potrebbe comunque sembrare tutto senza senso». Ed era alla presenza di Pauli, Ehrenfest e Max Born. Einstein, invece, aveva già catalogato tutta la trattazione come una questione relativistica, e sembrò non interessarsene in un primo momento.

Quell'11 dicembre 1925 a Leida arrivarono in tanti. C'erano Marie Curie, Ernest Rutherford, Arthur Eddington e i sovrani dei Paesi Bassi. Le celebrazioni ebbero inizio. La festa proseguì con la leggerezza richiesta in queste occasioni, senza altri colpi di scena. Le discussioni tra i due vennero accantonate. E Pauli lasciò il paese, prima ancora che tutto fosse finito. Il suo cinismo lo aveva portato fin lì soltanto per avere un commento da Bohr e Einstein, e nient'altro poteva interessargli. Nemmeno una giornata di svago all'aria aperta. Ripartì lasciando il gruppo che stava ancora alzando i calici. La scena che dovete immaginare è proprio questa: un uomo con le mani in tasca, che abbandona sul più bello i festeggiamenti, la testa china e lo sguardo basso.

Poi Einstein e Bohr si salutarono.

Einstein doveva tornare a Berlino, perché il giorno seguente avrebbe dovuto tenere una lezione, così partì in treno.

Bohr, invece, si trattenne a Leida per una notte. Rimase sempre con Ehrenfest. E da lui si fece consolare. Per tutta la durata della cena, Bohr tenne un blocco di appunti accanto al piatto. Si mise a scrivere sui suoi fogli la trascrizione completa delle discussioni avute con Einstein. Ansioso com'era,

aveva paura di perdersi qualche concetto. Corredò anche il tutto con dei disegni, e la riproduzione del luogo esatto dove Einstein aveva detto questa o quell'altra frase. In modo che la memoria fotografica potesse andargli incontro anche più avanti, quando avrebbe dovuto ripensare all'accaduto. Se non fosse stato per Ehrenfest, Bohr non avrebbe mangiato, bevuto e dormito.

Ma torniamo alla cena. Avevamo lasciato i nostri commensali alla prima portata. E al ricordo di quel giorno di metà dicembre.

«Se non ci fosse stato quell'11 dicembre, molti non avrebbero capito l'importanza dello spin» disse Bragg. Si assicurò poi che l'acqua nel bicchiere non superasse la metà, si chinò con la testa parallela al tavolo per controllare meglio. Aveva questo vezzo, una specie di fissa. Fermava il cameriere bloccandogli il braccio, se esagerava. Oppure si affrettava a berne quel tanto che permettesse di mantenere la linea della metà libera. Naturalmente non c'è un motivo preciso per questo comportamento. Ma faremo presto l'abitudine a certe manie dei nostri fisici.

«Ogni momento che non passo su questo argomento, mi sembra tempo perso, capita anche a voi, signori? Eppure mi ci dedico con estrema dedizione, eppure cado continuamente in questo paradosso...» disse Compton, che fece rimbalzare la discussione così nella parte alta del tavolo.

«Lo spin, la rotazione, il principio di esclusione di Pauli, sono passati neanche due anni, e la rivoluzione intorno a questi concetti è stata clamorosa...» disse Lorentz, lusingato dal ricordo di quell'avvenimento.

«E rivoluzione è proprio la parola giusta!» disse Einstein ridendo.

«So per certo che il mio grande allievo de Broglie nei prossimi anni vi darà del filo da torcere...» disse Langevin, con uno sguardo di sfida a de Broglie, che dovette quindi rispondere.

«Sicuramente...» disse lui, e si portò alla bocca il bicchiere, così da non dover dire altro.

«Qualcosa che orbita, è qualcosa che sta cadendo con stile!» disse Einstein, intento a chiudere in frasi ermetiche i concetti più complicati, e facilitarne la comprensione anche alle donne presenti. A cui certo si rivolgeva sempre con sguardi ammiccanti. Lo faceva con tutte, tranne che con Marie Curie, naturalmente.

«Cosa intende, caro Einstein?» chiese la regina. Elisabetta aveva

cinquantun anni, ed era la più elegante: indossava un vestito bianco di seta, tulle e ricami a più strati; chiuso sul davanti, con piccoli gancetti laterali, e irrigidito da stecche lungo la schiena. Era la nipote dell'imperatrice Elisabetta d'Austria, la celebre Sissi.

«La gravità è una brutta bestia, cara regina... Le mostro cosa intendo dire» rispose Einstein. Bevve la poca acqua rimasta nel bicchiere, si alzò, prese dal mazzo di fiori al centro del tavolo una margherita, la inserì nel bicchiere vuoto, lo capovolse e allo stesso tempo iniziò a farlo girare con un movimento del polso in senso orario, per fargli compiere una circonferenza larga più o meno quanto il piatto.

«Vede?» chiese in maniera molto teatrale, stando sempre in piedi. «La margherita non cade nel piatto... eppure la forza di gravità la vorrebbe far cadere... La margherita resta in equilibrio tra la forza centrifuga che la spinge verso una tangente che parte dal bordo del bicchiere e appunto la forza di gravità... Per questo motivo ho detto... un oggetto che orbita è semplicemente un oggetto che sta cadendo con stile... prima o poi cadrà» concluse sedendosi.

Il cameriere arrivò lesto a cambiargli il bicchiere dell'acqua, ma lui rifiutò, e chiese di utilizzare sempre quello. Glielo riempirono, e lui bevve.

«Ogni volta che ci mettiamo dei limiti, questi vengono superati. Si riesce sempre a trovare qualcosa di alternativo per superarli...» disse de Broglie, accogliendo l'intervento di Einstein come una salvezza per averlo tolto dall'imbarazzo in cui lo aveva infilato Langevin poco prima.

«La fisica classica era molto accogliente, però...» disse Lorentz, cercando di fare il simpatico.

«Ma la parola accogliente non è sul percorso che noi stiamo tracciando, caro Lorentz... Noi siamo i precursori di una strada che altri, a un bivio, decisero di non prendere, mi sembra chiaro» rispose Einstein, alzando la posta in gioco.

«La fisica quantistica non è rassicurante. La matematica che c'è dietro è tutt'altro che semplice. Gli esercizi, per dire, non vengono quasi mai agli studenti...» disse de Broglie, che ormai ci aveva preso gusto nella discussione.

La cosa buffa è che a volte i presenti parlavano ad alta voce per farsi sentire dall'altra parte del tavolo: le frasi venivano lanciate nella speranza che qualcuno le intercettasse, ma senza prendere la mira con precisione. Come

nel caso di questa discussione, avvenuta fra tre persone sedute allo stesso lato del tavolo. I tre parlavano per tutti, ma allo stesso tempo per nessuno, e tenevano lo sguardo sul piatto, o al massimo su un punto fisso lontano. Erano i loro pensieri a essere verbalizzati. Questa è una caratteristica dei fisici, che impareremo a conoscere nel corso della cena. Non è niente rispetto ad altre bizzarrie che ci mostreranno nel prosieguo.

Diamo un rapido sguardo a come stavano mangiando i nostri fisici, perché anche questo è interessante.

Abbiamo già visto le manie di Compton e di Max Born sulle posate, e quella di Bragg sul bicchiere d'acqua. Per lui l'acqua nel bicchiere era una metafora della vita: doveva esserci sempre la possibilità di aggiungere altra acqua, ossia compiere nuove azioni.

Non era il solo, Niels Bohr, ad avere comportamenti strani, ansiosi, ripetitivi. Mangiare per Bohr era utile solo per dare energia al cervello. A fatica riusciva a scegliere tra le varie portate. Anzi, se c'era troppa scelta, appunto, non sceglieva. Aveva inoltre l'abitudine di disporre le posate nel piatto, quando non venivano usate, a formare un triangolo isoscele, con il lato del tavolo più vicino al corpo come base. Gli piaceva l'idea di calcolare l'area all'interno. Il bicchiere dell'acqua, inoltre, doveva stare sempre ben vicino al piatto. Giocava spesso con le molliche di pane, costruendo i vagoni di un treno che faceva correre sui binari disegnati sulla tovaglia con la punta del coltello.

La mania dei treni era molto diffusa tra i fisici. Anche Einstein amava i treni, il loro rumore, il loro odore. Avrebbe passato la vita sui treni. Anche Richardson e de Broglie li adoravano. I treni rappresentavano il sogno di libertà da bambini. Il treno, con la sua forma squadrata e regolare, per loro era un simbolo di certezza, di regolarità; dava un senso di pace e tranquillità alle loro menti, in un mondo che non era né tranquillo né pacifico. Piaceva loro fin da quando erano bambini. E a maggior ragione da grandi (i fisici sono dei bambini!).

Einstein era un buongustaio, gli piaceva la cucina casalinga. Amava provare sempre nuovi piatti, e aveva una sua personalissima classifica mentale sui più

buoni, che aggiornava di giorno in giorno. Mangiava molto pane, e spesso lo sputacchiava per riuscire a parlare e mangiarlo allo stesso tempo. Gli piaceva far tintinnare i bicchieri con il coltello. Era un rituale festoso, che faceva spesso a fine pasto. Amava disporre nel piatto i cibi a seconda del colore, partendo da quello più chiaro a quello più scuro. A volte riusciva a ottenere l'intero spettro del visibile, nella giusta sequenza.

Richardson invece aveva in odio il colore marrone nel piatto. Non sopportava le verdure che diventavano di quel colore, o la carne. Preferiva il pesce, ma non lo sapeva pulire. Spesso chiedeva di mangiare nei ristoranti dove il pesce veniva servito già pulito. Era allergico alle arance e ai pomodori, al punto che se il suo vicino di tavolo li mangiava doveva allontanarsi.

De Broglie invece era un grande amante della cucina francese, ma detestava i formaggi. Non era allergico, semplicemente non gli piacevano. Preferiva giocarci: modellava i formaggi a forma di uomo o di donna, li vestiva, li plasmava con le mani o con il coltello. A volte con il formaggio costruiva dei fischietti, che gli ricordavano quelli dei capistazione. La passione per i treni sconfinava davvero nell'irrazionalità.

A confronto, le manie di Langmuir e Langevin a tavola erano cosa da poco. Ormai da più di trent'anni, l'americano aveva l'abitudine di farsi dei panini a più strati. Metteva, dall'alto al basso e sempre nello stesso ordine, una foglia di lattuga, una fetta di pomodoro, una di roast beef, una di cetriolo, una di emmenthal, una foglia di indivia, e una spruzzata di limone alla fine. E si racconta che, quando al ristorante ordinava questo panino, l'unico che mangiava, chiedeva esattamente quest'ordine. Una volta si accorse che il cetriolo e l'emmenthal erano invertiti, e così fece portare via il piatto e cambiò ristorante. Langevin, invece, era più malleabile nell'ordine degli ingredienti nel panino, ma non sopportava il rumore di chi mangiava vicino a lui. Non doveva sentire nessun tipo di rumore proveniente dalla bocca di altri commensali, altrimenti si infastidiva parecchio, e faceva di tutto per farlo smettere.

Tutto sommato, Marie Curie e Lorentz erano quelli meno ingegnosi a tavola. Marie alzava tre volte la forchetta e la riabbassava, prima di metterla alla bocca per assaggiare un piatto. Era l'unico modo per non scottarsi. Lorentz invece aveva solo una fissazione: annusare prima di portare alla bocca una forchettata o una cucchiata. In questo clima, in questo disordine,

si stava svolgendo la cena dei fisici quantistici quella sera. Un disordine che i fisici avrebbero catalogato semplicemente come «entropia».

Seconda portata «LA COMBUSTIONE DEGLI ASSENTI»

Filets De Sole à la Royale
Haut Sauternes del 1916

Louis de Broglie era appoggiato allo schienale della sedia, il tovagliolo sulle gambe, i gemelli ai polsi che brillavano e richiamavano lo splendore delle posate sul tavolo. Non aveva nulla con cui giocare, e quindi si annoiava. Un pezzo di formaggio da modellare sarebbe stato il compagno di giochi ideale, ma si trattenne dal chiederlo ai camerieri, che proprio in quel momento stavano per arrivare con altri vassoi, per il secondo giro di portate. Dal centro del tavolo, dietro il re, arrivò l'annuncio solenne: «*Filets De Sole à la Royale*».

Arrivò subito un altro inserviente, vicino a ogni commensale, che versò del vino, e con una voce bassa suggerì il nome: «Haut Sauternes del 1916».

«Non si può dire che per la fisica fosse un'ottima annata, quella...» esclamò de Broglie mettendosi ritto sulla sedia, pensando di aver fatto una battuta a cui tutti avrebbero riso. Cosa che invece non avvenne affatto. Il gelo calò sulla sua faccia, ma lui non si preoccupò più di tanto. Alle gaffe i fisici sono abituati, dato che sono molto diretti nell'esprimere i loro pensieri. Se poi sono presenti altri fisici, questi certo non si preoccupano delle gaffe. Diciamo che non sono persone che vanno incontro agli altri, per amor di conversazione. Anzi, diciamo che è proprio uno stato d'animo che non conoscono affatto. Più che altro fanno il contrario.

«Del 1916 ricordo ogni mese, ogni giorno, ogni mattina e ogni notte...» disse senza esitazione Elisa. Seguì il primo singhiozzo di Mark, che era già

intento a sorseggiare il nuovo calice (del primo vino ne aveva bevuti già due), prima di tutti di altri, e ad aggiungere che sì, «era un'annata ottima per i vini, certamente!» Era chiaro a tutti che Mark non pensava ad altro quella sera. Max Born, invece, fece schioccare le dita delle mani, ed emise un sonoro colpo di tosse, così, per noia.

Louis de Broglie, durante quella cena, aveva un debole per un invitato in particolare, lo guardava con molta attenzione, e cercava di rubarne frasi e concetti.

Si trattava dello storico del gruppo, Georges Lefebvre, il francese di Lilla, il professore che insegnava storia della Rivoluzione francese. Il motivo di quell'attenzione verso il professore sta nel fatto che il giovane aristocratico Louis aveva perso la testa qualche anno prima per una donna. Era una donna molto sicura di sé, autoritaria e ribelle, che gli aveva fatto perdere ogni tipo di lucidità: la donna fu decapitata in piazza, ghigliottinata proprio per i suoi istinti rivoluzionari, e le sue frequentazioni. Da allora il giovane Louis non smise mai di studiare (nei ritagli di tempo che gli lasciava la fisica, naturalmente) quel grande avvenimento che sconvolse il suo paese, che lo cambiò per sempre, e che creò un fervore politico come mai prima in Francia. Per questo motivo, tutto ciò che diceva Lefebvre era per lui motivo di grande suggestione, e curiosità assoluta. Ma i metri che lo separavano da lui erano veramente tanti. Allo stesso tempo mal sopportava l'idea di non partecipare alle altre discussioni dei fisici che lo circondavano, e così decise solo di gettargli di tanto in tanto un'occhiata, per rubare qualche frase qua e là.

Aletta e Marion, invece, parlavano con gran gusto. Quasi dirimpettaie, e già quasi amiche. Si erano trovate d'accordo sui lavori a maglia, che amavano fare nei lunghi pomeriggi passati a casa, e si erano trovate d'accordo anche su alcuni manicaretti che cucinavano nelle domeniche di festa. Gli inviti reciproci, nelle rispettive dimore, partirono subito.

«La zuppa che ci hanno servito come prima portata era molto interessante... la cipolla si scioglieva in bocca, per non parlare dei funghi, un equilibrio perfetto...» disse una.

«Sì, e il pollo non è certo facile da accompagnare...» rispose l'altra.

«E che dire di questa alternanza con la sogliola...» disse una.

«Difficile, ardua come decisione... ma si può dire che sono riusciti a rinfrescare il sapore di entrambe le portate, in questa maniera...» intervenne l'altra.

Una, Aletta, era la moglie di Lorentz, l'altra, Marion, era la moglie di Langmuir, e malgrado l'età anagrafica le separasse di una generazione, le loro idee – sotto gli occhi compiaciuti dei rispettivi mariti – erano molto simili. Anche in fatto di politica, e pure su certe questioni di attualità che riguardavano opere di volontariato e solidarietà.

I fisici, quando erano circondati da altre persone, si davano del lei. Se si trovavano a discutere *tête-à-tête*, allora no, il tu era preferibile. Una delle cose che li accomunava tutti, come abbiamo già detto, era la passione per il treno, e quindi molto spesso si davano appuntamento in stazione, o direttamente sulle carrozze, per fare viaggi insieme. Le discussioni che avvenivano sui treni avevano qualcosa di speciale. Era come se le loro menti viaggiassero più velocemente: sommando quella del treno e quella della testa, si otteneva una velocità maggiore della somma matematica delle due. In treno si potevano condurre moltissimi esperimenti, non soltanto per il moto relativo delle carrozze rispetto alla terra, ma anche per il movimento che avveniva in ogni scompartimento. In treno fisica classica e relatività trovavano ampio terreno di gioco. I fisici, inoltre, erano perfettamente sincronizzati su cambi d'argomento vorticosi, che altri non riuscivano a seguire. Per il resto, nella vita pratica di tutti i giorni, erano abbastanza inetti. Non erano bravi a svolgere le questioni burocratiche, dimenticavano le ricorrenze, non sapevano mai cosa mancava in dispensa e non trovavano le chiavi di casa. Avevano, inoltre, uno spiccato senso degli odori e del gusto. Infine, per loro, la componente del gioco era una questione di vita o di morte. Se non riuscivano a giocare con qualcosa, oggetti, pensieri, storie, per loro era come morire.

Durante la degustazione della seconda portata, Lorentz, il più vecchio (e che ormai, vista l'età, aveva imparato a nascondere i tic e le manie, sicuramente più degli altri) intratteneva la regina Elisabetta con molto garbo, anche se lei era più attratta dall'eloquio di Einstein, che non sempre però le rivolgeva direttamente la parola, dovendo dividere le sue osservazioni pure con la persona che aveva di fronte e che considerava la più grande scienziata di tutti i tempi, Marie Curie.

Marie Curie non era certo più la donna seducente e passionale di un tempo. Preferiva discorrere solo di fisica, e solo di questioni inerenti i suoi studi scientifici. Einstein, che certo non si sottraeva a nessun argomento, non solo assecondava i suoi desideri, ma alzava la posta in gioco, facendo parlare lei, sia delle sue lezioni alla Sorbona, sia del suo approccio allo studio e alla

ricerca, e anche alle tecniche di isolamento del radio e del polonio.

«Non c'è motivo che lei mi neghi il suo racconto dettagliato sulle influenze che ha avuto nello scrivere la teoria della relatività, caro Einstein, ormai sono preparata, visto il gran numero di lettere che ci scriviamo» disse la regina, volendo garantirsi su tutti quell'assoluto privilegio.

«Non c'è altra spiegazione, se non quella che, guardandola mentre parlo, sono invece io che vorrei ascoltare lei» rispose Einstein, con aria da grande seduttore.

In cima al tavolo le discussioni sull'utilità della Rivoluzione francese per un nuovo fermento culturale si animavano, alimentate dalla curiosità di Niels Bohr, con quei suoi occhi vispi, e dalle domande di Pierre Nolf, dai folti baffi neri, a cui si aggiunse pure Richardson, le cui mani erano decisamente grandi, le più grandi di quelle al tavolo. Ma poco distante un nuovo racconto stava prendendo piede: sembrava una confidenza. O meglio, un pettegolezzo. L'americano e il francese parlavano a bassa voce.

«Non ha aperto mai bocca, con tutta onestà: è stato impressionante» sussurrò Langmuir, che all'epoca aveva quarantasei anni. Dall'atteggiamento «serioso», nascondeva tra i piedi il bastone che lo sorreggeva quando camminava.

«Due giorni senza parlare, non mi sembra quasi possibile. Era diventato tutto così surreale, *mon dieu!*» disse Langevin. Paul Langevin, il francese, molto *charmant*, aveva cinquantacinque anni, e in una discussione a due il suo sguardo avrebbe ipnotizzato qualunque interlocutore.

«Sì, e a sentirlo così ciarliero adesso, non sembra nemmeno lui...» rispose Langmuir.

I due si riferivano al silenzio di Einstein dopo lo scontro con Bohr, durato da mercoledì pomeriggio fino a venerdì pomeriggio.

«Poi, però, quando ha preso la parola, l'ha presa in quella maniera così teatrale, così maestosa. È un mago del cinema, oltre che della scienza, *my god!*» disse sorridendo Langmuir.

«Sì, sembra il personaggio di un film, non è reale...» concluse Langevin, con una certa rassegnazione, ridendo sotto i baffi.

Ma i due non si capacitavano anche del fatto che Einstein avesse pensato a un esperimento mentale in risposta alla relazione di Bohr, nel giro di due giorni. Loro ci avrebbero messo forse un mese!

«È stato ancora più strabiliante il contenuto della sua argomentazione. Quel

lupo solitario sa proprio il fatto suo...» disse Langmuir.

«La doppia fenditura... è riuscito ad assestare un bel colpo. Ma gli hanno chiuso tutti la strada, la reazione del gruppo è stata a dir poco sconcertante... *ça va sans dire*» disse Langevin.

«Sì, aveva tutti contro. Non avrebbe mai potuto vincere...» disse Langmuir. E così ci fu l'ammissione, anche da parte loro, che quel ritrovato era stato pilotato per fare in modo che la teoria di Bohr avesse la meglio.

Ma subito dopo questa osservazione si resero conto che le loro chiacchiere stavano assumendo toni pettegoli. E così si autoammonirono. Salvo poi ricordare che «il biologo evoluzionista von Humboldt ha identificato nel pettegolezzo un fattore determinante per il legame nei gruppi di persone» come disse Langmuir. E così si sentirono entrambi sollevati. «Anche perché, non prendendo mai parte al pettegolezzo, la nostra società si potrebbe autofrantumare in tante piccole bande di feroci banditi da tre soldi che combattono per le ultime scatolette di tonno» replicò Langevin, e si fece una grossa risata.

Fu così che il loro interesse si spostò altrove, su altri tre personaggi di cui quella sera parlavano tutti. Tre giovani, assenti dalla cena: Wolfgang Pauli, Werner Heisenberg e Paul Dirac. I primi due avevano fatto di tutto per farsi invitare a quella cena di gala, ma le loro richieste erano cadute nel vuoto.

«È incredibile, risponde *Quatsch!* a chiunque gli rivolga la parola su temi scientifici, ma chi si crede di essere? Ma come si fa a essere così intolleranti e poco propensi al dialogo?» disse Langevin.

«Oh, *my god*, ha un caratteraccio. E beve come una spugna. Pare abbia problemi di insonnia, è sempre in giro la notte...» disse Langmuir.

«Heisenberg è anche lui arrebbante, e molto più vistoso nei suoi slanci verso noi vecchi...» disse Langevin.

«Senza dubbio, ma forse anche noi saremmo stati così, se fossimo nati nel loro contesto. D'altra parte, bisogna riconoscere che sono bravi questi due, e stanno esplodendo proprio negli anni in cui c'è bisogno di teste come le loro...» disse Langmuir.

«Sì, concordo con te, *mon ami*. E questo Dirac, che pochi conoscono ancora, avrà modo di farsi apprezzare, ho sentito parlare bene di lui a Cambridge» disse Langevin. Poi si interruppe all'improvviso, perché un rumore lo stava infastidendo: era il modo di masticare di Aletta Catharina, proprio di fianco a lui. Non riuscì più a parlare, fu quasi preso da un attacco

di panico, il rumore di quella bocca e di quei denti che tritavano il filetto di sogliola e carote, prima di far diventare il cibo un bolo, lo faceva impazzire. Si irrigidì, bevette un sorso d'acqua, e dovette poi chiedere il permesso di assentarsi per andare in bagno a darsi una rinfrescata. Lorentz guardò la moglie, come a volerla rimproverare. Lei si strinse nelle spalle e da quel momento in poi cercò di fare solo i movimenti mandibolari indispensabili.

Durante le loro chiacchiere, solo de Broglie si accorse dei loro pettegolezzi. E così – forse inconsapevolmente – d'istinto, si voltò immediatamente verso Max Born, quasi come se avesse avuto il sospetto che ci fosse anche un altro che stava capendo tutto. Max Born no, non era affatto su quelle lunghezze d'onda, ma siccome si sa che i fisici hanno antenne molto più pronunciate di chiunque altro, fu come se fosse stato avvertito da quello sguardo. Fu in quel momento che Born si sporse indietro, raggiungendo con la testa lo schienale alto della sedia, e capì tutto. Per i fisici, il sesto senso è questo. Capiscono in pochi secondi cosa accade intorno a loro.

Max Born era un uomo stanco. Aveva cinquantaquattro anni, ma se ne sentiva addosso almeno quindici di più. Non perdeva tempo con stupidaggini o discorsi ariosi che non portavano a niente. Ad esempio, non considerava nemmeno il commensale alla sua destra, Mark Vancaubrough, il capitano d'artiglieria. Non lo degnava neppure di un sguardo. Anzi, teneva la sedia leggermente voltata, quasi a voler dargli le spalle inconsciamente. C'era una cosa che amava però fare su tutte: ricordare numeri, date, eventi, nomi.

Era una specie di gioco mentale, che gli permetteva di tenere il cervello in allenamento. Fu lui a far partire il gioco del «chi c'era». Si trattava di una sorta di elenco di persone presenti a un dato evento passato. I fisici hanno sempre avuto l'abitudine di organizzare feste, commemorazioni, ogni pretesto era buono. Ai loro tempi non esistevano certo i social network o le e-mail per comunicare. L'attività del fisico prevedeva sempre uno scambio di opinioni, e così la scusa di una festa li faceva muovere in massa. Solo due di loro mal sopportavano questi ritrovi: Albert Einstein, troppo occupato a partecipare alle feste organizzate in suo onore, ed Erwin Schrödinger.

Ma torniamo alla cena e al gioco di Max Born, che scelse il «Bohr Festival». Si trattava di una dieci giorni (e dieci giorni sono tanti!), in cui Born aveva invitato nel suo istituto di Gottinga i fisici più in voga del

momento, con il pretesto di festeggiare un anno dalla nascita della scuola di Copenaghen di Niels Bohr.

«Era l'estate del 1922...» disse Marie Curie con una voce delicata, ma l'intervento colse di sorpresa il resto del gruppo.

«Iniziò il 12 giugno, e finì il 22 giugno. Due numeri non certo casuali in matematica...» aggiunse Born.

«Come dimenticare quel ritrovo...» disse Bohr, aggrappandosi poi al bicchiere dell'acqua e mandandone giù uno intero e poi un secondo che si fece servire subito dopo. Respirò a pieni polmoni, e fece l'elenco dei presenti quel giorno alla festa, ma solo per la parte alta del tavolo.

Max Born riprese la parola, e fece anche lui l'elenco, per la parte bassa del tavolo. Tossì ancora, e iniziò a chiacchierare del talento dei giovani presenti quel giorno. Erano passati solo cinque anni, ma per la storia della fisica cinque anni sono un'eternità. Heisenberg e Pauli: i loro nomi tornavano ancora nelle bocche delle persone sedute a quel tavolo. Eppure, nel 1922 avevano solo venti e ventidue anni. È il momento di capire chi erano.

Il 12 giugno 1922 sarebbe passato alla storia. Si tenne il primo incontro ufficiale delle teste più calde che avrebbero fatto nascere la fisica quantistica. E ci fu anche il definitivo ingresso nella comunità scientifica di Heisenberg e Pauli. Ma l'avvenimento non fu certo tutto rose e fiori come avviene solitamente per questo tipo di incontri, leggeri o di poco conto. Quella volta di leggero non ci fu niente, nemmeno l'aria che respiravano.

Ecco come andò. La festa organizzata da Born iniziò il 12 giugno a Gottinga, per dare a Bohr la possibilità di fare delle letture sulle nuove teorie dei quanti. Invitò sia fisici già affermati, sia giovani talenti. Era una commistione che ai due fisici piaceva parecchio. Bohr e Born erano sempre molto attenti alle nuove leve. L'elenco dei fisici presenti prevedeva, per tutta la durata della festa: Niels Bohr, Max Born, Paul Ehrenfest, Hans Kramers, James Franck, Alfred Lande, Pieter Zeeman, Arnold Sommerfeld, David Hilbert, Pascual Jordan e i due giovanissimi, Werner Heisenberg e Wolfgang Pauli.

Quando arrivò il giorno del «Bohr Fest» a Gottinga, Pauli era a Copenaghen per partecipare a una serie di conferenze. Fu l'ultimo ad arrivare all'istituto. Erano già presenti Born, Hilbert, Jordan e Heisenberg. Entrò nell'istituto e trovò i tavoli pieni di cibo e bevande, festoni alle finestre, e palloncini ovunque sul pavimento. Si stizzì molto di quel grossolano

allestimento della sala, che trovò di cattivo gusto e molto povera. Non si fece sfuggire l'occasione di esprimere il suo parere. Conobbe dapprima Jordan, e gli manifestò il suo fastidio. Poi arrivò il momento di fare conoscenza con Paul Ehrenfest.

«Le tue pubblicazioni mi piacciono più di te» disse Pauli a Ehrenfest.

Ma la replica di Ehrenfest fu tutt'altro che stizzita, anzi. «Strano, la mia sensazione su di te è esattamente opposta» rispose.

E siccome Pauli non era abituato a qualcuno che non si irrigidisse alle sue battute, ma prendesse tutto con simpatia, gli piacque molto l'olandese, e i due diventarono subito amici. Un'amicizia basata su continui attacchi verbali e prese in giro reciproche. Che non finirono certo a Gottinga. Ma una buona base di affetto faceva da collante. Poi ci fu l'incontro con Heisenberg, che già conosceva per i trascorsi a Monaco di entrambi. Pauli era l'assistente di Sommerfeld e nel 1920 lo incontrò per la prima volta quando dovette correggere i suoi elaborati. Per Pauli era una conoscenza di secondo ordine, da catalogarsi come un amico di un amico, e quindi poco importante. In pratica, Pauli approssimava Heisenberg al secondo ordine di grandezza.

«Non mi sembra di aver mai letto una tua pubblicazione, e dubito che lo farò in futuro» gli disse Pauli appena lo vide.

«Mi impegnerò affinché tu lo debba fare per forza, allora» rispose Heisenberg, ancor più desideroso di conquistare la sua stima.

«Sarà difficile, ho così tante carte da studiare... Non perderò certo il mio tempo con letture di basso livello» replicò Pauli.

«Starà a me alzare il livello, allora» disse Heisenberg, senza darsi per vinto.

«*Quatsch!*» esclamò Pauli. Spesso chiudeva una conversazione con quella espressione, prima di andarsene. Mal digeriva la stupidità umana, la supponenza, l'ignoranza (e per i fisici essere ignorante significa non essere all'altezza dei loro studi) e le giovani leve. Sebbene lui lo fosse. Ma, con una approssimazione al terzo ordine di grandezza, si considerava vecchio almeno di altre tre generazioni. Si considerava superiore a tutto e a tutti, non parlava con chi non masticasse la fisica con un premio Nobel in mano, e demotivava chiunque altro nell'affrontare temi scientifici. Men che meno a intraprendere studi scientifici.

La valutazione, comunque edulcorata, di Pauli a proposito di Heisenberg era: «Tu sei un completo idiota». E con questa frase chiudeva ogni discussione. Heisenberg non gli diede mai peso. Quelle parole restavano lì,

nell'aria, come nubi di particelle neutre messe insieme da una forza troppo debole per essere paragonata alla sua volontà di crescere, migliorarsi e apprendere. Heisenberg aveva una stima spropositata di Pauli, e da lui si faceva spesso sottomettere nelle discussioni. Werner aveva sempre bisogno di una persona di riferimento, rigida e severa. Non aveva altro modo per darsi delle regole e crescere. Fu così con il fratello maggiore prima, e con Pauli dopo. Da quel giorno, i due non smisero mai di scriversi e di vedersi. Bohr, in quell'occasione, invitò Heisenberg e Pauli ad andare a lavorare a Copenaghen. Heisenberg era impegnato con Max Born a Gottinga. Pauli invece era ad Amburgo, e alla richiesta di Bohr non ci pensò due volte, si liberò del contratto e partì nel giro di un mese.

A tal proposito Pauli scriverà di Heisenberg (come forma di raccomandazione, ed era il più grande elogio che potesse scrivere): «Ho sempre una sensazione strana nei suoi confronti. Quando penso alle sue idee, mi sembrano orrende e dentro di me le maledico. Lui ha infatti un approccio ben poco filosofico, non si cura affatto di esprimere con chiarezza gli assunti di base e il loro rapporto con le teorie esistenti. Ma quando parlo con lui mi piace molto e mi rendo conto che ha nuovi argomenti di ogni genere. Credo che in futuro darà grandi contributi al progresso della scienza».

Torniamo al Bohr Fest. Uno per uno, Pauli stava sistemando tutti. Aveva parole poco gentili per chiunque. Tutti litigarono con lui, chi prima chi dopo. Sommerfeld fu il suo grande maestro, così Pauli lo risparmiò durante quel soggiorno a Gottinga. Ma Pauli non si fermava mai, soprattutto se la sera si concedeva, davanti agli altri, qualche bicchiere di vino di troppo. In questi casi esagerava ancora di più, e diventava fastidioso col suo modo di attaccare chiunque avesse di fronte. Born lo conosceva bene, con lui aveva a che fare quotidianamente. Niels Bohr, invece, non gli diede mai la possibilità di uno scambio di battute basate sul niente: i suoi argomenti avevano sempre un carattere scientifico profondo e innovativo, ed entrambi non vedevano l'ora di avere un terreno comune su cui confrontarsi. Per questo si piacquero subito. Una delle poche frasi positive di Pauli riguardano proprio Niels Bohr. «Una nuova fase della mia vita scientifica è iniziata quando ho incontrato personalmente Niels Bohr per la prima volta» disse Pauli. Con gli altri, invece, Pauli usava solo scortesie. Per quanto riguarda Einstein, dobbiamo

rifarci a un aneddoto. La prima volta che seguì una lezione di Einstein, dopo che il fisico tedesco mise giù il gessetto e si girò verso il pubblico di ragazzi, Pauli urlò dal fondo della sala, con tono trionfante: «Sapete, ciò che Einstein ha detto non è poi così stupido!»

Anche fra Wolfgang Pauli e Max Born ci furono scintille. Erano persone molto diverse, sia sul piano personale che scientifico. Born era il classico modello del buon scienziato tedesco: sempre pronto su ogni argomento di fisica viva, ben vestito, consapevole del suo status nella comunità scientifica, e solerte mattiniero. Non era così per Wolfgang Pauli, soprannominato «Wolf», il lupo, proprio nella scuola di Gottinga. Non aveva troppo riguardo di ciò che gli altri pensavano di lui. Wolf era un nottambulo: in vita sua non si era mai alzato prima di mezzogiorno. E di certo non lo fece durante il suo periodo a Gottinga. Ma a Gottinga, nella scuola di Born, non c'erano certo le mille attrazioni che potevano esserci altrove, o nelle grandi città a cui era abituato. E così Pauli, pur di andare a letto tardi, restava a lavorare anche la notte. Born andò a volte a trovarlo nel suo ufficio durante la notte e lo trovava spesso «sul dondolo a pensare, come un Buddha in preghiera». E quella di dondolarsi era un'abitudine che Pauli aveva sviluppato quando era immerso nei suoi calcoli fin da bambino, chiuso nella sua stanza. Ma siccome le lezioni spesso iniziavano alle undici del mattino, e non c'era nessuna possibilità che Pauli si svegliasse autonomamente per quell'ora, Born dovette mandare una cameriera ogni mattina a tirarlo giù dal letto.

Quando Born un giorno dovette assentarsi dalla scuola per una crisi asmatica, lasciò che Pauli lo sostituisse alle lezioni. Born aveva così tanta stima di lui che gli affidò le chiavi dell'istituto. Pauli, infatti, era perfettamente in grado di fare quel che faceva Born, seppur avesse solo ventun anni, nove meno di lui. Born aveva una preparazione matematica, e quindi la soluzione dei problemi per lui avveniva sempre per quella strada. Mentre Pauli, che comunque era abilissimo in matematica, preferiva un approccio più intuitivo ai problemi. A Gottinga già esprimeva appieno le sue doti, e già mostrava a tutti la direzione verso cui stava andando la fisica quantistica. Pauli aveva avuto come maestro Arnold Sommerfeld, con cui aveva iniziato a lavorare sui

problemi dell'atomo quantizzato di Bohr. Max Born aveva un approccio fresco alle nuove teorie, e sgombrò da qualsiasi preconcetto. Dimenticava facilmente le teorie pregresse, se decideva che non funzionavano più, malgrado avesse impiegato anni per studiarle. Con Pauli al suo fianco, Max Born stava rinascendo.

Wolfgang Pauli era diverso da tutti gli altri. Lo abbiamo definito il più arretrante, il più sgomitante del gruppo, e lo era veramente, in ogni commento alle teorie altrui. Inoltre era un uomo molto scaramantico (i fisici non lo sono quasi mai, detestano scaramanzia, oroscopi e scemenze del genere), ed era un uomo con mille fissazioni: soffriva di mania di persecuzione, insonnia e ipocondria. In particolare, era fissato con il numero 137, lo vedeva ovunque. Contava le carrozze fino a 137, e poi si fermava. Faceva il conto alla rovescia da 137 a zero. Scriveva 137 in cifre nei suoi appunti, a margine delle teorie. Cerchiava in rosso la pagina 137 dei libri. Lo annotava continuamente, quasi a volersene ricordare sempre. Il primo a parlargli del numero 137 fu Heisenberg, e Pauli subito se ne appropriò: $1/137$ è un numero che corrisponde ad alfa, la costante di struttura fine, la costante che metterà insieme tutto: fisica quantistica, velocità della luce, elettromagnetismo, relatività.

La notte Pauli frequentava spesso i bordelli, e rientrava all'alba. Pur avendo paura di prendere tutte le malattie del mondo, non si faceva mai visitare. L'unica volta che decise di andare in ospedale per un controllo aveva già cinquantotto anni, e si trovava a Zurigo. Si fece visitare per un semplice fastidio allo stomaco. Ma quel giorno c'era molta gente e altri casi erano più urgenti suoi del suo, così non lo presero molto sul serio, lo sedarono e lo misero a riposare in una stanza libera. All'alba si svegliò di soprassalto, quando un amico andò a trovarlo. Pauli chiese all'amico in quale stanza l'avessero messo. Era la numero 137. In quel momento capì che sarebbe morto. Da quell'ospedale, infatti, non uscì vivo.

Pauli riuscì a laurearsi in soli tre anni all'università di Monaco di Baviera. Suo padre era un biochimico e professore all'università di Vienna, e fu lui a

mandargli spesso i soldi per mantenersi. Ma quando gli arrivò la notizia della vita notturna dissoluta del figlio, interruppe qualsiasi tipo di aiuto economico. Tra Pauli e le donne non ci fu mai un rapporto sano. Dirà in una lettera al suo amico Wentzel: «Quando penso alle donne, la reazione è quella di andare in un ottimo bar e bere molti whisky. Tra le donne e me le cose non funzionano per niente, e probabilmente non andranno mai bene. Questo lo dovrò accettare, ma non è certo facile. Ho paura che invecchiando mi sentirò sempre più solo. E gli eterni miei monologhi sono così stancanti!»

Pauli aveva sviluppato negli anni un'avversione per qualsiasi tipo di autorità, ed era un critico molto severo contro chiunque gli rivolgesse la parola, così come il padre lo era stato con lui. La madre di Wolfgang si chiamava Bertha e lavorava come giornalista in uno dei quotidiani più influenti di Vienna. Pauli era affascinato lei dalla madre, il suo poteva addirittura essere considerato amore. La madre, oltre che una bellissima donna, era una giornalista molto coraggiosa nella cultura patriarcale dell'Austria di quel periodo. E questo la rendeva ancora più affascinante e carismatica agli occhi del figlio.

La madre di Pauli fu sempre attratta da Ernst Mach, per questo Pauli si interessò a lui e ai suoi studi. Fu in casa di Mach che, a tredici anni, capì per la prima volta che direzione doveva prendere la sua vita. «Casa sua pullulava di prismi, spettroscopi, stroboscopi, generatori elettrostatici, e altre macchine» disse Pauli in una delle poche frasi che lo vedevano stupito, e non critico. Al suo compleanno chiese in dono una copia di un manuale per giovani meccanici, e con quello imparò a smontare e rimontare gli oggetti. Anche se non sarebbe stata la fisica sperimentale la sua strada.

Pauli crebbe così sotto lo sguardo severo del temibile Mach, uno dei filosofi e scienziati più influenti nell'impero austro-ungarico nella seconda metà dell'Ottocento. Mach, fisico sperimentale e filosofo, aveva abbracciato il principio positivista del filosofo francese Auguste Comte. Comte aveva vissuto il periodo della rivoluzione francese, così come l'ascesa e la caduta della Francia napoleonica, e aveva assistito in prima persona alla brutale repressione della politica radicale nelle strade di Parigi. Kant e Mach erano sulla stessa lunghezza d'onda, ma Kant sosteneva anche l'esistenza di Dio. La filosofia kantiana aveva un grande vantaggio nei circoli accademici in Germania e Austria, perché una designazione religiosa ufficiale era importante per tutti coloro che aspiravano alla carica di professore. La fisica

probabilistica di Boltzmann e i quanti di Planck portarono nuove idee tra i filosofi. Realisti e positivisti si trovarono in disaccordo su tutto. Mach continuò a pubblicare libri sul positivismo, spesso con l'aiuto di Wolfgang Pauli. Anche dopo il ritiro dalle scene di Mach, le sue opere continuarono a provocare e irritare la comunità scientifica e non solo; Vladimir Lenin riteneva i suoi pensieri oltraggiosi.

Pauli ebbe un legame importante con Carl Gustav Jung. Si frequentarono molto ed ebbero un lungo scambio epistolare.

Pauli raccontava la fisica a Jung, il quale in cambio lo psicanalizzava. Jung scrisse di Pauli: «Si tratta di una persona assai istruita con uno sviluppo straordinario dell'intelletto, la qual cosa, naturalmente, era all'origine del suo problema; insomma era troppo unilateralmente intellettuale e scientifico. Ha una mente di primissimo ordine che lo ha reso famoso. È una persona fuori dal comune. Il motivo per cui si era rivolto a me era il suo stato di completa disintegrazione dovuto appunto alla sua unilateralità. Può purtroppo succedere a chi è così intellettuale di non fare attenzione alla sua vita affettiva e di perdere il contatto con il mondo delle emozioni, finendo col vivere in un mondo che pensa soltanto; un mondo di puro pensiero. Così, nei suoi rapporti con gli altri e con se stesso egli si era completamente smarrito. Alla fine si era dato al bere e a commettere altre assurdità, e aveva cominciato a temere se stesso, a non capire come si fosse ridotto così, a trasformarsi in un disadattato e a cacciarsi continuamente nei guai. Ecco la ragione per cui decise di consultarmi».

Dopo appena un semestre di lavoro con Max Born a Gottinga, Pauli non sopportava più di vivere in una zona depressa e soffocante come quell'angolo di mondo sperduto. All'inizio del 1922 decise di trasferirsi ad Amburgo per completare la sua abilitazione. Quasi subito cominciò a combinare i primi disastri in laboratorio. Einstein coniò l'«effetto Pauli»: la sua sola presenza in laboratorio significava la distruzione di qualche strumento o il fallimento di un esperimento. Si racconta che un fisico sperimentale di Amburgo chiudesse tutti i laboratori quando sentiva che Pauli passava in corridoio.

Dopo il Bohr Fest, Pauli si trasferì a Copenaghen. L'esperienza per Pauli fu

piuttosto frustrante, pur andando d'accordo con Kramers. Nonostante la stima per Bohr, lasciò la sua scuola nel 1924 e tornò ad Amburgo. Andò ad abitare al 16 di Papenhude Strasse, in una casa frequentata da gente poco raccomandabile, al secondo piano. Ma proprio in quell'abitazione trovò nuove idee. Fu il momento della grande intuizione: la teoria sugli orbitali atomici e il principio di esclusione, che lo renderà famoso a tutta la comunità di fisici e non solo. Dopo quella grande intuizione, passò mesi di depressione. Si racconta che un giorno, dopo aver passato la notte per bordelli, avesse scritto una lettera disperata a Heisenberg: «La fisica è in uno stato di grande confusione. Al momento attuale tutto ciò che penso è sbagliato. O comunque per me è troppo difficile. Vorrei essere un attore comico, un protagonista di un film, o qualcosa di simile. E vorrei non aver mai sentito parlare di fisica!» Ad Heisenberg scriverà invece: «Che cosa significano le parole onda e particella non lo sappiamo più: la fisica è in uno stato di disperazione pressoché totale».

La storia di Heisenberg invece è molto diversa. Il più ambizioso del gruppo, entrò all'università a Monaco due anni dopo Pauli, e fu molto più cauto nella vita mondana. Sostituì il suo insegnante e divenne docente. Dopo una brillante performance agli esami finali del Gymnasium, venne accettato nella prestigiosa Fondazione Maximilianeum. Heisenberg entrò all'università di Monaco durante il semestre invernale del 1920-21. In un primo momento voleva studiare matematica pura, ma poi l'incontro con il professor Ferdinand von Lindemann lo portò alla svolta verso la fisica teorica. Arnold Sommerfeld, esimio professore in quel campo, riconobbe subito il talento del giovane, e lo volle crescere. Lo invitò al seminario a cui già partecipavano Gregor Wentzel, Wolfgang Pauli, Otto Laporte e Karl Bechert. Durante i tre anni di studi universitari Heisenberg frequentò le lezioni di Sommerfeld, si dedicò alla fisica teorica, alla relatività e alla fisica quantistica. Mostrò meno interesse per le lezioni e le esercitazioni di laboratorio di Wilhelm Wien. Sotto la guida di Sommerfeld approfondì i problemi della teoria atomica. Nel 1919 Heisenberg lesse per la prima volta di fisica atomica, sdraiato sul tetto dell'università di Monaco. Molto spesso portava con sé delle letture di svago, come i testi greci. Quell'anno cercò una spiegazione alla costante alfa ($\alpha = 2\pi \times e^2/h \times c$, e quel numero 0,00729 che equivale a $1/137$). Fu lui a mettere in

testa a Pauli quel 137. Già nel suo primo semestre, Heisenberg presentò un'analisi quantistica teorica dell'effetto Zeeman anomalo, e utilizzò i risultati l'anno seguente per la sua prima pubblicazione (presentata nel novembre del 1921). Durante il semestre estivo del 1923 Heisenberg completò la tesi di laurea a Monaco di Baviera, in cui trattò il problema della comparsa di turbolenze. Sommerfeld fu molto soddisfatto del risultato e dei metodi matematici impiegati da Heisenberg.

Nell'ottobre del 1923 divenne l'assistente di Born a Gottinga, e continuò a lavorare sui modelli atomici e molecolari. Qui ottenne l'abilitazione, e a ventidue anni era già docente universitario. Durante la primavera del 1924 (dal 15 marzo ai primi di aprile), fece la sua prima visita a Copenaghen per una serie di seminari. Ma poi tornò a Gottinga. Da Bohr c'erano già tanti talenti, e tutti provenienti da nazioni diverse: Christian Moler (Danimarca), Svein Rosseland (Norvegia), G.H. Dieke (Olanda), Ralph Fowler (Inghilterra), Ralph de Laer Kronig e David Dennison (Stati Uniti). Durante quella visita imparò a parlare danese e inglese, e lavorò intensamente con Bohr e il suo più stretto collaboratore Kramers su problemi di teoria atomica. Riepilogherà così il suo percorso di studi nelle tre scuole di fisica più importanti al mondo: «Da Sommerfeld ho imparato l'ottimismo, dalle persone a Gottinga la matematica, e la fisica l'ho imparata da Bohr».

Ma Werner Heisenberg fuggì da Gottinga, i primi di giugno del 1925, perché aveva molte allergie, tra cui quella ai pollini, e in quel paese la sua respirazione non era certo agevolata. Decise di partire, e trascorse qualche mese isolato dal mondo, nell'isola rocciosa di Helgoland.

A malapena riusciva a pensare, la faccia era sempre gonfia, e non vedeva altra soluzione se non vivere lontano dal mondo. Si sentiva frustrato dall'atomo di Bohr, e non trovava la soluzione a tanti altri enigmi di cui il suo maestro lo aveva investito. Quando decise di rientrare nel giro, la prima persona che andò a trovare fu Pauli. Così, durante il suo viaggio di ritorno a Gottinga, fece tappa ad Amburgo. Ma non trovò molta luce. Una volta raggiunto Max Born, si accorse che anche lui stava seguendo la strada di Niels Bohr. Era giunto il momento di dedicarsi in maniera seria alla questione.

Durante il soggiorno prolungato di Heisenberg a Copenaghen, Kramers e Heisenberg ebbero parecchie ruggini. Ecco un altro scontro che viene ricordato spesso da quelli che amano i pettegolezzi tra fisici. Se Bohr era il

«papa» all'Istituto di Fisica Teorica a Copenaghen, Kramers era «sua eminenza». Kramers soffriva di insicurezza, ed era ben consapevole che qualche giovane avrebbe potuto scalzarlo da un momento all'altro. Fu così proprio per mano di Heisenberg. Che divenne a pieno titolo l'aiutante di Bohr, al posto di Kramers. Heisenberg ereditò lo spirito competitivo del padre, che aveva sempre messo in concorrenza lui e il fratello Erwin quando erano bambini. Heisenberg crebbe in una famiglia tedesca patriarcale. Il padre, Augusto, era un uomo ambizioso e molto impegnato; sua madre, Annie, era una donna molto dolce, tranquilla, che accettava il proprio ruolo con obbedienza e sacrificio. Werner aderì al movimento giovanile tedesco, ed era un boy-scout provetto. Lasciò il liceo per l'università di Monaco di Baviera, fortemente motivato dal bisogno di compiacere il padre, e per emulare il suo successo. In Pauli, Heisenberg trovò il surrogato del fratello più grande. Heisenberg era un eccellente pianista, talento che aveva condiviso con il fratello, di cui naturalmente voleva diventare più bravo. Max Born aveva due pianoforti a coda Steinway, e spesso con Heisenberg si metteva a suonare Schubert in salotto, e così passavano intere serate. A differenza delle notti di Pauli, quelle di Heisenberg a Born piacevano parecchio. E non doveva neppure mandare la cameriera a svegliarlo la mattina!

Heisenberg non era uno sportivo. Si era avvicinato allo sport soltanto perché gli altri lo praticavano. Era proprio questo il suo modo di sentirsi parte di un gruppo, o amico di alcune persone che stimava professionalmente. Fu così che divenne sciatore, corridore, tennista. Per emulare i colleghi che praticavano questi sport con passione.

La teoria su cui lavorava Heisenberg era il modello atomico secondo i corpi celesti. Fu Pauli il primo a leggerla, ma non la capì a fondo. Trovò il modello «brutto» e le ipotesi «scandalose». L'articolo di Heisenberg con questo modello non venne pubblicato. Ci lavorò sopra ancora qualche mese, prima di arrivare a un'altra conclusione. Bohr e Kramers erano nel bel mezzo del BKS, e quindi non potevano aiutarlo. Doveva portare a termine il lavoro da solo. Heisenberg si trasferì di nuovo a Copenaghen, e lì trovò la giusta ispirazione.

Torniamo alla cena. Il piatto stava mettendo a dura prova le discussioni. Il gusto di quella sogliola era sublime, e in molti presero una seconda porzione. Sicuramente lo prese Paul Langevin. E lo prese Irving Langmuir, che trovò in Richardson il nuovo interlocutore per uno scambio di vedute.

«Questa delicatezza, questo sapore così delicato è accompagnato dal gusto antico delle carote, che rendono il piatto una cosa unica al palato...» disse Langmuir.

«A me piace l'accostamento con il pane grattugiato, messo a parte nel piatto... quasi a lasciare a ogni commensale la scelta se attingere oppure no» disse Richardson.

Malgrado il tono di questo scambio di idee sul piatto che tutti stavano gustando leccandosi i baffi (e a quel tavolo la percentuale di persone con i baffi era molto alta!), Richardson aveva un modo di fare molto distaccato, e poteva apparire freddo a chi non lo conosceva. Era senza dubbio un gentiluomo, di qui il suo soprannome. Aveva la passione per i numeri, e per i giochi con i numeri. Le sue grandi mani erano capaci anche di abili giochi di prestigio o con le carte.

«Se dico 1184, lei cosa risponde, Langmuir?» chiese Richardson con tono di sfida.

«Io rispondo con l'unico numero possibile, e cioè 1210» rispose pronto Langmuir.

«Se dico 2620?» ribadì Richardson.

«Io dico 2924» rispose Langmuir.

Aletta guardò il marito, non capendo nulla di quello che stavano dicendo. Le pareva un linguaggio cifrato, una roba da spie di sua Maestà. Lorentz, con estrema magnanimità d'animo, si prese la briga di spiegare alla moglie che cosa stava accadendo. Anche Marion ne era incuriosita, ma non trovando lo sguardo del marito, si affidò a Lorentz.

«Stanno creando le coppie di numeri amicabili. I numeri amicabili sono numeri la cui somma dei divisori propri di uno è uguale all'altro» disse Lorentz con tono paternalista.

«Dire 220 e 284 era troppo facile, evidentemente...» commentò Langevin, che si rituffò subito dopo sul filetto.

«Dico 28, allora!» ribatté Richardson come a voler sfidare l'intuito del compagno di giochi.

«Mmm... anch'io dico 28!» disse Langmuir, dopo una breve esitazione, e

scoppiò in una fragorosa risata che coinvolse pure Owen.

«Hanno detto entrambi 28, perché 28 è il numero perfetto. Cioè la somma dei suoi divisori propri è uguale a se stesso» spiegò Lorentz alle due donne.

«E 1?» propose Aletta, pensando di aver detto qualcosa di geniale.

Nessuno le rispose. Diciamo pure che ignorarono del tutto il suo intervento. E nessuno volle toglierla dall'imbarazzo.

«Fermat, Cartesio ed Eulero si stanno rivoltando nella tomba...» disse a bassa voce Langevin, rivolto a Langmuir, a corredo delle parole di Aletta.

Un fuoriclasse assoluto con i numeri era Paul Dirac. La discussione si spostò su di lui.

«Dirac ha una buona capacità di analisi, e ha il merito di essere di famiglia ben educata, inglese, sia dall'aspetto sia dal contenuto. Non mi ha mai deluso nell'approccio che ha avuto con me in questi giorni» disse Langevin, lasciandosi andare in una sorta di elogio dell'inglese venticinquenne.

«Sì, il suo modo di fare mi ricorda molto quello di Louis, anche se lui è francese, e di dieci anni più vecchio. Sono entrambi molto rispettosi dei ruoli e delle persone» disse Langmuir.

In pochi conoscevano Dirac, che abbiamo soprannominato il più calmo del gruppo. Paul era alto e magro e già po' curvo in età adolescenziale. Vestiva sempre con abiti neri e guardava il mondo come un becchino ansioso. Era sempre taciturno, il giovane inglese, e si sentiva perennemente fuori posto, ovunque si trovasse. Sembrava sempre con la testa altrove. Qualcuno diceva scherzosamente che il suo vocabolario consisteva esclusivamente di «sì», «no» e «non lo so». Dirac, invece, preferiva che la sua matematica parlasse per lui.

Si racconta che un giorno a lezione un ragazzo in prima fila gli avesse posto un'obiezione sul modo di spiegare un concetto. Questo il dialogo tra i due.

«Non ho capito che è passato da A a B, dottor Dirac» chiese lo studente.

«La risposta sta proprio nella sua affermazione» rispose Dirac rimanendo di ghiaccio, e proseguendo con la trattazione.

Dirac era un grande cantore della bellezza della matematica. Per lui, l'unico motivo di vita era trovare l'estetica nelle formule matematiche, voleva raccontare a tutti la bellezza di una formula matematica, e crearne una

tutta sua, che rispondeva ai suoi canoni. L'amore della sua vita era la matematica, i numeri, nient'altro. Voleva creare la formula matematica più bella del mondo. E ci riuscirà.

Il primo studio solitario che Dirac condusse su un argomento di fisica fu sui principi della relatività di Einstein. A sei mesi dall'arrivo a Cambridge come studente, pubblicò due documenti sulla meccanica statistica, e nel maggio del 1924, all'età di ventidue anni, scrisse il suo primo articolo sui problemi della meccanica quantistica. Scriverà l'equazione più bella (esteticamente) della fisica. Equazione che Pauli, naturalmente, non approverà mai. E commenterà così: «Il capitolo più triste della fisica moderna».

Il padre di Paul Adrien Maurice Dirac era Charles Adrien Ladislao Dirac, svizzero di nascita. Charles era un linguista, a casa parlava francese e inglese, e aveva molto a cuore la grammatica. Non ebbe mai l'accortezza di costruire un buon rapporto con i figli, era un vero tiranno domestico. Paul era il figlio di mezzo; suo fratello Reginald era di due anni più vecchio, la sorella Beatrice Isabelle Margherita di quattro anni più giovane. Tutta la famiglia era tutt'altro che loquace, il padre costringeva la madre e la sorella a mangiare in una stanza separata, proprio perché non parlavano correttamente. All'età di tredici anni Paul ebbe il primo segnale di ribellione e scappò di casa. Tornò pochi giorni dopo. Il padre aveva una sola fissazione: che i figli parlassero in modo grammaticalmente corretto, ed era molto severo solo su questo. Per questo i figli non erano molto loquaci, per paura di scatenare la rabbia del padre.

«Sono introverso per colpa di mio padre» scriverà Dirac nella sua autobiografia. Paul si iscrisse all'università con il solo scopo di lasciare casa, prima a Ginevra e poi a Bristol. L'amore per la matematica arrivò come rivincita nei confronti del padre. I libri di matematica erano il suo rifugio preferito. Studiò ingegneria e si laureò nel giugno del 1921, prese una borsa di studio in matematica a Cambridge, e da lì iniziò il suo successo. Ma non fu mai circondato da un ambiente stimolante. Non legò neanche con i colleghi o compagni di studi, preferiva stare chiuso in biblioteca piuttosto che partecipare ai ritrovi. Il suo rapporto con l'altro sesso fu molto limitato: non ebbe mai lo slancio che gli permise di frequentare le ragazze, e quando lo

fece, restò spesso un rapporto platonico. La prima volta che Paul Dirac vide il corpo nudo di una donna fu nell'estate del 1927, in una piscina in Russia dove lo aveva portato l'amico dell'epoca, Esther Salaman. L'odio verso il padre, che non riuscì mai a razionalizzare, influenzò tutti i suoi rapporti. Nel 1936, alla morte del padre, Paul Dirac ammetterà di non provare alcun dolore. E l'anno successivo sposerà Margit Wigner, sorella del fisico Eugen Wigner.

Il primo interesse di Dirac per la fisica emerse con il tentativo di spiegare lo spazio e il tempo. Studiò a fondo la teoria della relatività di Einstein, a cui poi affiancò Eddington, Rutherford, Larmor, Chadwick, Backett, Fowler, Kapitza e Aston. Nel gruppo dei fisici al Congresso di Bruxelles, Dirac fu l'ultimo a studiare la teoria di Bohr e a capire i lavori di Sommerfield. Anche se aveva meno tempo degli altri, i contributi che diede furono unici: aveva una predisposizione naturale per la matematica, e in una sola mattina riusciva a riassumere in poche formule mesi di lavoro di altri fisici.

«La mattina è il momento ideale per spingere il cervello al massimo, poi mi fermo durante la giornata, e riesco a riprendere solo dopo cena, la sera tardi» dirà in una sua biografia. Dirac sviluppò uno stile molto particolare di scrittura dei trattati scientifici: estremamente chiari, concettualmente concisi, immediati, con una tecnica precisa e puntuale. La logica era il suo forte.

Bohr scrisse di lui: «Ogni volta che Dirac mi manda uno suo manoscritto rimango basito: la sua scrittura è così pulita e priva di correzioni. Mostra le cose scientifiche anche con un estremo gusto estetico».

«Dirac, perché hai corretto solo pochi errori di stampa?» gli domandò Bohr.

«Perché non ne faccio».

«Ma avevi tempo per correggere o integrare, visto che sono passate due settimane. Non hai avuto nuove idee da allora?»

«Prima di scrivere, io penso prima. Me lo diceva sempre mia mamma. E così quando arrivo alla scrittura, è perché sto mettendo giù il lavoro più bello, più completo, che io possa fare».

Si racconta che Dirac frequentasse le lezioni di matematica per gli studenti molto più avanti di lui. Una volta si fermò ad ascoltare in ultima fila un professore autore di alcuni libri divulgativi sulla matematica e la fisica. Lui

aspettò il momento delle domande finali, e poi prese la parola.

«Dottor Green, mi permette?»

«Prego, la parola a quel giovanotto laggiù...»

«Lei ha praticamente dedicato tutta la sua vita all'educazione della gente comune a complesse idee scientifiche altrimenti troppo ostiche...»

«Sì, certo, è così... continui pure...»

«Be', ecco, come dire... ha mai preso in considerazione l'idea di dedicarsi a qualcosa di utile? Per esempio leggere alle persone anziane...»

«Come dice?»

«Non parlo dei suoi libri, ovviamente. Pensavo a qualcosa di vagamente interessante...»

«Come?!»

«Sto scherzando, sono un suo ammiratore».

Questo per dire qualcosa in più su Dirac. Alla cena dei fisici, ora ne siamo certi, avevano ben poco le idee chiare su di lui, e sul suo modo di essere quando non mascherava tutto con quella sua limpida, assoluta, timidezza autoimposta. Viveva semplicemente in una specie di multiverso ostinato e contrario.

A tavola, intanto, era tornato il gioco dei numeri.

«E allora, lor signori, vorrei sapere adesso chi mi sa dire il promesso sposo di 48...» disse Richardson, sfidando gli altri.

Il silenzio si protrasse più del solito. Questa volta Aletta non cadde nello stesso errore di dire un numero a caso. E Lorentz spiegò ancora una volta il significato di numeri che sono uno il promesso sposo dell'altro, o numeri fidanzati.

«I fidanzati sono numeri tali che la somma dei divisori propri, ed escluso l'1 di uno, dà come risultato l'altro e viceversa» ripeté con tono cantilenante, e guardando sia Aletta sia Marion, ma poi lanciando una decisa occhiata a Richardson intendendo chiaramente: «Basta con questi giochi, o mi devo mettere a fare lezioni di matematica per tutta la sera». Richardson recepì al volo il messaggio del vecchio Lorentz, e rispose lui stesso al suo quesito.

«È 75!» disse. «Ma il viaggio di nozze è rimandato...» aggiunse, per trovare una giusta conclusione a quel momento ludico in cui solo lui sentiva di essere entrato. Scansò il piatto con alcuni pomodori rossi messi a

centrotavola quasi come ornamento, e si zittì. Come un bambino privato del suo leccalecca preferito.

Terza portata «LA POLARIZZAZIONE EPISTOLARE»

*Quartier d'Agneau rôti Brabançonne
Haut Sauternes del 1916*

Re Alberto e la regina Elisabetta amavano spesso intrattenersi con artisti, pittori, attori, registi, oltre che con medici, scienziati, pensatori, filosofi. Ogni arte, ogni settore della conoscenza umana li incuriosiva, li appassionava. I loro saloni erano sempre pieni di gente di talento, in questa o quell'altra disciplina. La regina era una grande amante delle serate in compagnia, a discorrere di musica, di teatro, di scienza. In questo andò molto d'accordo con il marito. Lei si diletta nelle conversazioni più audaci, cercava di trattare argomenti non certo semplici e di facile fruizione, azzardava collegamenti e qualche volta faceva grandi confusioni e gaffe inverosimili. Ma, come dire, alla regina tutto era perdonato.

Durante la cena con i fisici quantistici, anche re Alberto si inoltrò in due occasioni in terreni – diciamo così – non proprio suoi. Una volta fu per rompere il ghiaccio con Marie Curie, la quale non gli diede nemmeno il tempo di scusarsi e cambiò semplicemente discorso, per evitare toppe troppo vistose alle sue nefaste considerazioni su elementi della tavola periodica certamente non di facile e leggera discussione. Un'altra volta fu con Hendrik Lorentz, il quale si dimostrò più magnanimo della scienziata polacca. Lorentz fece finta di niente, anche se re Alberto aveva commesso un grave errore proprio mentre cercava di spiegare il significato più profondo che un fisico ricopre nella società.

Concetti altissimi, non quanto quelli toccati quella sera da Mark, il capitano

d'artiglieria. Che di altro non parlava se non di vino, incontri d'onore, e galoppate a cavallo. Anche Albert Einstein intratteneva tutti con discussioni più o meno leggere, quella sera. Il fatto era che non voleva certo distrarsi con la fisica, vista la presenza di tante bellezze femminili al tavolo. Il solo dialogo con l'altro sesso lo affascinava, con le parole si consolava. Gli era stata preclusa ogni speranza di dialogo con il suo acerrimo nemico Niels Bohr, e quindi non trovava altra soluzione se non quella di dedicarsi alle bellezze femminili. Con la regina Elisabetta, Einstein iniziò un dialogo abbastanza surreale, basato su calembour e assonanze. Lei stette al gioco, e mai si annoiò un solo istante. La regola era dire in successione una serie di freddure, con il tempo che scorreva sulle dita di Einstein. Ognuno aveva cinque secondi, quante le dita di una mano.

«Due rette parallele si incontrano dopo l'infinito, quando ormai non gliene frega più niente» esordì Einstein.

«Non ho fame, non ho sete, non ho caldo, non ho freddo, non ho sonno, non mi scappa niente: come sono infelice» ribadì la regina.

«Non esistono innocenti: tutti abbiamo passato un raffreddore a qualcuno» intervenne Einstein.

«L'importante è che la morte ci trovi vivi» disse la regina.

«Era avarissimo: quando dava la mano porgeva solo due dita» disse Einstein.

«Chi è felice è stupido. Non è vero ma consola» disse la regina.

«Non ho niente da dire, ma lo devo dire» disse Einstein. E andarono avanti così, ancora per un po', finché il gioco non venne interrotto dall'arrivo della terza portata. Come al solito, fu annunciata a gran voce dal cameriere: «*Quartier d'Agneau rôti Brabançonne*».

Mark si aspettava un nuovo cambio del vino, e invece dovette accontentarsi di un rabbocco del precedente. Come vuole il galateo, dopo il piatto di carne, sarebbe stato possibile alzarsi da tavola per fumare una sigaretta, o fare due passi. Bohr non aspettava altro. Aveva voglia di parlare un po' con il suo amico. Dopotutto li avevano tenuti lontano da troppo tempo, non era conciliabile quella distanza con il loro continuo lavoro intellettuale, anche mentre erano alle prese con tutt'altro genere di argomenti. Per Bohr era una forzatura non parlare di fisica e dei suoi studi. E per di più in presenza di Einstein: moriva dalla voglia di parlargli ancora per un po'. Chissà quando sarebbe capitata un'altra occasione. Ma non era ancora il momento, il giro dei

camerieri intorno al tavolo era ancora in corso, e la terza portata doveva ancora essere consumata.

Aletta e Marion commentarono il piatto che era stato appena servito davanti a loro. A entrambe ricordava qualcosa.

«A me l'agnello piace cucinarlo secondo l'antica ricetta, quella che prevede una salsa d'aglio sopra...» disse Aletta.

«Mah... guardandolo devo dire che io ho provato a cucinarlo così come ce lo propongono loro, e ho sempre fatto un'ottima figura... la tua ricetta cosa prevede?» disse Marion.

«Durante la cottura dell'agnello, preparo la salsa: schiaccio in un mortaio dieci spicchi d'aglio mescolati con un po' di sale, pepe, un pizzico di timo e alloro in polvere. Quando tutto è ben amalgamato, aggiungo tre o quattro cucchiaini di buon aceto. Passo poi questo composto su un panno fine, lo arrotolo e applico una torsione, per far liberare il succo di aglio. Aggiungo due cucchiaini d'olio e servo direttamente sul piatto di ciascuno, quando metto la porzione di agnello» spiegò Aletta, accompagnando con i gesti la descrizione dettagliata della sua ricetta.

«Ottima idea quella del panno, per eliminare il succo d'aglio in eccesso» commentò Marion.

Ma ora entriamo nel dettaglio dei comportamenti più diffusi tra i fisici seduti a quel tavolo. Una delle caratteristiche comuni al gruppo era la forte consapevolezza di quali fossero le loro paure. Ognuno di loro ne aveva un elenco, che spesso aggiornava. Avevano inoltre un'innata propensione a interessarsi solo di particolari specifici e di attività insolite, come progettare case, disegnare scene altamente dettagliate o studiare astronomia. Altri argomenti erano serpenti, nomi di stelle o dinosauri, e – come abbiamo già detto – treni. Soprattutto Marie Curie e Einstein mostravano tutte queste caratteristiche, così come de Broglie. Parlavano spesso da soli; e spesso pensavano ad alta voce. Avevano una memoria eidetica, e spesso non dimenticavano situazioni o discussioni avvenute anche anni prima. Erano in grado di stringere e mantenere solo poche amicizie intime per tutta la vita. E difficilmente seguivano le norme sociali, le mode o il pensiero convenzionale. Per questo sviluppavano il pensiero creativo e il desiderio di occuparsi di interessi e obiettivi originali. Ma tutti avevano in comune un'altra cosa: la predilezione per le regole e l'onestà. Per questo i risultati eccellenti a scuola erano la norma, così come un posto nella società. Anche se

poi non sapevano mantenerlo.

«Nella mia personalissima classifica delle cose che detesto o mi fanno paura metto ai primi tre posti i colibrì e gli uccelli in generale, il rumore delle cascate, l'odore dei portacenere. La vostra, madame Curie?» disse Einstein.

«Le mie paure più grandi sono i ragni e le persone che si dilettono a stare a testa in giù» rispose Marie Curie.

«Ma perché ce l'ha così tanto con gli uccelli, dottor Einstein?» chiese il re, senza nemmeno soffermarsi sulla risposta di madame Curie, altrettanto curiosa.

«È molto semplice, il mio primo ricordo è un colibrì che si fionda in picchiata nel mio passeggino per rubarmi il succo di mela dalla mia tazza con il beccuccio» disse Einstein.

«Ma i colibrì sono tutto sommato carini» disse il re.

«I colibrì sono biechi vampiri del mondo floreale» disse Einstein.

«Restano la mia prima scelta per un disegno da tenere sulla scrivania. Se mai ne volessi fare uno» disse Marie Curie, ancora una volta ignorata da tutti.

«All'età di sette anni un pollo assetato di sangue mi costrinse a rifugiarmi su un albero, all'età di dieci anni una gazza ladra cercò di rubarmi un pezzo di pane dalla bocca, all'età di dodici anni un pappagallo in un negozio di animali mi chiamò cicciobomba... Credo di aver portato abbastanza esempi sul perché gli uccelli mi facciano così paura» disse Einstein, tenendo il tempo con i piedi sotto il tavolo, a ogni punto dell'elenco.

«Sì, la prego, Einstein... trovo i suoi ricordi molto divertenti» disse de Broglie, ridendo.

«Finché non ho creato un raggio della morte per uccelli nella mia stanza. Una specie di suono, molto fastidioso, che li teneva lontani» disse Einstein.

«Se avessi un raggio della morte me ne vivrei tranquillamente nel mio covo, vivendo dei soldi che la popolazione mondiale mi darebbe per non usare il raggio della morte» disse Bragg, affrettandosi a bere l'acqua che gli era stata versata dal cameriere e che sciaguratamente aveva riempito più di metà bicchiere.

«Ragionamento molto arguto... ma sentiamo lei, de Broglie, cosa ci farebbe con il raggio della morte?» chiese Einstein, che ci stava prendendo gusto a parlare con il francese.

«Semplicemente lo userei come segno di riconoscimento da mettere fuori dal cancello di casa, per poi scoprire che tutti i proprietari del raggio della

morte avrebbero fatto lo stesso, e capire solo dopo averlo azionato che in realtà si trattava di un semplice raggio di luce che al massimo spaventa le zanzare, perché i colibrì non hanno certo i sensori di altri volatili più piccoli in natura» disse de Broglie, e subito dopo chiese al cameriere di fianco a lui se mai sarebbero arrivati i formaggi a pasta dura.

«E mi dica, Louis, quali sono le sue paure?» chiese Einstein.

«La mia paura più grande è stata quella di fare il servizio militare, durante la guerra» disse serio de Broglie, torcendosi le mani, non sapendo con cosa giocherellare, e aspettando il formaggio con una certa ansia.

Louis de Broglie era l'aristocratico del gruppo. Viveva solitario e appartato in un castello, e in solitudine elaborò la teoria ondulatoria della materia che espose al Congresso di Bruxelles, e per cui riceverà il Nobel due anni dopo. Il suo lavoro sarà lo spunto su cui Schrödinger svilupperà la sua concezione della fisica quantistica, e Einstein avrà grande stima di lui. Dapprima de Broglie propose una lettura deterministica della teoria dei quanti, e proprio durante l'esposizione all'istituto di fisica Solvay non raccolse gli applausi di chi appoggiava, invece, la scuola di Copenaghen (quasi tutti, tranne Einstein e Schrödinger). Fu così che si avvicinò all'interpretazione tradizionale della scuola di Bohr. Ma alcuni anni dopo riprenderà la sua vecchia infatuazione, e grazie agli studi di David Bohm, nel 1952 tornerà alla sua prima convinzione.

Louis Victor de Broglie era figlio di Victor, duca di de Broglie, e Pauline d'Armaillé, ed era il più giovane di cinque fratelli. La sua famiglia aveva origini nobili italiane, i Broglia piemontesi. Anche il fratello Maurice divenne fisico, ma a differenza di Louis sarà uno sperimentale. Alla Sorbona si iscriverà alla facoltà di storia nel 1909, ma colpito dagli studi di Henri Poincaré decise di cambiare, anche dietro consiglio della sorella. Il piccolo Louis non riusciva a stare zitto in casa, parlava sempre, e diceva tutto quello che pensava, anche se a volte i suoi pensieri erano monotoni e a senso unico.

«Aveva una memoria prodigiosa, e conosceva a memoria intere scene dal teatro classico, che ha recitato sempre con inesauribile verve. Sentendo i nostri genitori discutere di politica, improvvisava discorsi ispirati dai racconti sui giornali, e sapeva elencare le liste complete dei ministri della Terza Repubblica. Poi sapeva tutte le capitali degli stati a memoria. E faceva di conto con una velocità impressionante» scrisse Pauline sul fratello. Per questo gli suggerirono di studiare fisica, quasi che questa facoltà raccogliesse più facilmente i bambini con tali caratteristiche. Divenne un fisico teorico. La

sua tesi di dottorato fu sulla splendida simmetria della natura, e il dualismo onda-particella, sotto lo sguardo attento del professor Langevin, suo padrino di laurea. Negli anni della guerra, Louis prestò il servizio militare e rimase nell'esercito fino al 1919. Pubblicò centinaia di articoli scientifici e più di venti libri. Verrà penalizzato dal suo isolamento, perché non riuscirà mai a inserirsi nei circoli in cui stava nascendo la teoria dei quanti. Ma la solitudine sarà una necessità che Louis de Broglie difenderà fino alla morte. Non si sposerà mai, né avrà figli. Il rompicapo della fisica quantistica sarà la sua unica ragione di vita.

La tosse di Max Born si stava facendo sempre più insistente. Schioccò ancora le dita, così, solo per controllare una volta di più che fosse tutto a posto. E si concesse un minuto, controllando l'orologio da taschino, per misurarsi le pulsazioni dal polso sinistro. Max Born, invece, aveva la curiosa abitudine di indossare calze con un colore che rispecchiasse il suo umore. Rosse per la rabbia, gialle per la paura, blu per la speranza e verde per il coraggio. Siccome non trovava il colore della stanchezza, in quei giorni aveva deciso di indossarle grigie. Ed era da alcune settimane con quel colore. Aveva proprio bisogno di un po' di riposo, il povero Born.

Per molte ragioni, i fisici non sono persone molto espansive. In particolare, non hanno mai coltivato molto l'amore per un altro individuo. L'anaffettività regnava sovrana. Einstein cambiò diverse mogli. Schrödinger non troverà mai quella giusta. Pauli mai la cercherà. Max Born, invece, a dispetto di tutti, aveva a cuore solamente sua moglie Hedi, anche se spesso le combinava enormi pasticci. Come quella volta che spedì una lettera ad Albert Einstein. È proprio su questa intensa attività epistolare di Einstein che si era aperta una nuova discussione al tavolo. Einstein amava mandare e ricevere lettere. Era quello il suo più intimo scambio di affetto. Anche se non sempre si trattava di corrispondenza piacevole.

«In molti possono dire di aver ricevuto una mia missiva negli ultimi anni. Mi dedico con molto trasporto alla scrittura delle lettere, è un'attività che mi rilassa» disse Einstein, fingendo di scrivere sulla tovaglia con la forchetta.

«Anche se non sempre si ricevono belle notizie in cambio» disse Max Born, riferendosi a una lettera che sua moglie Hedi gli aveva spedito qualche tempo prima, e cercando di non mangiarsi le parole vista l'importanza che aveva per lui questa frase.

«Guardi, per una brutta, ne seguono sempre tre positive. È questa la

statistica, che ho elaborato su un numero consistente di prove» rispose Einstein, continuando a fingere di scrivere con la forchetta e disegnando solchi sulla tovaglia.

«Anche per me vale lo stesso» disse Elisa, intervenendo in una discussione dove certo non sapeva di cosa si stesse parlando.

Dunque, se vogliamo stilare la classifica delle migliori e delle peggiori lettere ricevute da Einstein – che sì, era uno che ne scriveva veramente tante, ma non quante ne riceveva – vale la pena ricordare due episodi. Uno in negativo, l'altro in positivo. Uno è datato 15 novembre 1920, l'altro 12 marzo 1924. Partiamo dal primo.

Max Born era sposato con Hedi, una donna bellissima che lui amava alla follia, al punto che non esisteva e non esisterà nessun'altra donna al di fuori di lei nella sua vita. Fino al 1921 Born aveva avuto la responsabilità di gestire il proprio istituto di fisica teorica presso l'Università di Francoforte, e come Bohr era schiacciato dalle molte responsabilità amministrative, inoltre era debole di salute, per via dei tanti problemi respiratori che lo costringevano a cercare regolarmente i poteri curativi delle terme e l'aria pura delle Alpi. Einstein ed Ehrenfest erano di casa in quell'istituto. Ehrenfest spesso andava a trovarlo con la moglie Tatyana e la figlia maggiore, che studiava fisica e matematica, e un paio di assistenti. A volte Ehrenfest anche portato con sé il suo pappagallo di Ceylon, al quale aveva insegnato a dire, per il divertimento degli ospiti scientifici: «Ma, signori, non esiste solo la fisica».

Einstein invece andava spesso da solo. Facevano un trio, Max, Hedi e Albert, e così cenavano e finivano per parlare ore prima di dormire (era soprattutto Einstein che li intratteneva con le sue storie). Born era un paio d'anni più giovane di Einstein, entrambi erano di origine tedesca, ebrei, e con opinioni simili sulla politica. Avevano inoltre condiviso la disperazione per la follia nazionalista in Germania. Ma c'erano stati alti e bassi nel loro rapporto. L'unica volta che Einstein portò la moglie di allora, Elsa, a Gottinga dai coniugi Born, capì subito che Hedi non la sopportava, e cercava ogni pretesto per attaccarla. La lettera di cui parlavamo prima fu spedita da Hedi, nei primi giorni di novembre del 1920, ad Einstein arrivò il 20, e aveva toni molto decisi, addirittura crudeli.

Elsa e Albert si erano sposati soltanto da un anno, e Hedi scrisse questa lettera di sei pagine, in cui in maniera graffiante diceva tutto quello che pensava di lei. Hedi accusò Elsa di abbindolare Einstein, di prenderlo in giro,

di manipolarlo, e di influenzare i suoi giudizi in base a quello che lei pensava di cose, situazioni e persone. Inoltre Hedi accusò Elsa di sfruttare Einstein, nei momenti in cui era malato, per apparire e per far girare il suo nome.

Albert e Max, a causa di questa lettera non si parlarono e non si videro per due mesi. Finché un giorno Einstein decise che Born non c'entrava e così riprese i rapporti con lui, ignorando da quel momento in poi la moglie. Max Born era spesso in imbarazzo per i comportamenti della moglie, non sapeva mai cosa le passasse per la testa, e spesso non sapeva neanche dove si trovava, quando lui era fuori casa per lavoro. Finché si trattava di andare a cene di gala o concerti, tutto filava liscio, ma per il resto... Per Born la situazione era poco chiara, e probabilmente pensava: «Le donne non le capirò mai».

La seconda lettera importante per Einstein è bella per lui dal punto di vista professionale. Segnerà la svolta. Gli fu recapitata il 12 marzo 1924, e a distanza di qualche giorno ne riceverà un'altra altrettanto importante.

La prima lettera arrivò quando Einstein si era distaccato emotivamente dalla teoria dei quanti per diversi anni, e non senza un fermento interiore che non gli faceva dormire notti tranquille (nei limiti in cui si tormentava Einstein, cioè molto meno della media delle persone normali). Non sapeva se prendere di nuovo in mano la teoria o abbandonarla del tutto, ma la lettera gli infuse un nuovo entusiasmo. Il mittente era un giovane fisico indiano, Satyendra Nath Bose, dell'università di Dacca. Ai quei tempi Dacca, e l'India più in generale, era ancora sconosciuta in Europa. Bose aveva inviato a Einstein la copia di un documento per chiedergli un consiglio, ma prima di tutto un commento sulle sue idee sulla fisica quantistica. L'editore indiano si era rifiutato di pubblicare l'articolo, e Bose chiedeva a Einstein se riuscisse a trovare il tempo di leggerlo e, se avesse ritenuto il caso, tradurlo dall'inglese per inviarlo a un editore tedesco, senza dubbio più preparato sull'argomento. Poteva sembrare molto presuntuoso, da parte del giovane indiano. Ma Einstein non era certo tipo da guardare gli altri dall'alto al basso, e così lesse subito il documento. Anche se si trattava di uno sconosciuto. Nel suo articolo Bose dava una nuova definizione di quanto di luce, ricavata dalla formula di Planck. Qualcosa che nessuno aveva mai fatto prima. Bose utilizzava solo la meccanica statistica, ma Einstein modificò e migliorò l'articolo, prima di tradurlo e darlo alle stampe. La raccomandazione di Einstein, scolpita nella roccia, fu questa: «Secondo me la derivazione di Bose dei quanti dalla

formula di Planck significa un importante passo avanti per la fisica quantistica. Il metodo utilizzato tiene conto di una statistica non ancora raccontata, su cui lavorerò in dettaglio altrove e molto presto». In seguito Einstein creerà con Bose la statistica che prende il loro nome (la statistica di Bose-Einstein).

In parallelo, anche de Broglie creerà il suo piccolo capolavoro. E la dualità onda-particella prenderà corpo (e luce!). Fu proprio Langevin (professore del suo corso di studi, ed esaminatore della tesina) a spedire a Einstein la tesi di dottorato di de Broglie, sempre per posta. In questo caso la lettera di Langevin che presentava il lavoro di de Broglie era entusiasta, così tanto da trasmetterglielo. Einstein non poté che congratularsi pubblicamente per la bellezza e la simmetria della natura di cui parlava l'aristocratico francese. È forse questa la seconda lettera in ordine di bellezza che Einstein abbia mai ricevuto nella sua vita professionale.

Si racconta che Langevin girasse spesso con la copia della tesi di de Broglie sotto il braccio, e la mostrasse a tutti dicendo: «Mi sembra incredibile averla tra le mani. È frutto del mio fratellino più amato, una mente incredibile, una bravura eccelsa. L'allievo ha superato il maestro». I risultati successivi di Einstein utilizzeranno il lavoro di Bose e di de Broglie. Ma gli scienziati, tra cui quelli di Copenaghen e Monaco di Baviera, si dimostreranno molto scettici su questi due lavori. «Nessuno ha preso sul serio l'idea di de Broglie». Questa fu la frase riferita da uno studente di Copenaghen, riportata in una lezione di Niels Bohr. Max Born studiò la teoria delle onde di de Broglie soltanto un anno dopo, e su sollecitazione di Einstein. Dopo averlo fatto, Born inviò una lunga lettera a Einstein, il 15 luglio 1925, chiedendo scusa per il ritardo nello studio di quell'importante documento. Ma nella sua lettera Born ammise la difficoltà a cogliere il lavoro di Einstein sul gas di Bose, ma si complimentò per aver appoggiato lo slancio del francese de Broglie. Anche questa lettera fu di grande sprono per Einstein, e per i suoi studi.

Vista l'attenzione che Max Born riponeva nel lavoro di de Broglie, Heisenberg, che in quel periodo era a Gottinga, decise di sferrare un bel colpo, con lo spirito competitivo tipico di lui. Fu la volta della sua illuminazione. Scrisse un formalismo matematico che spiegasse alcuni passaggi logici della teoria dei quanti. Born fu molto sorpreso dalla rapidità di Heisenberg per contrapporsi a de Broglie. E inviò il lavoro a Pauli, per

avere un suo commento. Pauli rispose come suo solito: «È solo un formalismo noioso e complicato. Con la vostra matematica futile, state rovinando tutto il lavoro che si sta facendo sulla teoria dei quanti».

Ma Born era abbastanza soddisfatto, voleva utilizzare il metodo avanzato dell'algebra delle matrici. Si adattava alla sua convinzione secondo cui i problemi in fisica quantistica avrebbero dovuto essere risolti solo con l'uso di un nuovo strumento matematico. E così, lavorando in fretta e in modo indipendente, Born mise insieme un documento correttamente corredato delle regole matematiche di Heisenberg, come derivanti dall'algebra delle matrici.

Born scriverà a Bohr, per informarlo, e il danese gli risponderà con entusiasmo: «Sono così felice che l'idea di Heisenberg piaccia anche a te. Sono convinto che rappresenti un grande progresso e che la forma, che sia Jordan sia Heisenberg hanno dato, in un certo senso sarà piuttosto definitiva».

Per Born questo fu il trionfo più grande di Gottinga. Bohr, tuttavia, dopo la sconfitta del BSK non si diede per vinto, e si mise al lavoro. Ma per lavorare meglio chiamò Heisenberg e gli chiese di trasferirsi nella sua scuola. Einstein venne informato di tutto questo da Ehrenfest, ancora una volta per lettera. Per Einstein la corrispondenza con Ehrenfest, alla luce di come finì tragicamente la vita dell'olandese, non fu una cosa piacevole: Einstein, dopo il suicidio di Ehrenfest, si chiederà a lungo se nelle parole dell'amico avesse dovuto intuire qualche segnale del suo stato di depressione, che lo avrebbe portato al suicidio.

Altre tre corrispondenze furono importanti nella vita di Einstein.

Una fu quella che scriverà a suo figlio Albert. Era il 1915, a trentasei anni Albert Einstein viveva a Berlino, mentre l'ex moglie Mileva viveva a Vienna con i due figli, Hans Albert (che all'epoca aveva nove anni) e Eduard (di cinque). Il 4 novembre Einstein aveva appena terminato un articolo scientifico di due pagine che avrebbe cambiato la storia della fisica, creando la sua teoria della relatività, e approfittò di un momento di riposo per scrivere una lettera al figlio più grande, in cui svela il segreto per imparare qualsiasi cosa.

Mio caro Albert,

ieri ho ricevuto con grande gioia la tua cara lettera. Avevo già paura che non mi avresti scritto mai più. Quando sono stato a Zurigo mi hai detto che per te è strano quando vengo lì. Perciò penso sia meglio incontrarsi in un altro posto,

dove nessuno potrà metterci a disagio.

In ogni caso farò in modo di passare ogni anno un mese intero insieme, per dimostrarti che hai un padre che tiene tanto a te e che ti vuole bene. Da me potrai imparare molte cose utili e belle, cose che altri non possono insegnarti facilmente.

Ciò che ho realizzato lavorando così strenuamente non dovrà essere utile solo ad estranei, bensì, e specialmente, ai miei ragazzi.

In questi giorni ho concluso uno dei lavori più belli della mia vita e quando sarai più grande te ne parlerò. Mi fa molto piacere che il pianoforte ti appassioni. Il pianoforte e la falegnameria sono a mio avviso le attività migliori da svolgere alla tua età, perfino meglio della scuola, perché sono molto adatte a persone giovani come te.

Al pianoforte, suona principalmente brani che ti piacciono, anche se l'insegnante non te li assegna. È questo il modo più efficace di imparare: quando si fa una cosa con tale appagamento che non ci si rende conto del tempo che passa.

Certe volte sono così assorto nel mio lavoro che dimentico di pranzare...

Albert

Storicamente, sarà importante anche un'altra lettera di Einstein, quella inviata il 2 agosto 1939 al presidente degli Stati Uniti, Franklin Roosevelt.

Signor presidente,

la lettura di alcuni recenti lavori di E. Fermi e di L. Szilard, comunicatimi sotto forma di manoscritto, mi induce a ritenere che, tra breve, l'uranio possa dare origine a una nuova e importante fonte di energia. Alcuni aspetti del problema, prospettati in tali lavori, dovrebbero consigliare all'Amministrazione la massima vigilanza e, se necessario, un tempestivo intervento. Ritengo quindi mio dovere richiamare la Sua attenzione su alcuni dati di fatto e suggerimenti.

Negli ultimi quattro mesi, grazie agli studi di Joliot in Francia e di Fermi e Szilard in America, ha preso sempre più consistenza l'ipotesi che, utilizzando un'adeguata massa di uranio, vi si possa provocare una reazione nucleare a catena, con enorme sviluppo di energia e formazione di un gran numero di nuovi elementi simili al radio: non vi è dubbio che ciò si potrà realizzare tra breve.

In tal modo si potrebbe giungere alla costruzione di bombe che è da supporre saranno di tipo nuovo e molto potenti. Uno solo di tali ordigni, trasportato via mare e fatto esplodere in un porto, potrebbe distruggere l'intero porto e parte del territorio circostante. D'altra parte, l'impiego di queste armi potrebbe risultare ostacolato dal loro eccessivo peso, che ne renderebbe impossibile il trasporto con aerei.

Negli Stati Uniti esistono solo modeste quantità di minerali a bassa percentuale di uranio; minerali più ricchi si trovano in Canada e nella ex Cecoslovacchia, benché i più cospicui giacimenti uraniferi siano nel Congo belga.

Alla luce delle precedenti considerazioni, Ella converrà con me, signor presidente, sull'opportunità di stabilire un collegamento permanente tra il governo e il gruppo di fisici che, in America, lavorano alla reazione a catena, collegamento che potrebbe essere facilitato dalla nomina di un responsabile di sua fiducia, autorizzato ad agire anche in veste non ufficiale. A tale persona dovrebbero essere affidati, fra l'altro, i seguenti compiti:

a) mantenersi in contatto con i dipartimenti interessati per tenerli al corrente di eventuali sviluppi e suggerire al governo misure atte ad assicurare la fornitura di uranio;

b) accelerare il lavoro di ricerca nel settore, attualmente svolto nei limiti di bilancio dei laboratori universitari, sollecitando, all'occorrenza, forme di finanziamento volontario da parte di privati disposti a contribuire alla causa, e assicurandosi altresì la cooperazione di laboratori industriali dotati delle attrezzature necessarie.

Mi si dice che la Germania, subito dopo l'occupazione della Cecoslovacchia, ha posto l'embargo sull'uranio proveniente da questo paese, il che non stupisce, quando si pensi che il figlio del Sottosegretario di Stato tedesco, von Weisszäcker, è membro del Kaiser Wilhelm Institut di Berlino, dove sono attualmente in corso esperimenti con uranio, analoghi a quelli svolti in America.

Distintamente, Albert

Infine, va ricordato lo scambio di lettere tra Einstein e il padre della psicanalisi, Sigmund Freud. L'anno è il 1932, la data il 30 luglio.

Caro signor Freud,

La proposta, fattami dalla Società delle Nazioni e dal suo «Istituto internazionale di cooperazione intellettuale» di Parigi, di invitare una persona di mio gradimento a un franco scambio d'opinioni su un problema qualsiasi da me scelto, mi offre la gradita occasione di dialogare con Lei circa una domanda che appare, nella presente condizione del mondo, la più urgente fra tutte quelle che si pongono alla civiltà. La domanda è: C'è un modo per liberare gli uomini dalla fatalità della guerra? È ormai risaputo che, col progredire della scienza moderna, rispondere a questa domanda è divenuto una questione di vita o di morte per la civiltà da noi conosciuta, eppure, nonostante tutta la buona volontà, nessun tentativo di soluzione è purtroppo approdato a qualcosa.

Penso anche che coloro cui spetta affrontare il problema professionalmente e praticamente divengano di giorno in giorno più consapevoli della loro impotenza

in proposito, e abbiano oggi un vivo desiderio di conoscere le opinioni di persone assorbite dalla ricerca scientifica, le quali per ciò stesso siano in grado di osservare i problemi del mondo con sufficiente distacco. Quanto a me, l'obiettivo cui si rivolge abitualmente il mio pensiero non m'aiuta a discernere gli oscuri recessi della volontà e del sentimento umano. Pertanto, riguardo a tale inchiesta, dovrò limitarmi a cercare di porre il problema nei giusti termini, consentendoLe così, su un terreno sbarazzato dalle soluzioni più ovvie, di avvalersi della Sua vasta conoscenza della vita istintiva umana per far qualche luce sul problema. Vi sono determinati ostacoli psicologici di cui chi non conosce le scienze mentali ha un vago sentore, e di cui tuttavia non riesce a esplorare le correlazioni e i confini; sono convinto che Lei potrà suggerire metodi educativi, più o meno estranei all'ambito politico, che elimineranno questi ostacoli.

Essendo immune da sentimenti nazionalistici, vedo personalmente una maniera semplice di affrontare l'aspetto esteriore, cioè organizzativo, del problema: gli Stati creino un'autorità legislativa e giudiziaria col mandato di comporre tutti i conflitti che sorgano tra loro. Ogni Stato si assuma l'obbligo di rispettare i decreti di questa autorità, di invocarne la decisione in ogni disputa, di accettarne senza riserve il giudizio e di attuare tutti i provvedimenti che essa ritenesse necessari per far applicare le proprie ingiunzioni. Qui s'incontra la prima difficoltà: un tribunale è un'istituzione umana che, quanto meno, è in grado di far rispettare le proprie decisioni, tanto più soccombe alle pressioni stragiudiziali. Vi è qui una realtà da cui non possiamo prescindere: diritto e forza sono inscindibili, e le decisioni del diritto s'avvicinano alla giustizia, cui aspira quella comunità nel cui nome e interesse vengono pronunciate le sentenze, solo nella misura in cui tale comunità ha il potere effettivo di imporre il rispetto del proprio ideale legalitario. Oggi siamo però lontanissimi dal possedere un'organizzazione sovranazionale che possa emettere verdetti di autorità incontestata e imporre con la forza di sottomettersi all'esecuzione delle sue sentenze. Giungo così al mio primo assioma: la ricerca della sicurezza internazionale implica che ogni Stato rinunci incondizionatamente a una parte della sua libertà d'azione, vale a dire alla sua sovranità, ed è assolutamente chiaro che non v'è altra strada per arrivare a siffatta sicurezza.

L'insuccesso, nonostante tutto, dei tentativi intesi nell'ultimo decennio a realizzare questa meta ci fa concludere senz'ombra di dubbio che qui operano forti fattori psicologici che paralizzano gli sforzi. Alcuni di questi fattori sono evidenti. La sete di potere della classe dominante è in ogni Stato contraria a qualsiasi limitazione della sovranità nazionale. Questo smodato desiderio di potere politico si accorda con le mire di chi cerca solo vantaggi mercenari, economici. Penso soprattutto al piccolo ma deciso gruppo di coloro che, attivi in ogni Stato e incuranti di ogni considerazione e restrizione sociale, vedono nella guerra, cioè nella fabbricazione e vendita di armi, soltanto un'occasione per

promuovere i loro interessi personali e ampliare la loro personale autorità.

Tuttavia l'aver riconosciuto questo dato inoppugnabile ci ha soltanto fatto fare il primo passo per capire come stiano oggi le cose. Ci troviamo subito di fronte a un'altra domanda: com'è possibile che la minoranza ora menzionata riesca ad asservire alle proprie cupidigie la massa del popolo, che da una guerra ha solo da soffrire e da perdere? (Parlando della maggioranza non escludo i soldati, di ogni grado, che hanno scelto la guerra come loro professione convinti di giovare alla difesa dei più alti interessi della loro stirpe e che l'attacco è spesso il miglior metodo di difesa.) Una risposta ovvia a questa domanda sarebbe che la minoranza di quelli che di volta in volta sono al potere ha in mano prima di tutto la scuola e la stampa, e perlopiù anche le organizzazioni religiose. Ciò le consente di organizzare e sviare i sentimenti delle masse rendendoli strumenti della propria politica.

Pure, questa risposta non dà neanch'essa una soluzione completa e fa sorgere una ulteriore domanda: com'è possibile che la massa si lasci infiammare con i mezzi suddetti fino al furore e all'olocausto di sé?

Una sola risposta si impone: perché l'uomo ha dentro di sé il piacere di odiare e di distruggere. In tempi normali la sua passione rimane latente, emerge solo in circostanze eccezionali; ma è abbastanza facile attizzarla e portarla alle altezze di una psicosi collettiva. Qui, forse, è il nocciolo del complesso di fattori che cerchiamo di districare, un enigma che può essere risolto solo da chi è esperto nella conoscenza degli istinti umani. Arriviamo così all'ultima domanda. Vi è una possibilità di dirigere l'evoluzione psichica degli uomini in modo che diventino capaci di resistere alle psicosi dell'odio e della distruzione? Non penso qui affatto solo alle cosiddette masse incolte. L'esperienza prova che piuttosto la cosiddetta «intelligenza» cede per prima a queste rovinose suggestioni collettive, poiché l'intellettuale non ha contatto diretto con la rozza realtà, ma la vive attraverso la sua forma riassuntiva più facile, quella della pagina stampata.

Concludendo: ho parlato sinora soltanto di guerre tra Stati, ossia di conflitti internazionali. Ma sono perfettamente consapevole del fatto che l'istinto aggressivo opera anche in altre forme e in altre circostanze (penso alle guerre civili, per esempio, dovute un tempo al fanatismo religioso, oggi a fattori sociali; o, ancora, alla persecuzione di minoranze razziali). Ma la mia insistenza sulla forma più tipica, crudele e pazza di conflitto tra uomo e uomo era voluta, perché abbiamo qui l'occasione migliore per scoprire i mezzi e le maniere mediante i quali rendere impossibili tutti i conflitti armati. So che nei Suoi scritti possiamo trovare risposte esplicite o implicite a tutti gli interrogativi posti da questo problema che è insieme urgente e imprescindibile. Sarebbe tuttavia della massima utilità a noi tutti se Lei esponesse il problema della pace mondiale alla luce delle Sue recenti scoperte, perché tale esposizione potrebbe indicare la strada a nuovi e validissimi modi d'azione.

*Molto cordialmente Suo,
Albert Einstein*

La risposta di Freud arriverà nel giro di qualche giorno. E sarà una lettera lunghissima, riassumibile in un concetto: «La guerra è colpa della natura intrinsecamente aggressiva dell'animo umano».

Torniamo alla cena, perché nel frattempo i nostri fisici si erano avventurati in un altro gioco, tutto basato sulle lettere immaginarie di Einstein. Si inventavano le situazioni, i luoghi, i momenti, e chiedevano a Einstein quale lettera avrebbe spedito e a chi, prendendolo anche un po' in giro per il fatto che lui era una celebrità, e non nascondeva certo l'orgoglio che la sua fama gli procurava.

«Il momento in cui una bella signorina, inebriata dalle parole del professore tedesco, prende coraggio e va a fargli i complimenti dopo una lezione...» disse madame Curie, molto divertita.

«Ah, chiaramente il noto professore chiederebbe subito l'indirizzo dove spedire la lettera!» disse Bragg.

«Certo. E il tono sarà dei più cordiali e aperti, naturalmente. Cara signorina, ho appreso con ammirevole interesse che lei possiede la più fresca delle doti che una ragazza della sua età possa avere, l'impertinenza, l'audacia. Continui così, non si fermi... Ecco, la lettera potrebbe essere questa» disse Einstein, anche lui divertito dal gioco.

«Che gentiluomo è lei, caro Einstein, nel prendersi cura della crescita delle nuove generazioni di fisici» disse Elisa con un tono allusivo che scatenò le risate generali.

«Il momento in cui un passante, anche un po' attempato, ferma per strada il professor Einstein...» disse ancora la Curie, sempre con il sorriso.

«Caro signore, noto con piacere che anche lei è succube del mio fascino, non potendole augurare cento di questi incontri, vista la sua tarda età, le auguro solo una buona giornata» disse Einstein, e scoppiò in una fragorosa risata, a cui fecero seguito anche quelle degli altri.

«L'ultimo... il momento in cui la signora delle pulizie sta per lasciare la casa del dottor Einstein, dopo aver fatto ordine tra tutte le sue lettere ricevute, e che occupavano un terzo dell'appartamento...» disse ancora la Curie, e diede a tutti il tempo di chiudere quel gioco.

«Cara signora, ogni volta che lei viene a sistemarmi casa noto con

crescente entusiasmo quanto solo le donne possano porre rimedio all'entropia, di cui noi uomini siamo invece vittime» disse Einstein, e con il coltello fece tintinnare il bicchiere, come a segnare la conclusione del gioco che aveva divertito tutti.

Un atteggiamento molto diffuso tra i fisici era quello di tenere d'occhio l'orologio, per scandire con esattezza le giornate. Avevano orari precisi, per ogni cosa.

Dalle 7 alle 7.15 Max Born era solito andare in bagno.

Dalle 14 alle 14.30 Marie Curie si concedeva un po' di relax.

Dalle 20 alle 20.10 Lorentz aveva il rituale della pipa, almeno quando era più giovane. Avevano giorni precisi durante i mesi nei quali facevano le cose.

Il primo giovedì del mese de Broglie andava a farsi tagliare i capelli. L'ultimo sabato del mese Richardson si concedeva il rituale di riscrivere l'algoritmo (anche se questa parola all'epoca non era nota!) della felicità, e consisteva nell'elenco delle cose che nel mese in corso gli avevano portato gioia e sorrisi. La sera della cena, appunto, era l'ultimo sabato del mese. E Richardson raccontò a tutti il suo rituale. Anche perché il vino stava iniziando a dare i suoi buoni risultati, e per molti dei presenti – ritenuti da tutti astemi – era una delle rare volte in cui si concedevano il vizio.

«Non ci trovo nulla di strano» commentò Nolf, stendendo le gambe sotto il tavolo e sollevandole.

«Mi fa piacere aver finalmente condiviso con voi questo mio segreto... è una sorta di liberazione!» disse Richardson, con un sorriso.

«Allora, se è il momento di esporre i nostri segreti in pubblico, posso anch'io contribuire con qualcosa di cui ho sempre provato molta vergogna» disse Nolf, anche lui reso più simpatico dal vino.

«Prego, si faccia avanti, senza esitare» disse Lefebvre, smanioso di sapere, e al terzo bicchiere.

«Be', ecco... io conservo ogni cosa mi sia appartenuta in passato, e tengo tutto in una stanza. La stanza, appunto, dei segreti. A volte mi chiudo in questa stanza, e ripenso a una certa volta. Non c'è una volta specifica che cerco, quando entro nella stanza, ma sono tutte immagini che mi arrivano, guardando gli oggetti che custodisco lì dentro. Magari posso fermarmi davanti al primo pallone con cui ho giocato da piccolo, oppure davanti alla

prima montatura di occhiali, oppure estrarre il cassetto con i primi fogli su cui prendevo appunti a scuola. Conservo tutto lì dentro. Ho anche una busta di plastica che contiene tutte le buste di plastica» raccontò Nolf, un po' emozionato, e stendendo di nuovo le gambe sotto il tavolo.

«Be', nel suo caso, anch'io non ci trovo nulla di strano» disse Richardson, spostando di nuovo il piatto con i pomodori che i camerieri gli avevano inavvertitamente rimesso davanti.

«Anch'io ho un piccolo segreto» disse a sorpresa Langmuir.

«Prego, siamo tutt'orecchi» disse Nolf, che risistemò le gambe più comodamente.

«*My god*, non pensavo di dirlo mai a qualcuno... mah, sì, lo farò...» disse Langmuir.

«Avanti, si faccia coraggio» disse Richardson, alzando il calice in un brindisi all'inaspettato momento di confidenze.

«Sì, provo una certa soddisfazione nel contrattualizzare ogni situazione mi capita nelle mie giornate. La contrattualizzazione si esprime sotto forma di foglio che riempio a mano, in cui scrivo il motivo di quell'azione, la dinamica con cui si è svolta, e le conseguenze. Faccio un esempio: se mi capita di fermarmi a fare un acquisto in strada, poi a casa contrattualizzo il fatto che l'acquisto sia servito per un motivo ben preciso nello stato del mio umore in quel momento; se mi capita di parlare con un'amica di mia moglie, poi contrattualizzo il momento esatto in cui è avvenuto e perché; se mi capita di trovare buffo un avvenimento, poi contrattualizzo il modo in cui l'ho vissuto... ecco, tutto qui...»

«Posso confermare ogni singola parola!» disse Marion, cercando in Aletta una qualche forma di compassione.

«Io posso solo dire che Hendrik mi fa annusare spesso il cibo anche per lui, prima di portarlo in tavola» disse Aletta, comunque tesa per aver rivelato un dettaglio nascosto del marito. Aletta Kaiser era nota per essere una grande «pasticciona». Era vestita con un abito in raso nero, con la copertura in tulle della gonna, le maniche corte, e addirittura uno strascico. Lorentz non rispose e rimase impassibile.

«Eh, no, cara Marion! Dovrebbe invece dire: posso sottoscrivere ogni parola!» disse Nolf e scoppiò in una risata fragorosa, coinvolgente, che fece alzare in aria anche i bicchieri del vino degli altri partecipanti al momento di sfogo delle proprie piccole, incredibili (incredibili, per una persona normale,

non per un fisico), manie.

La cena si stava rivelando una sorpresa per tutti. La gradazione dell'alcol saliva di portata in portata. Anche chi pensava di trattenersi, quella sera finì con l'alzare il gomito. Anche chi pensava di annoiarsi, trovò lo stimolo giusto per esprimersi. Tutto stava andando verso una direzione che nessuno poteva immaginare. E quello che abbiamo visto è ancora niente rispetto a quello che sarebbe successo di lì a poco.

Quarta portata «LA TURBOLENZA TEATRALE»

Timbale de Champignons Périgord
Aloxe-corton, 1914

Le strade di Bruxelles del 1927 non erano come quelle di oggi. C'era molto più verde, e meno palazzi; il terreno era collinoso, un saliscendi continuo, rispetto a quello piatto attuale; c'erano le carrozze e i venditori ambulanti. Le strade di Bruxelles, in particolare a fine ottobre, sono molto fredde, deserte, piene di foglie.

Per le strade, nel 1927, c'erano i cannoni in bella mostra, quelli della Prima guerra mondiale, ricoperti di fiori e di drappi con i colori del Belgio. Nella Grand Place, davanti all'attuale Musée de la Ville, ce n'erano addirittura dieci, uno accanto all'altro. C'erano i tram, i binari correivano lungo le strade, e le insegne triangolari degli spettacoli teatrali ricoprivano le basi dei lampioni. Nei pressi di place de Monnaie ce n'erano addirittura una ventina. C'erano *les marches aux fleurs* a ogni angolo delle vie più importanti, e le fioriste erano per la maggior parte donne in carne, con enormi cappelli, camice rimboccate (loro non avevano mai freddo) e gonne lunghe dai colori vivaci. C'erano gli uomini che trainavano le carriole, e distribuivano alimenti e oggetti di ogni tipo, a seconda delle richieste e delle necessità degli abitanti.

Uno dei primi saloni d'aviazione d'Europa era stato costruito in un padiglione nei pressi di rue Montagne aux Herbes Potagères, e vi si potevano trovare modelli veri e funzionanti: alianti, mongolfiere, e anche i primi aviogetti che attiravano sempre un gran numero di osservatori curiosi.

Erano esposte addirittura le biciclette volanti, e pure le ali risalenti ai tempi

di Leonardo da Vinci, che si potevano indossare per fingersi gabbiano o falco. C'era anche una grande esposizione di palloni gonfiabili, giganteschi, poco lontano dal parco, di fronte alla Gare Centrale. Bruxelles dava l'idea di immensità, di infinito. Ad alcuni tavolini disposti lungo rue d'Assaut si vendevano stampe, soprammobili, maglie di lana appena cucita e rattoppata, magari usata.

Le biciclette a tre ruote servivano ai ragazzi per il trasporto dei sacchi di farina o di materiale edile. Altri garzoni si servivano di carriole con due piccole ruote, e spesso dovevano fermarsi per il gran peso. Gli uomini avevano quasi tutti l'orologio da taschino, le donne i cappelli a conchiglia o a palloncino. Le scarpe femminili erano stivaletti molto stretti che salivano lungo il polpaccio con stringhe di cuoio. Le scarpe maschili avevano le fibbie, o erano in tessuto chiaro. I negozietti di mobili d'antiquariato erano ovunque, nelle vie e nelle piazze. Così come i caffè e le *boulangerie*, e i negozi di *vins et liqueurs*, che esistono ancora oggi.

Madame Curie, non più in giovane età, aveva ormai smesso di vestirsi con gusto. Preferiva mettersi qualcosa di comodo, il suo portamento era elegante di natura. Al tavolo dei fisici era l'unica vestita di blu, solo la borsetta mostrava quel pizzico di malizia che le era propria negli anni più freschi della sua vita. Aveva una certa spavalderia, ai tempi, nel parlare con gli uomini. Non si faceva certo problemi nell'interessarsi a cose anomale per le donne di quel tempo, parlava con una certa dimestichezza di motori e di elettricità. Era spavalda, aveva sempre la battuta pronta. Ma col passare degli anni non perdeva più tempo in discussioni inutili, e nemmeno si lasciava prendere da fascinazioni di poco prestigio.

Il lavoro veniva prima di tutto, e una certa serietà aveva preso il posto della leggerezza, anche se durante la cena l'abbiamo già vista alle prese con giochi e commenti maliziosi, quasi come se fosse tornata quella di un tempo. Merito del buon vino.

Durante la cena dei fisici, però, si lasciò andare spesso in chiacchiere più leggere con re Alberto e con il giovane Compton. Ma la sua attenzione era rapita soprattutto da Albert Einstein, da lui sì che poteva ancora imparare tanto. Anche se si sentiva ormai vecchia, e a fatica riusciva a incanalare le energie verso chiacchierate edificanti. Nessuno più si preoccupava di un possibile ritorno di fiamma tra Marie Curie e Paul Langevin, anche se gli organizzatori avevano pensato bene, nell'assegnazione dei posti, di tenerli

lontani.

Ma Marie Curie non era più vista come una *femme fatale*, erano ormai lontani quegli anni. Aveva i capelli grigi raccolti, ed era sull'orlo della sessantina. I suoi occhi erano offuscati dalla cataratta, e Marie mostrava le occhiaie perfino con una certa soddisfazione, quasi non vedesse l'ora di far vedere tutta la sua età. Non metteva neanche più un filo di trucco. Non è facile immaginare questa donna al centro di uno scandalo romantico, che fece parlare tanto la stampa scandalistica dell'epoca.

Stiamo parlando della relazione, iniziata nel 1911, tra Marie Curie e Paul Langevin. I due erano colleghi a Parigi, entrambi avevano partecipato alla prima conferenza Solvay, e lì era scoccato l'amore. La storia fu resa ancora più scandalosa per il fatto che Langevin era padre di quattro figli e il suo matrimonio andò all'aria, proprio a causa di questa avventura. La storia d'amore tra la vedova Curie e lo sposato Langevin causò una protesta pubblica tale che l'Accademia svedese, sul punto di assegnare il secondo premio Nobel alla Curie, aveva avuto dei ripensamenti. Malgrado la stampa intransigente dell'epoca attaccasse continuamente la donna, l'Accademia assegnò il premio a Marie Curie, con il consiglio tuttavia di non partecipare alla cerimonia. Un consiglio che lei ignorò. Madame Curie, un tempo soprannominata «la madre devota» e «l'aiutante solerte», diventò per tutti «la polacca», o ancora peggio «la ladra di mariti». Lo scandalo causò anche cinque duelli in difesa di Marie Curie, che Langevin dovette combattere per onore. Langevin rimediò solo piccole ferite, ma ad altri andò molto peggio.

Marie Curie sposa Pierre Curie nel 1895. Quando si conobbero Marie era solo la sua aiutante. Ma poi, grazie alla sua dedizione, divenne più brava del maestro. Madame Curie non era molto convinta del matrimonio: per lei l'indipendenza era una cosa seria.

Marie era una donna emancipata per i suoi tempi. Altre donne erano costrette, compiacenti o rassegnate, perché la società lo impone, a cercare nel matrimonio e nella maternità la propria realizzazione – madame Curie no, cercava la propria realizzazione in quello che faceva. Per questo Einstein la definì la più grande scienziata di tutti i tempi. Marie Curie dedicò la sua vita all'isolamento e alla concentrazione del radio e del polonio. Negli ultimi anni della sua vita fu colpita da una malattia quasi certamente contratta a causa delle lunghe esposizioni alle radiazioni di cui, all'epoca, si ignorava la pericolosità. Ancora oggi tutti i suoi appunti di laboratorio, persino i suoi

ricettari di cucina, sono considerati pericolosi a causa del loro contatto con sostanze radioattive. Sono conservati in scatole piombate e chiunque voglia consultarli deve indossare abiti protettivi.

Pierre muore accidentalmente nel 1906 travolto da una carrozza. Quell'anno insegnava alla Sorbona, e il giorno stesso della sua morte l'ateneo propose la cattedra a Marie Curie, la quale accettò senza esitazione: iniziò le lezioni il giorno seguente, e senza che nessuno le avesse detto niente pronunciò esattamente l'ultima frase con cui il marito aveva lasciato gli studenti il giorno prima, e da lì proseguì le spiegazioni.

Sedici anni dopo la grande passione fra Marie Curie e Langevin, tutto si era ormai raffreddato. Einstein, che era alla Conferenza Solvay del 1911, era l'unico a essere divertito dall'idea che madame Curie fosse stata al centro di una vicenda romantica. Einstein non prendeva certo sul serio queste cose, e men che meno quello che scriveva la stampa, o i pettegolezzi in generale.

«Ha un'intelligenza frizzante» disse Einstein di lei, prima della cena, a Max Born.

«Ma nonostante la sua passionalità, non è abbastanza attraente da diventare pericolosa» aggiunse poi, prima di entrare nella sala della Taverne Royale.

«Per me è, e rimarrà sempre, la grande scienziata. Perché io guardo solo i suoi risultati» scriverà Einstein in una lettera successiva.

Un altro fisico molto attratto dall'intelligenza di Marie Curie era Max Born. Tutti sapevano che Born amava moltissimo la moglie Hedi, e mai avrebbe pensato di tradirla. Al contrario di Hedi, che una volta confessò a Ehrenfest di aver fatto amicizia con un matematico, conosciuto per caso camminando per strada, per cui avrebbe perso la testa. Hedi raccontò nel dettaglio questa avventura occasionale proprio a Ehrenfest. Ma lui mantenne sempre il segreto, anche quando ci fu l'occasione di incontrare Max Born, e così pure alla cena dei fisici a Bruxelles. Il V Congresso Solvay non era certo l'occasione giusta per raccontargli di quella scappatella della moglie. Così lasciò perdere, e non glielo disse mai.

D'altra parte, Born già era un uomo sull'orlo di una crisi di nervi, non avrebbe sopportato anche un tale dramma. Era sempre stanco, cagionevole di salute, stressato. In quel periodo a Gottinga aveva un assistente molto bravo, ma confusionario, e lo preoccupava moltissimo. Si chiamava Pascual Jordan,

un fuoriclasse della matematica, ma con un grande difetto. Non solo aveva problemi di salute, ma anche difetti di pronuncia molto gravi. Mal si rapportava con gli altri, balbettava, e creava molta confusione. Ma come matematico era inarrivabile, tanto da elaborare nuove teorie e risolvere numerosi problemi a Born stesso, e alla fisica in generale.

Torniamo alla cena. Stava per arrivare la pausa per la sigaretta. Una specie di rito, nelle cene d'alta classe. Ma in quel momento, tra una portata e l'altra, le discussioni dei presenti vertevano su un personaggio assente quella sera, Erwin Schrödinger. Altra testa calda, altro nome su cui in tanti avevano qualcosa da dire. Soprattutto dal punto di vista sentimentale, anche perché nessuno di loro aveva mai visto lo scienziato austriaco con la stessa donna.

«Non l'ho mai capito bene» disse Richardson, il solo che non aveva toccato il filetto nel piatto.

«Seppur i suoi lavori siano di qualità sopraffina, c'è qualcosa che mi sfugge sul suo conto» aggiunse Lorentz, durante la sua consueta annusata alla forchetta mentre era intento a mangiare l'ultimo boccone di carne.

«*Mon dieu... il n'y a pas de mystère...* quel tipo è piuttosto scapestrato» disse Langmuir, accarezzandosi la barba.

Dunque, Schrödinger. Nel pomeriggio, e nei giorni precedenti, Schrödinger si fece notare per il carattere piuttosto estroverso. Detestava ogni tipo di formalità, e non si tirava indietro se c'era da scherzare. Era il più entusiasta del gruppo. Non amava vestirsi seguendo le convenzioni, e nella famosa foto scattata a Leopold Park è il solo in abiti informali: una giacca di lino leggera, un papillon vistosissimo, e buffissimi occhiali rotondi, dai quali Schrödinger guarda da tutt'altra parte, certo non nell'obiettivo, probabilmente la mente rivolta già ad altro.

Schrödinger aveva fama di inguaribile sciupafemmine. Era molto *charmant* con l'altro sesso. Era anche un grande studioso della mente umana, aveva scritto *Mente e materia*, e con quello le stendeva tutte. Le donne pendevano dalle sue labbra, e riusciva a trovarne una diversa a ogni conferenza. Gli piacevano soprattutto le giovani, e tradiva continuamente la moglie. Gli argomenti che lo interessavano di più erano gli stessi che oggi fanno riflettere, e su cui si dibattono le scienze più attuali: le neuroscienze. La modernità dei suoi ragionamenti era davvero stupefacente.

Il paradosso del gatto di Schrödinger è un esperimento mentale con lo scopo di illustrare come l'interpretazione *ortodossa* della meccanica quantistica fornisca risultati paradossali se applicata a un sistema macroscopico. L'esperimento nascerà nel contesto della discussione del paradosso di Einstein-Podolsky-Rosen, che criticherà l'*entanglement* quantistico, proprio dell'interpretazione di Bohr, Heisenberg e della scuola di Copenaghen. Schrödinger, che condivideva con Einstein lo scetticismo verso la teoria di Bohr, farà notare un altro aspetto problematico.

Schrödinger si chiede cosa succederebbe se chiudessimo un gatto in una scatola con un dispositivo contenente un veleno mortale e un nucleo atomico radioattivo. La particella emessa dal nucleo durante un decadimento innesca un meccanismo che rilascia il veleno nella scatola, e il gatto muore istantaneamente. Il momento in cui il nucleo radioattivo decade è un evento che non si può prevedere precisamente. È possibile dire solo che esiste una certa probabilità di decadimento dopo un certo periodo di tempo.

Secondo Schrödinger, finché non apriamo la scatola per controllare il suo stato di salute, non possiamo dire se il gatto sia vivo o morto, ma deve trovarsi in entrambi gli stati contemporaneamente. Il gatto o è vivo o è morto, e l'apertura della scatola non può certo influenzare il risultato; sicuramente si tratta solo della nostra ignoranza di quello che è già successo. Schrödinger si rifà al trucco della doppia fenditura (spiegato già da Einstein): finché non guardiamo come si comporta, l'atomo non passa da una fenditura o dall'altra, ma da entrambe contemporaneamente. Non si tratta di un trucco matematico, ma del solo modo per spiegare la figura d'interferenza che si forma sullo schermo. Bohr e Heisenberg, invece, dicono che il gatto non può essere vivo e morto contemporaneamente, e il gatto non può essere un'entità fornita di realtà indipendente finché non si apre la scatola per controllare. Finché la scatola è chiusa non abbiamo niente da dire sullo stato del gatto, perché non possiamo descrivere la realtà in assenza di misure. Potremo farlo solo quando apriremo la scatola.

La grandezza di Erwin Schrödinger sta anche in altro. Non gli interessava il presenzialismo, non gli importava omaggiare i potenti, non gli interessavano la forma, le frasi fatte e i luoghi comuni. Rifuggiva da ogni forma di rigore, di ritrovo istituzionalizzato. Aveva solo un debole: le belle donne. Creerà l'equazione di Schrödinger, un'equazione fondamentale tra le più belle in assoluto. Solo quella di Dirac gli darà del filo da torcere. Entrambi

riceveranno il Nobel nello stesso anno, il 1933, «per la scoperta di nuove forme produttive di teoria atomica».

Ancora oggi l'esperimento del gatto di Schrödinger è tra gli aneddoti di fisica più citati al di fuori dell'ambiente scientifico, da trasmissioni televisive a film, da videogiochi a fumetti (in quattro episodi di *The Big Bang Theory*, *Game of Thrones*, *Futurama*, *Doctor Who*; nei film *A Serious Man*, *Mean Girls*, *Repo Men*; nei videogiochi *Warframe*, *Final Fantasy*, *Puzzlecraft*; e in numerosissimi *web comics*), fino al Comic-Con di San Diego.

Torniamo alla cena. Tutti avevano ormai finito la terza portata, era il momento della pausa. Si alzarono in massa, e alcuni si diressero verso il salotto per i fumatori. Ci stava andando anche Einstein, ma fu fermato da una persona alle sue spalle. Era Niels Bohr. Era chiaro che non vedeva l'ora di parlare da solo con lui. Tutti, naturalmente, speravano di assistere a un altro scontro. Chi per una scusa, chi per un'altra, tutti temporeggiarono un po' intorno ai due fisici, che si trovarono uno di fronte all'altro. Uno ansioso di parlare, l'altro con la sigaretta in mano, che mai riuscirà ad accendere. Niels Bohr partì in quarta, senza preamboli. Prese un bel respiro, e iniziò il suo discorso. Ce l'aveva in canna, non vedeva l'ora di esporlo a Einstein.

«Non le è chiaro il significato fisico della relazione di indeterminazione. Perciò volevo richiamare l'attenzione su un'analogia che questa relazione ha con un riferimento alle basi della teoria della relatività, ossia sul concetto di simultaneità. In ogni misura utile per la definizione di questo concetto entra necessariamente la velocità della luce. Se ci fossero esperimenti che rendessero possibile una definizione precisa, per esempio segnali che si propagassero con velocità superiore a quella della luce, la teoria della relatività sarebbe impossibile. Lo ha stabilito lei, Einstein, questo...» disse Bohr, con aria di sfida.

«Ma non è questo il punto» rispose pronto Einstein, cercando di uscire dalle corde, a cui il pugile Bohr lo aveva stretto con una raffica di parole che suonavano come pugni. Bohr non gli diede il tempo di continuare. Un altro respiro, un'altra raffica.

«Una definizione più precisa non è possibile, perciò si è dato spazio al postulato della velocità di luce costante. Analogamente avviene con la relazione in cui c 'è sia p sia q . Se esistesse una definizione più precisa di

spazio e momento, la meccanica quantistica sarebbe impossibile. Solo la validità generale della relazione fra l'incertezza sulla posizione e quella sulla quantità di moto di una particella dà spazio ai fenomeni di interferenza tipici della meccanica quantistica» disse Bohr, quasi soddisfatto della prima raffica di concetti, chiusi e definitivi.

«Ma solo la scelta di associare un sistema di riferimento divide l'universo in spazio e tempo» riuscì a replicare Einstein. Che appoggiò definitivamente la sigaretta sul tavolo.

«Sì, ma nella fisica quantistica l'osservatore ha un ruolo fondamentale in questo. Si potrebbe trattare tutto l'universo come un sistema meccanico, ma poi resterebbe irrisolto il problema matematico, e l'accesso alle osservazioni sarebbe allora precluso. Per arrivare alle osservazioni si deve quindi isolare dall'universo un sistema parziale e fare ipotesi e osservazioni su di esso. Con ciò si distrugge il delicato rapporto tra i fenomeni e nel punto in cui separiamo il sistema che si osserva da un lato e l'osservatore e i suoi apparati dall'altro dobbiamo aspettarci difficoltà per la nostra osservazione» disse Bohr. Sempre più fiero, sempre più tronfio.

«E infatti io non ne faccio...» disse sorridendo Einstein, e guardandosi intorno per cercare una distrazione comune.

Ma trovò solo gli occhi attenti del resto del gruppo, che stava chiaramente ascoltando la discussione. Alle argomentazioni di Bohr seguivano sempre dei sì con la testa, quasi all'unanimità.

«Dobbiamo seriamente rivolgere le nostre attenzioni all'idea di onde di probabilità. Non c'è altra strada da seguire. Le onde non hanno la realtà immediata, che precedentemente abbiamo attribuito alle onde della teoria di Maxwell. Ma devono essere intese come onde di probabilità e perciò aspettarci che ogni nuova osservazione generi cambiamenti» disse Bohr, dando segni di tensione. Il sudore scendeva freddo dalla fronte, e aveva la salivazione azzerata.

«Non tieni conto di quando due sistemi quantistici sono a un certo istante eccitati in due stati, nel senso di Schrödinger» disse Einstein. In quel momento si prese la libertà di abbandonarsi di nuovo sulla sedia, visto che da quel punto del tavolo non riusciva a spostarsi, dopo l'agguato del suo amico, e visto che la pausa ormai se l'era giocata così. Non c'era via di scampo, meglio sedersi.

Si riunirono di nuovo al tavolo. Quasi nessuno riuscì ad andare a fumare, a

parte Nolf, Georges e Mark. Arrivarono lesti pure i camerieri, furono loro a chiedere se per caso preferissero fumare al tavolo. Tornarono anche il re e la regina, e tutti si sedettero. Qualcuno rispose sì, e si fecero portare dei portacenere, non prima di aver chiesto alle dame se il fumo poteva recare loro fastidio.

Bohr, dal canto suo, si sentì vittorioso, e se ne tornò al suo posto, ma incontrò sul suo tragitto Born e de Broglie, e quindi fermò anche loro. Ne aveva ancora. Non riusciva a fermarsi. Era un fiume in piena. Questa volta parlò con i due di fianco, ma rivolto alla tavolata.

«Se ci si attiene al significato statistico di Born delle onde di de Broglie, il risultato dell'osservazione al microscopio del movimento libero delle forze di un elettrone è molto chiaro. Si deve interpretare così: l'osservazione determina un pacco di onde o di probabilità che consta, attraverso la sovrapposizione che ho spiegato al Congresso, di onde di campo di frequenza che corrisponde a Δp , con $p = h/\lambda$. Questo pacco di onde si muove nello spazio non solo in linea retta, ma si allarga anche nel tempo. Per una nuova osservazione il pacco di onde dà la probabilità di trovare l'elettrone in un punto di specifico. Ma la nuova osservazione riduce il pacco alla grandezza originaria q , ed essa compie una scelta tra una molteplicità di possibilità riducendo così le possibilità future. Questa è l'instabile modificazione dell'immagine dell'onda in occasione dell'osservazione, ed è una caratteristica essenziale della meccanica quantistica» disse Bohr, con il chiaro intento di convincere eventuali scettici – se mai ce ne fossero stati, Einstein a parte – sulla sua teoria.

De Broglie non rispose, sentendosi anche un po' in imbarazzo per essere ancora in piedi. L'educazione avrebbe voluto ben altro comportamento, gli altri erano già seduti, compresa la regina. De Broglie si era alzato con la sola intenzione di andare a parlare con Georges, voleva parlare di Rivoluzione francese, di rivoluzionarie francesi, ma non ci riuscì. L'impeto, la veemenza del danese fermarono ogni desiderio suo e di chiunque altro a quel tavolo. Born, invece, era troppo stanco per reagire al ragionamento di Bohr, e quindi rimase in silenzio, e quando finì raggiunse pacatamente il suo posto.

Niels Bohr, alla cena così come durante le discussioni del Congresso, con le sue argomentazioni aveva trasformato l'apparente paradosso di Einstein in una splendida conferma del principio d'indeterminazione grazie a un'ingegnosa applicazione della teoria della relatività del suo avversario.

Einstein era impressionato dalla confutazione di Bohr del controesempio che lui stesso aveva elaborato contro l'interpretazione di Copenaghen, l'«esperimento della doppia fenditura». La fede di Bohr era inamovibile, ora Einstein ne aveva la certezza. Ma la fede di Einstein era altrettanto inamovibile. La battaglia era persa, ma non la guerra. Tutti erano dalla parte di Bohr, ora era chiaro una volta di più pure a Einstein. A quel tavolo, come al Congresso.

Tutti tornarono a sedersi, i camerieri arrivarono per servire la quarta portata. Arrivò lesto anche il cameriere che, forse con un passato nel teatro, annunciò il piatto successivo: «*Timbale de Champignons Périgord*». Poi giunse l'addetto alla mescita del vino, che aggiunse a voce bassa «*Aloxe-Corton, 1914*».

Mark, naturalmente, commentò ad alta voce solo questo passaggio degli ultimi dieci minuti, di cui si era perso tutto. «Anche il 1914 è un'annata niente male!» disse in evidente stato di alterazione da alcol.

A questo punto della storia, le chiacchiere tra i presenti si abbassarono di tono. La presa di posizione di Bohr, il suo impulso a sopraffare Einstein avevano bloccato ogni altro moto di pensiero tra i fisici. Erano le donne che si sentivano maggiormente parlare in quel momento. Marie Curie a parte, che rimase in silenzio.

Elisa Solvay incalzava Bragg e Compton nel racconto delle loro serate romantiche in Inghilterra e America, e voleva sapere tutto dei loro primi amori. Aletta Kaiser intratteneva il marito Lorentz con discussioni su questioni di vita privata e domestica, come fossero a casa loro. Marion Mersereau, alle prese con una macchia sul suo vestito color crema, aveva attirato l'attenzione della parte alta del tavolo, e il conseguente arrivo di tre camerieri pronti allo smacchio immediato con tre prodotti differenti.

La regina Elisabetta fu l'unica a dichiararsi per Einstein, dopo che lui si sedette di nuovo al tavolo. Gli mise una mano sulla gamba e gli disse alcune parole di conforto.

«Volevo farle i miei complimenti, riesce a passare da un argomento all'altro con estrema velocità di pensiero e altrettanta autorevolezza» disse lei.

Einstein, fuori dalla visuale di Bohr, si prese i complimenti e si buttò sul timballo fumante nel piatto. Ma nella sua testa frullava tutt'altro. Giravano pensieri forti, e altrettanta voglia di vendetta. La sconfitta però se la sentiva

addosso, ormai l'amico gliela aveva inflitta. Poteva solo uscirne da signore.

Niels Bohr invece ricevette gli sguardi di ammirazione di tutti gli altri, per la lezione magistrale servita a Einstein. Aveva tutti dalla sua parte. La sua parlantina, d'altra parte, aveva già sedotto tutti. E non solo durante quella cena. Bohr riusciva a tenere banco anche nei giorni di grande stanchezza. Aveva bisogno di attirare le attenzioni, e quando lo faceva era per conquistare la testa degli altri.

Malgrado quello che si può pensare dalle ultime discussioni, in futuro i ritrovi saranno molto più rilassati. Ci sarà il tempo del relax e dell'ironia, anche se solo per brevi periodi. Un'occasione è l'appuntamento annuale a Copenaghen, nella scuola di Niels Bohr, dove sette fisici convergeranno a scadenza annuale a partire dal 1929. E metteranno in scena uno spettacolo teatrale, con la voglia di ridere, di scherzare, nei limiti in cui lo possono fare dei fisici. Abbiamo già colto il carattere leggero di alcuni, ma un altro episodio raggiungerà un risultato ancora più esilarante. L'anno più interessante sarà il 1932, quando venne messo in scena il *Faust a Copenaghen*.

Solo sette di loro saranno effettivamente presenti. Wolfgang Pauli rimase bloccato da un imprevisto. Niels Bohr fu il solista, che con i suoi monologhi prenderà la scena per un quarto di spettacolo. La scenografia era ridotta al minimo, in sostanza niente più di quanto non vi fosse in un'aula universitaria: una cattedra, un leggio e alcune sedie.

I fisici protagonisti di questa messa in scena sono: Niels Bohr, Paul Dirac, Werner Heisenberg, Wolfgang Pauli, Lisa Meitner, la sola donna del gruppo, Max Delbrück, che cambierà campo di ricerca poco dopo, e l'ultimo dei sette, Paul Ehrenfest. Tutti e sette ottimi attori, pur non avendo mai studiato. Ma i fisici, si sa, quel modo di vedere le cose dall'esterno ce l'hanno dentro, un aspetto tipico dell'interpretazione teatrale. Ecco spiegato il motivo di questa passione, di questa contaminazione tra fisica e teatro di cui molto spesso si sente parlare.

«A me piacerebbe fare un personaggio ben preciso, quest'anno» disse Dirac, durante una delle fasi di preparazione dello spettacolo.

«Tu saresti bravo a fare l'albero, visto che non parli mai» replicò Ehrenfest, sempre pronto alla battuta.

«No, vorrei fare... la particella elementare» disse Dirac, più ciarliero del solito.

«Eh, sì, bravo, così se vediamo dove ti trovi sul palco in un dato istante, poi non sappiamo dove sarai il minuto successivo» disse Heisenberg, richiamando il suo noto principio.

«No, dai, a parte gli scherzi. Con la particella elementare si può giocare sugli aspetti più profondi delle nostre conoscenze... non si sa mai che qualcuno tra il pubblico non venga attratto dai nostri concetti, per forza di gravità» disse ancora Dirac.

«Al massimo tu attirerai un pomodoro o un'arancia che ti scaglieranno per la tua pessima interpretazione!» disse Ehrenfest, chiudendo il discorso tra le risate generali.

Ebbene, Dirac non farà la particella elementare, ma l'argomento dello spettacolo sarà lo studio in corso della meccanica quantistica e le novità delle loro interpretazioni sulla parte più piccola della materia, quindi: fisica atomica, fisica nucleare e così via. La storia della meccanica quantistica si svolse in modo assai diverso da quella della relatività. La relatività, sia nella teoria speciale del 1905 sia nella teoria generale del 1916, fu opera di un singolo individuo, Albert Einstein. La teoria speciale e quella generale erano sostanzialmente complete già nella formulazione iniziale che ne aveva dato Einstein, pertanto non subirono revisioni o reinterpretazioni. La meccanica dei quanti, al contrario, venne alla luce, dopo una lunga gestazione, nel 1927, e a Bruxelles trovò il picco massimo della sua teorizzazione. Negli anni successivi, fino a oggi, quel che si fa sulla fisica quantistica è solo discutere i due filoni di pensiero: quello legato alla teoria probabilistica della fisica quantistica di Niels Bohr, e quello più realista di Albert Einstein. Il ritrovo di Copenaghen con i sette fisici, ogni anno, servirà proprio per elaborare i dibattiti in corso. La messinscena teatrale sarà solo un pretesto per rimescolare le carte, per fare un brainstorming di gruppo, e creare nuove riflessioni, anche in maniera ironica (sempre che i fisici ne siano capaci). La cosiddetta interpretazione di Copenaghen sarà contestata persino da alcuni dei protagonisti di quella stessa rivoluzione, visto che ancora oggi gli interrogativi non sono stati del tutto risolti.

«Signore, se mi lagno della fisica / è per i suoi difetti; / nei miei tristi giorni / solo di questo mi lamento / e addoloro. / Che c'è di strano? Ma nessuno mi crede» dirà Pauli nei panni di Mefistofele (nell'interpretazione originale).

Trasformato in piazzista con cappello a bombetta, Mefistofele cercherà di vendere a Faust l'elettrodinamica quantistica, la teoria della ditta Heisenberg-Pauli (la chiameranno così). Faust dirà: «Non se ne parla!» Mefistofele allora gli proporrà «qualcosa di unico». E Faust risponderà: «Per dolce che sia la tua voce / Non m'incanti. Se dirò a una teoria / 'sei così leggiadra, resta, ti prego!' / Allora potrai incatenarmi e fuggir via, / Vorrò andare a finir la vita mia».

L'allusione era alla tesi di Ehrenfest, dove si discuteva del fatto che la bellezza fosse per le sartorie e non per i laboratori di fisica.

Pauli, Heisenberg, Dirac saranno i giovani che cambieranno il mondo. Le loro idee furono all'origine di qualcosa di eccezionale, che ha cambiato l'aspetto pratico delle nostre vite più di ogni altra scoperta scientifica del Novecento. Le invenzioni alle quali la meccanica quantistica ha dato luogo, come il laser, il transistor, i telefonini, sono al tempo stesso tecnologie che incidono sulla nostra vita quotidiana e strumenti per la ricerca futura. Molti altri fisici teorici più anziani di loro, tra cui Bohr, Einstein, Max Born e Schrödinger, ebbero certamente un ruolo di estrema importanza nella rivoluzione quantistica, ma la giovane età dei suoi protagonisti resta una caratteristica sorprendente di quella storia. Prima dei trent'anni, avevano già tutti dato prova delle loro capacità ed erano ormai celebri. Più esattamente, tutti meno uno erano venuti alla ribalta in quegli anni: l'unico che in quel periodo non era ancora emerso, Schrödinger, aveva ritardato il suo contributo solo perché fra i venticinque e i trent'anni, durante la Prima guerra mondiale, aveva svolto il servizio militare. Ma furono soltanto Niels Bohr e Max Born a crescere e a incentivare questi giovani.

«Quelli erano anni in cui anche un fisico di seconda fascia poteva fare scoperte, elaborare teorie, risolvere teoremi da prima fascia» dirà Dirac proprio a proposito delle capacità che ebbero alcuni giovani di farsi largo nel Novecento.

Durante le rappresentazioni teatrali a Copenaghen, lo scontro tra due personalità molto diverse aveva sempre carattere di lite, e molto spesso erano gli stessi che finivano per interrompere tutto, per via dei loro dibattiti accesi. Lo scontro tra Bohr e Pauli fu ricordato come quello più forte. Due uomini all'opposto. Bohr era atletico, amava le lunghe escursioni in montagna, amava sciare, persino tagliare la legna; Pauli, al contrario, era corpulento, preferiva i cabaret, la vita notturna e il buon vino. Bohr ebbe sei figli verso

cui fu sempre devoto, mentre Pauli non ne ebbe nessuno. Bohr, che fu sempre legato alla sua terra natia, la Danimarca, dopo la Seconda guerra mondiale si impegnò per il disarmo e la pace mondiale. Pauli, invece, non aveva alcun interesse per le questioni politiche. Vivendo in Svizzera, paese neutrale per eccellenza, divenne un simbolo della purezza della ricerca scientifica. Pauli era certamente più spigoloso ed era meno accogliente di Bohr ma, come sappiamo, l'affetto non è riservato solo ai puri di cuore. Pauli aveva un carattere irruente: insultava tutti, non aveva il minimo garbo con le persone. Il contrasto tra le due personalità, i sentimenti e l'affetto reciproco tra i due furono messi in scena nella parodia di Copenaghen. Quasi tutti gli anni, tranne nel 1932, anno in cui Pauli era assente. E Bohr ne sentì decisamente la mancanza.

«Di tanto in tanto rivedo volentieri il caro vecchio, / mi piace trattarlo bene / con tutto il garbo che posso. / È affascinante e così signore / che sarebbe un oltraggio trattarlo male / e – toh! – è di un così gran cuore / che parla anche a Pauli!» dice Bohr durante una scena. Ricorda l'amico assente, non può quasi farne a meno.

Leon Rosenfeld era uno dei giovani fisici presenti, interpretò il ruolo di Mefistofele sostituendo Pauli nella rappresentazione del 1932. Rosenfeld raccontò che cosa accadeva quando giungeva una lettera del grande assente: «L'arrivo di una lettera da Pauli era un evento: Bohr se la portava con sé non perdendo occasione di rileggerla o mostrarla a chi pensava potesse essere interessato al problema che Pauli esponeva. Con il pretesto di dovergli rispondere, avrebbe continuato senza sosta un dialogo immaginario con l'amico assente, quasi come se Pauli fosse stato davvero lì, ad ascoltarlo con il suo sorriso sardonico». Bohr ammirava tantissimo Pauli, malgrado le liti e i battibecchi. Ma erano proprio questi scontri il sale, il concime per le loro teste.

Quell'anno ricorreva il centesimo anniversario della morte di Johann Wolfgang von Goethe, uomo di lettere e scienziato, e da tutti considerato come l'ultimo vero genio universale. Lo sketch che organizzarono i fisici era un adattamento satirico al mondo della fisica della celebre opera di Goethe, il *Faust*. Nel copione, scritto principalmente da Delbrück, il nobile Bohr era rappresentato dal Signore, il sardonico Pauli da Mefistofele, e l'inquieto Ehrenfest da Faust. C'era anche spazio per interpretare il neutrino, e a impersonarlo era la Meitner. La parodia resta un ritratto affascinante del

mondo della fisica visto attraverso gli occhi di quei giovani scienziati che la scrissero e ne furono gli attori.

«Senza il neutrino, non andrete da nessuna parte» dice Bohr.

«Ma tanto quel che avviene nel nucleo è assolutamente sconosciuto, cosa importa se c'è o non c'è?» dice Dirac.

«Hai intenzione di maltrattare ancora per molto la povera legge di conservazione dell'energia?» gli risponde Pauli.

«Meno male che la nostra beta-fine sarà vicina» dice Ehrenfest, riferendosi al decadimento beta.

Nel 1930, pur di impedire che in un processo di decadimento di un nucleo atomico venisse violata la conservazione dell'energia, Pauli ipotizzò l'esistenza di una nuova particella, appunto il neutrino. Durante l'estate del '32 venne rilevato il positrone, la particella di antimateria speculare all'elettrone. Questa scoperta segnò l'avvicinamento della relatività speciale alla meccanica quantistica, e rappresentò per la comunità dei fisici, con poche importanti eccezioni, la conferma sperimentale della più ampia e profonda rivoluzione in fisica del secolo. Le porte all'era nucleare si stavano aprendo. Ma qualcosa di terribile si prepara per il mondo intero: è anche l'anno che prelude all'ascesa di Hitler, al cammino verso la guerra. Gli scienziati saranno costretti a diventare complici della macchina bellica e a subire condizionamenti politici e militari.

«Ma questo è un neutrone, ora sì che le nostre vite cambieranno» dice Bohr. La parodia, infatti, si conclude proprio con la scoperta del neutrone.

Ma le battute più belle furono quelle relative alla grande disputa tra il Signore e Mefistofele per il possesso dell'anima di Faust. Margherita, la donna amata da Faust, conosciuta anche come Gretchen, divenne il neutrino, che a quel tempo rappresentava un punto di contesa tra Bohr e Pauli.

Delbrück, il più giovane del gruppo, non lo conosciamo ancora. Dopo il 1932 avrebbe lentamente spostato il suo campo d'interesse dalla fisica alla biologia, anche grazie all'incoraggiamento di Bohr, per divenire alla fine un'icona della biologia molecolare. Sebbene non in fisica, anch'egli vinse il premio Nobel per la fisiologia o medicina.

Infine, Lisa Meitner. Elise Meitner nasce a Vienna, e lì trascorre tutta la sua giovinezza. Sulla sua lapide si legge una frase molto rappresentativa della

sua vita: «Lisa Meitner, una scienziata che non ha perso la sua umanità». La sua famiglia, molto numerosa e unita, è di origine ebraica, anche se non praticante. La scelta di dedicarsi al mondo delle scienze è dovuta a una singolare giornata trascorsa in un giardino con la madre e i fratelli nella quale, osservando una semplice pozzanghera con dentro dell'olio, vede l'arcobaleno e i cambiamenti che avvengono tutte le volte che si spostava. Lì capisce la sua passione per l'osservazione e per il porsi sempre degli interrogativi a cui cercare delle risposte. Diventerà una fisica sperimentale. Fondamentale sarà il rapporto con Ludwig Boltzmann, del quale segue tutte le lezioni a partire dal secondo anno accademico. Vive poi un periodo di crisi dovuto al suicidio di Boltzmann, nel 1906, durante un momento di depressione. Si trasferirà a Berlino, dove frequenta la Friedrich Wilhelm Universitat, il cui direttore era Max Planck. Nei laboratori di fisica il 27 settembre 1907 Lisa incontra Otto Hahn, del quale sarà collega per trent'anni. Hahn è un chimico esperto in radioattività, riguardo alla quale compirà molte scoperte insieme alla scienziata austriaca. Conosce Albert Einstein nel settembre del 1909 a un congresso a Salisburgo. Nel 1914, a causa dello scoppio della Prima guerra mondiale, è costretta a separarsi dal suo collega, impegnato nella costruzione di armi chimiche. Lisa diventa crocerossina; è da questa attività che nasce il suo ripudio per la guerra. Nel 1917 ritorna a dedicarsi alla scienza e scopre il novantunesimo elemento della tavola periodica, il protoattinio, chiamato anche «lisotto» in suo onore. Come riconoscimento le viene affidato il dipartimento di fisica. Nel 1919 diventa la prima professoressa in tutta la Germania e l'anno seguente verrà emanata una legge che allargherà definitivamente questa possibilità anche alle donne. Le viene affidato il compito di creare un nuovo Istituto di Fisica, che affianca quello di Chimica, diretto da Otto, e Lisa prende questo impegno con la massima serietà. L'anno 1933 porta enormi cambiamenti nella sua vita a causa della salita al potere dei nazisti, e nel luglio del 1938 è costretta a scappare da Berlino, per andare in Olanda. Nello stesso anno, l'amico Otto le invia sbalorditivi risultati ottenuti nella loro ricerca e, l'anno successivo, che coincide con l'inizio della guerra, grazie anche all'aiuto del nipote prediletto Otto Robert Frisch, viene scoperta la fissione nucleare. Nel 1945 Otto riceve il premio Nobel per la scoperta della fissione, senza nemmeno citarla nel discorso.

«La mia Massa è zero, / La mia carica pure. / Tu sei il mio eroe, / il mio

nome è Neutrino. / Gretchen/Neutrino canta la sua sorte. / Io sono il tuo destino / e la tua chiave. / La porta è chiusa / perché manco io. / I raggi beta si affollano / Per accoppiarsi con me. / Lo spin dell'azoto è sbagliato / se non ci sono io» dirà la Meitner in una delle scene finali, e raccoglierà moltissimi applausi.

Le discussioni tra la scienziata Meitner e Pauli erano molto frequenti in quegli anni. Lei non era certo una che lasciava correre, e lui non vedeva l'ora di trovare l'occasione per punzecchiarla. Erano discussioni in cui gli altri cercavano di non prendere posizione, per non inimicarsi l'uno o l'altra. E comunque finivano sempre bene. Una volta Pauli e la Meitner si misero a litigare davanti a tutti, e per poco non arrivarono alle mani. La contrapposizione tra fisici sperimentali e teorici era l'argomento della disputa. Uno di quei temi che ancora oggi fanno discutere la comunità scientifica. Il battibecco tra i due inizia quando Pauli sta esponendo alla Meitner (un fatto anomalo, visto il tipo) i particolari della sua ricerca.

«È davvero notevole, per essere ricerca teorica» disse Lisa.

«Sento una nota di condiscendenza... o sbaglio?» rispose Pauli.

«Scusami, sono stata troppo velata?» disse Lisa.

«Intendevo dire che, rispetto alla concretezza della fisica sperimentale, la fisica teorica è come dire... ecco... simpatica» aggiunse.

«In pratica stai insinuando che il lavoro di un fisico che fa esperimenti supera di livello quello che fa un teorico sui propri fogli di carta?» chiese Pauli, con aria di sfida. E aggiunse subito dopo: «Galilei o Faraday superano Maxwell o Sommerfeld?»

«Sì, certo, lo dichiaro apertamente. Un buon fisico sperimentale del nostro secolo si mangia Clerk Maxwell a colazione, e defeca la sera i suoi resti» rispose pronta la Meitner.

«Credo che il nostro dialogo sia giunto a un'impasse» constatò Pauli.

«Sì, sono d'accordo... voi cosa ne pensate?» chiese Lisa a Ehrenfest e Dirac, che stavano assistendo divertiti, ma senza dare nell'occhio.

«Scusate, stavo ancora immaginando come doveva essere defecare Maxwell a cena» disse Ehrenfest sottraendosi alla conversazione.

«A questo punto propongo di chiudere questa discussione» disse Pauli, «anche perché non ci sono i presupposti per continuare».

«Approvo» rispose la Meitner.

«Qualcuno ha obiezioni?» aggiunse, rivolto ai due che lo ascoltavano silenziosi.

«No» disse Ehrenfest.

«No, no» disse Dirac.

Quando la Meitner lasciò il capannello, fu Ehrenfest a fare la battuta: «Le donne, eh? Non puoi vivere senza di loro, non puoi confutare le loro ipotesi...» E tutti giù a ridere.

La Meitner e Pauli non si parlarono per un giorno intero.

Ma torniamo allo spettacolo. L'allestimento non era certo elaborato. Gli attori stessi alzavano o abbassavano il sipario a ogni scena. C'era, inoltre, un enorme lenzuolo, per nascondere o mostrare gli oggetti in scena. Sedie, tavoli, cassette di legno, e leggi. Nulla di più. All'inizio di una scena, sullo sfondo del palcoscenico, appare uno strano dipinto. È Gamow, le mani che afferrano le sbarre di una cella. Una voce da dietro la scena intona tristemente: «Non posso andare a Blegdamsvej, / La barriera di potenziale è troppo alta!»

La battuta aveva a che fare con un ben noto concetto di fisica, ed era tipica dell'intera parodia. La chiave della disintegrazione nucleare, argomento molto dibattuto tra i fisici nel 1932, è la capacità che una particella all'interno del nucleo ha di fuoriuscirne. Nel libro di Segrè, *Faust a Copenaghen*, sono interessanti anche le vignette di Gamow. Gamow, ottenuto una copia del manoscritto da Delbrück, l'aveva tradotto con l'aiuto di Barbara, la sua seconda moglie, e l'aveva poi illustrato con dei disegni. Negli anni Venti studiare Goethe era normale, era comune tra gli studenti imparare a memoria lunghi paragrafi di poesie. Tutti gli studenti di scuola superiore in Germania avevano letto il poema epico, e molti di loro avevano mandato a memoria i versi drammatici del conflitto tra il Signore e Mefistofele per il possesso dell'anima di Faust. Inoltre, persino coloro che avevano dimenticato i versi del dramma avevano familiarità con la storia e sarebbero stati in grado di apprezzare le sottigliezze di una caricatura. Nel Prologo del *Faust* di Goethe i tre arcangeli Raffaele, Michele e Gabriele lodano il Signore per la creazione dei cieli. Poi appare Mefistofele, che si beffa della seriosità del Signore: «Il mio pathos provocherebbe a Te pure il riso, / se Tu non avessi perduta

l'abitudine di ridere».

Storicamente, è sempre stato nell'animo di molti fisici quello di mettersi in gioco in prima persona per interpretare i personaggi dei loro studi. La passione per il teatro non è una cosa anomala per loro. Schrödinger aveva iniziato a frequentare i palcoscenici già in tenera età. Pauli aveva una madre giornalista che presto lo avvicinò al brivido che trasmette una rappresentazione teatrale fatta dal vivo, con il pubblico in sala. Einstein, inutile dirlo, aveva quell'innata capacità di calamitare gli occhi di tutti su di sé: era straordinario nel suo modo di esporre in maniera lineare, e razionale, ogni tipo di concetto fisico anche tra i più complicati; eliminava le variabili in eccesso, e costruiva monologhi degni dei più grandi attori teatrali. I fisici hanno sempre avuto questa propensione. È come se loro, e loro soltanto, conoscessero il perché delle cose, il segreto più intimo degli oggetti, il vero motivo del perché avvengono certi fatti. E questo porta a essere attori. Davanti a una platea di persone che vogliono solo ascoltare, senza interazione.

Nella parodia, gli arcangeli erano tre astrofisici che siedono assieme dietro il leggio di fronte all'assemblea. Spiegano come la fisica li abbia portati a comprendere le stelle e il cosmo, concludendo con un encomio rivolto all'unisono a Bohr/il Signore, con un velato riferimento alle ben note difficoltà nel decifrare gli scritti di Bohr: «Questa visione ci colma di ebbrezza / (anche se nessuno di noi può capire). / Le Opere splendide sono ancora misteriose / come nel Giorno della Pubblicazione».

Lo spettacolo si chiuderà con il sipario che scende improvviso, e l'applauso del pubblico supererà i dieci minuti. Queste rappresentazioni teatrali sono state ripetute negli anni anche da altri gruppi di fisici. L'esigenza del teatro sta nei pensieri scientifici. E i fisici sono curiosi di vedere dove altri vanno a parare per immortalare nel tempo certi concetti, certe discussioni, certi teoremi o paradossi, che la grande massa del pubblico vuole conoscere. Certo, ci sarà sempre una piccola percentuale di fisici che si opporrà a questa eccessiva semplificazione di argomenti su cui hanno studiato tanto, e certo ridere non fanno. Ma siccome c'è spazio per tutti, sia per questa concezione antica e polverosa di intendere la fisica, sia per quella più leggera ed estroversa, allora al pubblico non resta che fare una scelta, e decidere cosa andare ad ascoltare. È stato così nel Novecento, è così anche oggi.

A de Broglie venne servito un piattino tutto per lui, con tre diversi tipi di formaggi francesi: uno più dolce, uno più delicato, uno più forte. Quella sera non erano previsti, ma per lui fecero un'eccezione. Alla richiesta si accodò anche Richardson, che non aveva mangiato il filetto di carne. A differenza del francese, appena gli arrivò il piatto si avventò su tutti e tre i tipi di formaggio e li mangiò in poco più di cinque bocconi. De Broglie scartò quello a pasta molle, fece lo stesso con quello troppo duro, e selezionò il suo preferito, che stava al centro. Era intenzionato più di ogni altra cosa al mondo a mettersene una fetta in mano. Per giocarci, perché gli piaceva farlo. Lo guardò attentamente, prima di fare la prima mossa, fece ruotare il piatto su se stesso ancora una volta, bevve un sorso di vino, e poi fece quello che nessuno si aspettava. Con il coltello tagliò una parte del rotolino che aveva davanti, e se lo mise in mano. Non si preoccupò di chi lo stesse guardando, lo fece e basta. Nessuno poteva impedirglielo. Iniziò a giocarci modellandolo nella mano sinistra, e continuò con la destra, un'attività normale per lui, come niente fosse. Sistemò le posate nel piatto, bevve un sorso d'acqua, e con il tovagliolo che aveva sulle gambe si pulì la bocca. Si intromise anche in una discussione già aperta, così, tanto per prendere tempo. Quello che poteva creare con quella fetta di formaggio in mano era ancora nella sua testa, ma non ce l'aveva ben chiaro. Era una sua abitudine, un momento del pasto che gli piaceva gustarsi in assoluta solitudine. Non parlò mai con nessuno di questa cosa. E mai assecondò nessuno che volesse farlo.

Nella parte bassa del tavolo, l'unico silenzioso era Mark Vancaubrogh. Beveva come una spugna, e il livello di alcol nel corpo gli si leggeva negli occhi. A malapena riusciva a tenerli aperti, le pupille erano dilatate, e i capillari oculari erano esplosi, insieme a quelli delle guance. Si sorreggeva al suo bastone, per non cadere a terra, ma a ogni portata, stranamente, era come se il nuovo piatto lo ringalluzzisse, e nei primi minuti in cui ce l'aveva davanti riusciva a darsi un tono. Anche solo per l'abitudine di dover mangiare in una certa maniera.

Intanto, William Bragg, Max Born, Elisa e Edmond Solvay stavano parlando di Paul Ehrenfest. E de Broglie disse quello che pensava in quel momento.

«È un grande maestro della fisica... la sa insegnare come nessuno» disse de Broglie, intento a plasmare con la mano il pezzo di formaggio.

«Il tempo passato da me a Gottinga è sempre stato fruttuoso per lui, le sue

pubblicazioni sono state floride, ricche. Senza dimenticare il necrologio che fece a Boltzmann nel 1906, quando si tolse la vita ed eravamo tutti lì a commemorarlo» disse Max Born, riferendosi al lungo necrologio scritto e letto da Ehrenfest in quell'occasione, dove elencava tutti i risultati raggiunti dal grande scienziato.

«Mi sono divertita molto a parlare con lui, se posso dire la mia... è una persona così solare» disse Elisa Solvay.

«Senza dimenticare la sua passione per la chimica... l'ho sempre trovato interessante, lo ascoltavo volentieri, anche quando parlava di questa materia» disse Edmond, aggiungendo ulteriori elementi per una discussione su di lui, a cui fece seguito la conferma di Bragg nell'aver trovato anche lui un amico, nel fisico olandese. La chiacchierata proseguiva tranquilla, erano tutti d'accordo.

Lasciamo i nostri fisici a questa pacata discussione, per correre ancora avanti negli anni. Spostiamoci al 25 settembre 1933, quando i nostri fisici dovranno rivedere i loro giudizi su Paul Ehrenfest, che quel giorno si tolse la vita. Proprio come Boltzmann, ventisette anni prima, uno dei suoi maestri più influenti. Ehrenfest, che abbiamo descritto come il più solare del gruppo, a cui tutti riconoscevano simpatia e buonumore, che teneva le fila di grandi, faticose amicizie, come quella con Einstein e con Bohr, in realtà aveva un animo inquieto e fragile.

Era sempre pronto allo scherzo, si divertiva con le cose più piccole, e con quelle occupazioni passava moltissimo tempo. Era poco attento alle questioni scientifiche che gli passavano sotto gli occhi. Era molto indeciso, e sempre troppo dubbioso per riuscire a fermare qualche discussione nell'aria, e farla sua. Pensava all'amicizia più di ogni altra cosa. Persino più della sua carriera. E quando tutti gli amici fisici si trasferiranno lontani, sparsi nel mondo, non avrà più modo di sentirsi parte di un gruppo di scienziati di successo.

Parlerà del suo desiderio di suicidarsi in diverse lettere, datate 1932, indirizzate a una mezza dozzina di amici, inclusi Bohr e Einstein, ma non le spedirà mai. Casimir, un suo allievo, riceverà una sua missiva poche settimane prima della sua morte, in cui gli chiederà di tornare a Leida. Nella frase finale, usando un soprannome affettuoso, Ehrenfest lo implorerà: «Oh Caasje, caricati sulle tue larghe spalle la fisica di Leiden». Casimir fece

leggere la lettera a Pauli, e nessuno dei due capì perché Ehrenfest aveva avanzato tale richiesta, né la strana espressione utilizzata, ma entrambi furono subito d'accordo nell'onorare quella richiesta.

Anche Ehrenfest viaggerà da Leida a Amsterdam per fare visita a suo figlio minore, il quindicenne Vassilji, in cura presso un istituto per bambini con gravi ritardi mentali. Ossessionato dall'idea che suo figlio dovesse essere liberato dalla sua triste condizione, Ehrenfest lo porterà in un parco vicino, estrarrà una pistola di tasca, sparerà prima a Vassilji e poi rivolgerà l'arma verso se stesso. Il figlio sopravvivrà, ma rimarrà cieco tutta la vita per via del colpo. La morte di Paul sarà invece istantanea.

Tre giorni dopo la morte di Ehrenfest, Dirac scriverà a Bohr dicendogli quanto si sentisse colpevole per non aver fatto nulla per prevenire quel suicidio. La stessa cosa penserà Einstein. Pauli durante la sua commemorazione funebre dirà: «Egli era l'immagine di un uomo sprizzante spirito e arguzia, che con critica arguta ma nello stesso tempo con profonda visione dei fondamenti del pensiero scientifico interviene nella discussione e dirige l'attenzione su un punto essenziale, fino ad allora poco preso in considerazione».

Quinta portata «L'OTTIMIZZAZIONE DEGLI ESCLUSI»

Faisan rôti Fine Champagne
Compote d'Abricots
Aloxe-Corton, 1914

«Buster Keaton!» rispose Einstein, a una domanda su tutt'altro argomento.

«Chi sarà il prossimo presidente degli Stati Uniti non permette una risposta scherzosa!» lo ammonì Marie Curie, con sguardo radioattivo.

«Lei è proprio simpatico, Einstein» disse divertita la regina Elisabetta.

«Oppure Charlie Chaplin... uno dei due! Non riesco a decidere tra lo *Spaventapasseri* e *La febbre dell'oro*» ribadì Einstein, sfidando l'equilibrio di Madame Curie.

«Allora lasci giocare anche me, io tra i due preferisco Chaplin!» rispose quindi stando al gioco la Curie, sistemandosi la gonna in taffetà blu sulle ginocchia.

«Fate divertire anche me, allora. Io sono d'accordo con madame Curie, scelgo Chaplin, ma come film individuo nel *Monello* il mio preferito» si intromise re Alberto, con fare molto battagliero.

«Vediamo alle votazioni, chi avrà la meglio tra i due» disse Einstein felice di rallegrare un po' l'atmosfera.

Stava per essere servita la quinta portata. Niels Bohr tamburellava nervosamente con la mano sul tavolo, finché non decise di accendersi la pipa, dopo aver chiesto a Marion se il fumo le desse fastidio. Fece lo stesso anche il professor Lefebvre.

«Loro scherzano, ma sulla politica americana dei nostri anni ci sarebbe da

scrivere un lungo trattato» disse Pierre Nolf, prendendo spunto dal gioco lanciato da Einstein, dall'altra parte del tavolo.

Richardson incalzò con una domanda tale da rendere più approfondita l'argomentazione che poteva nascere. Langmuir, l'americano, volle certamente sentire dove poteva andare a parare il discorso. Marion si dedicò ad afferrare un pezzo di pane, per poi mangiarselo silenziosa. Bohr non ascoltò neanche.

«Dopo la guerra, gli Stati Uniti sono diventati la potenza più grande al mondo. C'è un livello di ricchezza come da nessun'altra parte. Prima di Harding, il presidente democratico ha visto fallire tutti i suoi tentativi di far entrare gli Stati Uniti come presenza costante nella politica mondiale. Ma ora, con la vittoria repubblicana, prevale l'isolazionismo... loro pensano solo a loro stessi. O al massimo ai problemi di chi si affaccia dalla stessa parte del Pacifico» disse Nolf.

«C'è un grande odio verso lo straniero, negli Stati Uniti. Questo non me lo rende certo un paese simpatico. Io invece amo la Francia, amo le nostre rivoluzioni, amo tutto ciò che crea fervore culturale» disse Lefebvre.

«Vogliamo parlare del p-r-o-i-b-i-z-i-o-n-i-s-m-o? Vendere e consumare alcolici, tutto vietato. Come dire: irlandesi e tedeschi, grandi bevitori, non provate nemmeno a venire qui» disse Nolf, a cui l'alcol stava facendo scandire bene le parole.

«Un provvedimento reso esecutivo dai repubblicani nel 1921, e che dura ancora oggi... incredibile» disse Lefebvre.

«E dire che loro hanno pure A-l C-a-p-o-n-e» aggiunse Nolf.

«Ho letto che si è reso responsabile di efferati delitti... che gli portarono senza dubbio molta notorietà» intervenne Marion.

«Nel dicembre del 1925 uccise il gangster Richard Lonergan e due dei suoi uomini che erano entrati in uno speakeasy di Frankie Yale a Brooklyn che lo avevano pesantemente insultato mentre si trovava lì, ospite di Yale stesso; nell'aprile del 1926 il procuratore William McSwiggin, che in passato aveva accusato Capone di omicidio, venne massacrato in un bar di Cicero mentre era in compagnia del gangster Klondike O'Donnell, acerrimo nemico di Capone, che però riuscì a salvarsi dagli spari. V-u-o-l-e c-h-e c-o-n-t-i-n-u-i?» disse Nolf.

«No, no, no... per carità! La mia era solo una battuta» disse Marion, continuando a mangiare pane.

In fondo al tavolo fu Compton, americano pure lui, a intervenire in maniera più seria. Elisa cercò invano di cambiare argomento. Bragg si prese carico di appoggiare il suo coetaneo, nonché compagno di studi. Ma il tutto scemò non appena arrivò la nuova portata.

Il solito annuncio teatrale del cameriere: «*Faisan rôti Fine Champagne, avec Compote d'Abricots*». Sapendo che Mark avrebbe fatto commenti sul vino, subito lì accanto era pronto un inserviente per accontentare qualsiasi sua richiesta.

«Oh, benissimo! Ho proprio voglia di un po' di fagiano. Qui ci vedrei bene un'annata più lontana... cosa ne dite di un 1908?» disse Mark Vancaubrough, ormai senza più freni inibitori.

«Glielo procuro subito, signore» rispose pronto il cameriere.

Le discussioni diventarono più morbide, nei toni e nei contenuti. Dall'America si passò all'Italia.

«Ho mangiato un fagiano così buono solo in un altro posto, di recente» disse Lorentz, gustando un bel cucchiaino di composta di albicocche.

«In Italia, sicuramente» aggiunse pronto Einstein.

«Ah, come si mangia bene in Italia» disse la regina, sempre decisa ad assecondare il fisico che tanto amava, aprendo ai lati della sedia con un gesto di grazia assoluta la gonna di seta bianca.

«Sì, ma lei non c'era quella volta, herr Einstein» disse Lorentz, rivolto sempre a lui, ignorando completamente il commento di Sua Maestà.

«E cosa si è perso...» disse Bohr, inaspettatamente vigile laggiù, dall'altra parte del tavolo.

Le risatine di Bragg e di de Broglie si sentirono, eccome se si sentirono. Anche perché loro c'erano, eccome se c'erano. E si ricordavano tutto di quell'incontro in Italia. Fu per tutti il giorno della svolta, e lo fu pure per la fisica quantistica.

Ma Einstein, il grande assente, non sapeva di cosa stessero parlando.

La battuta di Bohr, tra le più belle dei commensali, si riferiva a un evento che si era tenuto a Como, nel settembre precedente. Un evento che segnò il nascere della fisica quantistica secondo la concezione della scuola di Copenaghen. Il discorso di Niels Bohr fu un vero e proprio monologo sulla fisica quantistica, e nessuno prima aveva mai sentito niente del genere. Einstein non partecipò. Fu l'unico a rifiutare l'invito inoltrato dal governo italiano. L'occasione era la commemorazione dei cento anni dalla morte di

Alessandro Volta. Einstein si rifiutò di venire in Italia, per il suo odio verso il regime di Mussolini.

Il «Congresso internazionale dei fisici» ebbe luogo dall'11 al 16 settembre a Como, per poi spostarsi il 17 settembre a Pavia, e infine fare tappa a Roma, il 19 settembre. Le onoranze cadevano nel 1927, che era anche il V anno dell'era fascista. Erano i primi anni di un regime odioso e becero, che non avrebbe dovuto avere tempo e testa per quisquiglie quali le cerimonie scientifiche, ma grazie alle abili arti politiche di Guglielmo Marconi, invece, il tempo e le teste si trovarono. Anche se era difficile pensare che quello fascista potesse essere un contesto favorevole per la scienza. Marconi vinse il Nobel nel 1909, per le sue geniali applicazioni elettrotecniche. Era una persona molto abile nel tenere i rapporti istituzionali, nel mediare, e nel portare avanti i propri interessi.

Il 31 marzo 1927 venne emanato il Regio Decreto Legge sul riordinamento del Consiglio Nazionale delle Ricerche, fondato nel 1923. In occasione dell'insediamento solenne del nuovo CNR, Mussolini dichiarò di voler «porre il problema della scienza e delle ricerche scientifiche al primo piano dei problemi nazionali», e fu inaugurata la Reale Accademia d'Italia.

In realtà, per Mussolini, la scienza doveva essere funzionale alla costruzione del suo regime. E in questo Marconi fu dalla sua parte. Insieme all'arte e al lavoro, la scienza era il terzo principale campo di applicazione dell'intenzione fascista. Non fu solo propaganda. In tutti e i tre campi ci furono attori direttamente interessati che discutevano con lui sulla questione. Memoria, storia, identità, progresso, condensati nel progetto scientifico fascista, facevano della scienza un geniale strumento di propaganda. Ma questa commemorazione di Como non lo era affatto. Il discorso era molto più strutturato e intelligente. Gli industriali elettrici del Nord vollero stabilire proprio in questi mesi un intervento finanziario a sostegno delle onoranze. L'impegno del governo a compiere investimenti intensivi fu cosa concreta. E anche sul piano della ricerca, e nel campo dell'elettricità, vennero ampliati i sostegni. E poi c'era la regola generale di «fare come la Germania».

Ma il ritrovo di Como fu importante soprattutto per la nascente fisica quantistica. Fu proprio a Como che Niels Bohr introdusse, per la prima volta, e davanti a tutti (tutti, tranne Einstein) la sua relazione generale che tracciava il profilo della situazione quantistica secondo la sua interpretazione, secondo l'interpretazione di Copenaghen. Fu un momento di grande coraggio, che

segnerà un punto di svolta. Per la prima volta, a Como, Bohr parlerà di «complementarietà e indeterminazione», facendosi dare man forte dal giovane Heisenberg.

Gli atti del Convegno Voltiano, pubblicati a Bologna dall'editore Zanichelli nel 1928, esauriti da alcuni decenni e di difficile reperibilità pure nelle biblioteche specialistiche, riportano le argomentazioni dei presenti. Dagli atti si capisce anche che la cerimonia prese un altro binario rispetto a quello programmato. In maniera del tutto naturale, ma inaspettata. In origine doveva essere una cosa molto più modesta e discreta, ma nei giorni a ridosso dell'evento il tutto trascese il caso locale, e diventò di portata internazionale.

Mussolini fu molto infastidito per il fatto che il luogo designato per le celebrazioni era nel Nord. E così impose Roma come ultima tappa.

Nei primi giorni, gli industriali elettrici finanziarono riccamente la creazione di questo evento, poi ci fu il sostegno per l'Accademia d'Italia, poi per la Fondazione Alessandro Volta, presieduta da Marconi stesso, che continuò per anni a favorire la ricerca nel settore.

Il Presidente del Congresso dei Fisici fu Quirino Majorana, «eletto a tale carica per acclamazione all'inizio dei lavori», e tra i vicepresidenti c'era Hendrik Lorentz. Furono invitati sessantuno fisici internazionali, tra cui Dirac, Bohr, Pauli, Heisenberg, Zeeman, Compton, Millikan, Langmuir, e diciassette italiani, tra cui Enrico Fermi.

Anche a Como, come alla cena di fisici a Bruxelles, ogni congressista parlò la propria lingua, senza creare inconvenienti di comprensione ai partecipanti. E la varietà degli argomenti trattati durante i seminari fu impressionante. Memorabili furono i contributi di Rutherford, geniale indagatore dei problemi della radioattività e della struttura atomica, di Perrin, lo sperimentatore che trovò il modo di contare i mondi microscopici denominati molecole, di Nerst, l'elettrochimico, di Lorentz, sulle teorie elettromagnetiche, di Planck, per la prima teoria dei quanti, di Bragg, per i raggi X, di Millikan, per i raggi cosmici, di Zeeman, per i campi magnetici. E poi fu la volta della delegazione italiana: Garbasso, Corbino, Majorana, Levi Civita, Volterra, Cantone, Amerio, La Rosa, Lo Surdo, Somigliana, Pontremoli, Persico e Fermi. Proprio a Como Fermi divenne amico di Heisenberg e Pauli: una famosa foto li ritrae su un battello in mezzo al lago, spensierati e sorridenti.

Ma il fulcro di tutte queste lezioni fu solo uno: il momento in cui Niels Bohr tenne la sua lezione, il 16 settembre 1927. Una data importante nella

storia della fisica quantistica, e della scienza in generale.

La lezione di Bohr sui postulati probabilistici su cui si basa la teoria quantistica secondo l'interpretazione di Copenaghen fu lucida ed esplosiva. Colpì tutti. A questa seguì quella di Heisenberg, che chiarì il legame tra l'interpretazione probabilistica e il principio di indeterminazione. Poi quella di Pauli, che mise in evidenza che le particelle identiche non sono distinguibili una dall'altra in base ai nuovi principi, per cui è necessario introdurre un postulato aggiuntivo sulla proprietà simmetrica o antisimmetrica della funzione d'onda che descrive le particelle soggette a scambio, e tale proprietà definisce anche la natura della particella.

Su questo principio Fermi costruì nel 1927 la famosa legge della distribuzione statistica delle particelle in funzione della temperatura e che accennò subito dopo la lezione di Bohr, predicendo una nuova teoria dei metalli in grado di spiegare le cause della loro coesione.

Ecco che a Como vide la luce l'interpretazione ortodossa della fisica quantistica, con Bohr, Dirac, Pauli, Heisenberg, Born, de Broglie a sostenerla. Mentre Einstein farà parte di un'altra interpretazione, più realistica, e portata poi avanti da Landé, Popper, Putman, Bohm e altri, nota come la scuola delle variabili nascoste.

Questa è una parte della trattazione che esporrà Bohr, così come riportata negli atti. È importante seguire il ragionamento di Bohr mentre espone la sua relazione, perché proprio da queste parole nasce in Italia la fisica quantistica. Ma – sebbene commovente, a detta degli appassionati di fisica quantistica – questo discorso è molto lungo, il lettore può decidere di saltarlo a piè pari.

«Sebbene sia stato per me un immenso piacere accettare l'invito della presidenza del congresso a presentare una relazione sullo stato presente nella teoria dei quanti allo scopo di aprire una discussione generale su questa materia che sta assumendo una posizione così centrale nella scienza fisica moderna, è con una certa esitazione che affronto questo compito. Non soltanto perché è presente il venerato iniziatore della teoria Max Born, ma per la presenza nell'uditorio di parecchi di coloro che, partecipando al recente notevole sviluppo della teoria, saranno sicuramente più addentro di me nei dettagli propri del formalismo che parallelamente si è sviluppato. Non di meno tenterò di ricorrere soltanto a considerazioni semplici, senza entrare nei dettagli delle tecniche matematiche, per rappresentare un punto di vista omogeneo. Credo che solo questo sia adatto a presentare un panorama

dell'andamento generale dello sviluppo della teoria, a partire dai momenti iniziali. E spero sia utile per armonizzare gli aspetti controversi sollevati da scienziati di diversa estrazione. Invero, nessun argomento può essere più adatto della teoria dei quanti per puntualizzare lo sviluppo della fisica nel secolo passato, dalla morte del grande genio Alessandro Volta che siamo qui riuniti per commemorare. Nello stesso tempo proprio in un'area come questa dove ci stiamo muovendo verso nuovi orizzonti e dove dobbiamo fare affidamento sul vostro discernimento per sfuggire i trabocchetti che ci circondano da tutte le parti, si presenta un'occasione più unica che rara per ricordare il lavoro svolto dai vecchi maestri che hanno preparato il terreno e ci hanno fornito gli strumenti.

«Primo punto: la teoria dei quanti è caratterizzata dal riconoscimento di una limitazione fondamentale dei principi della meccanica classica quando viene applicata alla fisica atomica. La situazione che si è venuta così a creare è di natura particolare, in quanto la nostra interpretazione dei fatti sperimentali poggia ampiamente su concetti classici. Nonostante le difficoltà sembrerebbe, come vedremo, che la sua essenza possa essere espressa dal cosiddetto postulato quantico, che attribuisce a ogni processo atomico una essenziale discontinuità o piuttosto una singolarità, completamente estranea alle teorie classiche, simboleggiata dal quanto di azione di Planck. Il postulato implica una rinuncia alla coordinazione causale spazio-tempo dei processi atomici. Invero, la nostra consueta descrizione dei fenomeni fisici si basa essenzialmente sull'idea che tali fenomeni possono essere osservati senza che essi siano perturbati significativamente. Ad esempio, ciò appare chiaramente nella teoria della relatività che è risultata così utile per spiegare le teorie classiche. Come è stato enfatizzato da Einstein, qualsiasi osservazione a misura si basa sulla coincidenza di due eventi indipendenti nello stesso punto dello spazio-tempo. Così, queste coincidenze non saranno influenzate da qualsivoglia differenza cui la coordinazione spazio-tempo di osservatori diversi possa altrimenti dare luogo. Ora il postulato quantico implica che qualsiasi osservazione di fenomeni atomici coinvolga un'interazione con lo strumento di osservazione, che non deve essere trascurata. Per cui una realtà indipendente in senso fisico ordinario non può essere attribuita né ai fenomeni né ai mezzi di osservazione. La situazione implica conseguenze di vasta portata. Da una parte, la definizione usuale dello stato di un sistema fisico comporta l'eliminazione di tutte le

perturbazioni esterne. Ma allora, secondo il postulato quantico, qualsiasi possibilità di osservazione viene a essere preclusa. D'altra parte, se per rendere possibile un'osservazione accettiamo che intercorrano interazioni con strumenti di misura adatti non appartenenti al sistema, non è più possibile dare una definizione univoca dello stato del sistema e non può più sorgere un problema di causalità nel senso comune del termine. L'intima natura della teoria dei quanti ci costringe allora a prendere in considerazione la coordinazione spazio-tempo e la necessità di causalità, la cui unione caratterizza le teorie classiche, come aspetti complementari ma esclusivi della descrizione che simboleggiano rispettivamente l'idealizzazione e la definizione dell'osservazione. La teoria della relatività ci ha resi consapevoli che la distinzione netta tra spazio e tempo risiede soltanto nei valori piccoli della velocità con cui di solito abbiamo a che fare rispetto alla velocità della luce. Dalla teoria dei quanti veniamo a sapere che l'adeguatezza della nostra descrizione dello spazio-tempo dipende interamente dal valore piccolo del quanto d'azione a confronto delle azioni coinvolte nella ordinaria percezione dei sensi. Questo punto di vista emerge chiaramente dal dibattito molto intenso sulla natura della luce e sui corpuscoli materiali fondamentali. Riguardo alla luce, la propagazione nello spazio e nel tempo è adeguatamente descritta dalla teoria elettromagnetica. In particolare, i fenomeni di interferenza nel vuoto e le proprietà ottiche della materia sono governati completamente dal principio teorico di sovrapposizione delle onde. Tuttavia la conservazione dell'energia e del momento durante l'interazione tra radiazione e materia, come è stato messo in evidenza dall'effetto fotoelettrico, trova adeguata espressione proprio nell'idea di quanto di luce proposta da Einstein. Come ben noto i dubbi riguardanti la validità del principio di sovrapposizione da una parte e le leggi di conservazione dall'altra, che furono suggeriti da questa palese contraddizione, sono stati definitivamente fugati da esperimenti diretti. Questa situazione starebbe chiaramente a indicare l'impossibilità di una descrizione spazio-tempo causale dei fenomeni coinvolgenti la luce. Da una parte nel tentativo di delineare le leggi della propagazione spazio-tempo della luce, siamo d'accordo che il postulato quantico sia confinato a considerazioni statistiche. D'altra parte il conseguimento dell'esigenza di causalità per i singoli processi della luce caratterizzati dal quanto dell'azione impone una rinuncia alla descrizione spazio-temporale. In merito alla natura dei corpuscoli materiali la

situazione è simile. L'individualità dei corpuscoli elettrici elementari ci è stata imposta dalla generale evidenza. Nondimeno esperienze recenti, prima tra tutti la scoperta della riflessione selettiva degli elettroni da parte dei cristalli metallici, esige l'utilizzo del principio teorico di sovrapposizione dell'onda in accordo con l'idea originale di de Broglie. Come nel caso della luce, anche il problema della natura della materia deve essere tenuto in considerazione. Ma fino a quando ci atteniamo ai concetti classici cadiamo in un dilemma inevitabile che deve essere considerato come la reale espressione dell'evidenza sperimentale. Infatti qui di nuovo non stiamo trattando quadri contraddittori, bensì complementari, di fenomeni che soltanto insieme offrono una naturale generalizzazione del mondo classico e della descrizione della realtà. Nella discussione di questi problemi occorre tenere presente che in accordo con il punto di vista precedentemente assunto, sia la radiazione nello spazio libero sia i corpuscoli materiali isolati, sono pure astrazioni, in quanto le loro proprietà nella teoria dei quanti sono osservabili e definibili solamente mediante la loro interazione con altri sistemi. Comunque queste astrazioni diventano indispensabili per una descrizione di fatti sperimentali connessi con la nostra ordinaria visione spazio-tempo.

«Secondo punto: la difficoltà incontrata in una descrizione causale spazio-tempo viene ora messa a confronto con la teoria dei quanti, che ripetutamente è stata oggetto di discussione, ed ora è balzata in primo piano in seguito ai recenti sviluppi dei metodi simbolici. Un contributo importante al problema dell'applicazione reale di questi metodi è stato recentemente presentato da Heisenberg. In particolare, Heisenberg ha messo in evidenza la peculiare reciproca indeterminazione che influenza tutte le osservazioni relative a quantità atomiche. Prima di entrare nel merito di questi risultati sarà più utile mostrare come gli aspetti complementari della descrizione di questa indeterminazione sono inevitabili già in un'analisi della maggior parte dei concetti elementari utilizzati per interpretare i fatti sperimentali. Il carattere generale della relazione rende non certo possibile riconciliare le leggi di conservazione con la coordinazione spazio-tempo delle osservazioni. La coincidenza di eventi ben definiti nei punti dello spazio-tempo è sostituita da quella di particelle non chiaramente definite entro regioni spazio-tempo e finite. Questa circostanza permette di evitare i ben noti paradossi che si incontrano quando si vuole tentare di descrivere la dispersione della radiazione causata da particelle elettriche libere e anche la collisione tra una

coppia di tali particelle. Secondo le idee classiche la descrizione della dispersione richiede un'estensione infinita della radiazione nello spazio e nel tempo mentre nella variazione del moto di un elettrone, richiesta dal postulato quantico, si sta trattando verosimilmente di un effetto istantaneo che ha luogo in un punto definito dello spazio. Comunque proprio come nel caso della radiazione qui è impossibile definire momento ed energia di un elettrone, senza considerare una regione di spazio finita. Inoltre per l'applicazione delle leggi di conservazione, il processo implica che l'accuratezza della definizione del vettore energia e momento è la stessa per la radiazione e per l'elettrone. L'equazione di Heisenberg è un'espressione della massima precisione con cui le coordinate spazio-tempo, e le coordinate momento-energia di una particella possono simultaneamente essere misurate. La sua idea si basa sulla seguente considerazione: le coordinate delle particelle possono essere misurate con il grado di accuratezza voluto utilizzando uno strumento. A patto di disporre per l'illuminazione di una radiazione di lunghezza d'onda abbastanza corta.

Secondo la teoria dei quanti la dispersione delle radiazioni da parte dell'oggetto è sempre associata a una variazione finita del momento tanto più grande quanto più corta la lunghezza d'onda della radiazione utilizzata. Ma d'altra parte, il momento della particella è determinabile al più alto grado di accuratezza, ad esempio mediante la misura dell'effetto Doppler della radiazione dispersa, a condizione che la lunghezza d'onda della radiazione sia così grande da rendere trascurabile l'effetto di rimbalzo. Ma allora la determinazione delle coordinate spaziali delle particelle diventa necessariamente meno accurata. L'essenza di questa considerazione è l'inevitabilità del postulato quantico nella valutazione delle possibilità di eseguire misure. Una ricerca più accurata delle possibilità di definizione sembrerebbe ancora necessaria. Per far emergere il carattere generale della complementarità della descrizione è necessario altro. Invero tale cambiamento non dovrebbe impedire di attribuire valori accurati alle coordinate spazio-tempo come anche alle componenti momento-energia prima e dopo il processo. L'indeterminazione reciproca che influenza sempre i valori di queste grandezze è piuttosto una conseguenza della limitata accuratezza con cui le variazioni di energia e momento possono essere definite a condizione che i campi d'onda utilizzati per la determinazione delle coordinate spazio-tempo della particella siano sufficientemente limitati. Comunque non si deve dimenticare che nelle teorie classiche ogni

osservazione successiva permette di prevedere eventi futuri con un'accuratezza sempre crescente, in quanto essa migliora la conoscenza dello stato iniziale del sistema.

«Terzo punto: fino a questo momento abbiamo considerato soltanto alcuni aspetti generali del problema quantistico. La situazione implica che maggiore attenzione deve essere rivolta alla formulazione delle leggi che governano l'interazione tra i corpi che qui simboleggiamo con le estrazioni delle particelle isolate e della radiazione. Punti di attacco di questa formulazione sono presentati inizialmente mediante il problema della struttura degli atomi. Com'è noto non ci è stato possibile mediante l'uso elementare di concetti classici e in armonia con il postulato quantistico di chiarire gli aspetti essenziali, traducibili con i fatti sperimentali. Ad esempio gli esperimenti riguardanti l'eccitazione degli spettri mediante impulsi elettronici e mediante la radiazione sono adeguatamente interpretati assumendo la presenza di stati stazionari discreti e singoli processi di transizione. Ciò è essenzialmente dovuto al fatto che per questi problemi non è richiesta un'esatta descrizione del comportamento spazio-tempo dei processi. È proprio questa semplificazione che permette di rintracciare nel problema della struttura atomica una corrispondenza di vasta portata tra le conseguenze della teoria classica e quelle della teoria quantistica indipendentemente dalle loro differenze fondamentali. Questa differenza appare chiaramente dal fatto che le linee spettrali, che nella visione classica sono associate a un singolo stato dell'atomo, secondo il postulato quantistico corrispondono a processi di transizione tra stati separati tra i quali l'atomo può fare una scelta. Un esempio caratteristico della corrispondenza cui ci riferiamo è offerto dalla correlazione messa in evidenza da Kramer, e il trattamento classico della dispersione e la formulazione proposta da Einstein per le leggi statistiche che governano i processi radioattivi della transizione.

Nell'ambito del principio di corrispondenza, l'uso completo dell'elettrodinamica classica è comunque in generale sufficiente soltanto come caso limite, mentre nelle applicazioni statistiche la discontinuità può essere trascurata. Sebbene proprio la trattazione del problema della dispersione di Kramer abbia sollevato dubbi importanti sullo sviluppo razionale del problema della corrispondenza è soltanto attraverso i metodi quantistici e teorici proposti in questi ultimi anni a seguito di molteplici sforzi rivolti al principio menzionato che è stata ottenuta una adeguata

formulazione. Come noto Heisenberg riuscì a fare un passo decisivo a riguardo dello sviluppo di una meccanica quantistica razionale mostrando come nelle equazioni del moto della meccanica classica le grandezze balistiche meccaniche ordinarie potessero essere sostituite da simboli che si riferiscono direttamente ai processi singoli richiesti dal postulato quantico. Con i contributi di Born, Jordan e Dirac alla teoria è stata data una formulazione elegante, e la corrispondenza con la teoria classica ha trovato la sua diretta espressione nella conservazione formale delle leggi classiche. Mentre la caratteristica fondamentale della teoria dei quanti, con la questione della costante di Planck, compare esplicitamente soltanto negli algoritmi a cui simbolicamente le cosiddette matrici sono collegati. Proprio nella discussione di questi problemi la meccanica delle onde è risultata molto utile. Infatti permette un'applicazione generale del principio di sovrapposizione anche nel caso dell'interazione, offrendo così un immediato collegamento con le precedenti considerazioni concernenti la radiazione e le particelle libere.

«Punto quattro. Già nelle sue prime considerazioni concernenti la teoria delle onde per le particelle materiali feci notare che gli stati stazionari di un atomo possono essere visualizzati con un effetto d'interferenza dell'onda, nella fase associata ad un elettrone, ed esso è vincolato. È pur vero che questo punto di vista in termini di risultati quantitativi rimane inizialmente confinato. I primi metodi sulla teoria dei quanti al cui sviluppo Sommerfield contribuì in modo essenziale, rimangono validi. Comunque Schrödinger fu abile a sviluppare un metodo teorico delle onde equivalente al metodo delle matrici, che risultò di importanza decisiva nel grandioso progresso della fisica atomica negli ultimi anni. Invero le appropriate vibrazioni dell'equazione d'onda sono risultate in grado di dare una rappresentazione degli stati stazionari di un atomo soddisfacendo tutti i vincoli richiesti. Inoltre Schrödinger riuscì ad associare alle soluzioni dell'equazione dell'onda una distribuzione continua di cariche e corrente che se applicata ad una vibrazione caratteristica descrive le proprietà elettrostatiche magnetiche di un atomo dello stato stazionario corrispondente. Analogamente la sovrapposizione di due soluzioni caratteristiche corrisponde a una distribuzione vibrante e continua della carica elettrica, che nell'elettrodinamica classica darebbe luogo a una emissione della radiazione. Così è stato illustrato istruttivamente, e le conseguenze del postulato quantico e la corrispondente condizione relativa al processo di transizione tra due stati

stazionari vengono formulate nell'ambito della meccanica matriciale. Sulla base di questi risultati Schrödinger espresse la speranza che lo sviluppo della teoria delle onde avrebbe potuto rimuovere l'elemento irrazionale contenuto nel postulato quantistico ed aperto la via ad una descrizione completa dei fenomeni atomici lungo le linee tracciate dalla meccanica classica. A sostegno di questa prospettiva, un lavoro recente ha messo in evidenza il fatto che lo scambio discontinuo di energia tra gli atomi richiesto dal postulato quantico dal punto di vista della teoria delle onde viene sostituito da un semplice fenomeno di risonanza. Comunque occorre ricordare che proprio nel caso di questo problema di risonanza siamo in presenza di un sistema chiuso che secondo quanto è stato finora detto non è osservabile. Infatti in questo contesto la teoria rappresenta una trascrizione simbolica del problema del moto della meccanica classica adattata ai requisiti imposti dalla teoria dei quanti che può essere interpretata solo attraverso un uso esplicito del postulato quantico. Questo concetto è stato messo in particolare rilievo da Born che, in connessione con il suo importante studio sui problemi, ha suggerito una semplice interpretazione statistica della funzione d'onda di Schrödinger.

In questo contesto tra le altre cose egli ha formulato l'analogia teorica dell'onda e il principio adiabatico di Ehrenfest. Questo porta alla conseguenza che nel caso delle particelle interagenti la concezione classica delle mutue forze di interazione e del concetto derivato di energia potenziale di un sistema è irta di molte difficoltà. Sono proprio queste le difficoltà che nell'equazione d'onda vengono superate sostituendo la formulazione classica hamiltoniana con un operatore differenziale. L'intero schema di questa teoria è già mostrato dall'uso estensivo di grandezze numeriche immaginarie in comune con la teoria delle matrici. Ma del tutto a parte da queste considerazioni non vi può essere dubbio di un immediato collegamento con le nostre concezioni ordinarie in quanto il problema geometrico rappresentato dall'equazione d'onda e associato al cosiddetto spazio delle coordinate, il numero delle dimensioni è uguale a quello dei gradi di libertà del sistema, ed è così diverso dalle tre dimensioni dello spazio ordinario. Tutto considerato non sembra giustificabile nell'ambito del problema dell'interazione pretendere una visualizzazione degli ordinari scenari spazio-tempo. Infatti, così come tutta la nostra conoscenza relativa alle proprietà intrinseche degli atomi deriva da esperimenti eseguiti sulle loro radiazioni o sulle reazioni di

collisione, l'interpretazione degli esperimenti dipende alla fine da astrazioni quale la radiazione nello spazio libero e le particelle materiali libere. Per cui la nostra completa visione spazio-tempo dei fenomeni fisici come la definizione di energia-momento derivano da queste astrazioni. Per valutare le applicazioni di queste idee ausiliarie noi dovremmo soltanto esigere la loro consistenza interna in questo contesto. E uno speciale riguardo va riservato alle possibilità di definizione dell'osservazione.

«Punto cinque. Abbiamo concepito gli stati stazionari con un'applicazione caratteristica del postulato quantistico. Per la sua intrinseca natura questa teoria implica una rinuncia completa della descrizione del tempo. Da questo punto di vista, è proprio questa rinuncia che determina la condizione necessaria per una definizione ambigua dell'energia dell'atomo. Inoltre, parlando rigorosamente, l'idea di uno stato stazionario implica l'esclusione di tutte le interazioni con le particelle non appartenenti al sistema. Il fatto che questo sistema chiuso sia associato ad un valore definito dell'energia può essere visto come un'espressione diretta dell'asserzione di causalità insita nel teorema di conservazione dell'energia. Ciò giustifica la soluzione di una stabilità meccanica degli stati stazionari per la quale un atomo prima e dopo una perturbazione esterna si trova in uno stato stazionario. E ciò forma la base per l'utilizzazione del postulato quantico nei problemi concernenti le reazioni atomiche. E la possibilità di un'applicazione coerente della concezione degli stati stazionari dipende dal fatto che non vi è osservazione realizzata magari attraverso una reazione di collisione, che permette di distinguere tra stati stazionari diversi. Quindi siamo autorizzati ad ignorare la storia pregressa dell'atomo. Il fatto che i metodi quantistici teorici e simbolici assegnino una fase specifica a ciascuno stato stazionario, il cui valore dipende dalla storia pregressa dell'atomo, sembrerebbe in un primo momento contraddire l'idea originale degli stati stazionari. Nel momento in cui siamo realmente coinvolti con un problema temporale l'idea di un sistema rigorosamente chiuso viene a cadere. Comunque l'uso di vibrazioni semplicemente armoniche utili per l'interpretazione delle osservazioni è perciò soltanto una idealizzazione, che in una discussione più rigorosa deve sempre essere sostituita da un gruppo di azioni armoniche distribuite su un intervallo di frequenze finito. Ora come vi ho detto in precedenza le conseguenze generali del principio di sovrapposizione stanno nel fatto che non ha senso assegnare un valore della fase a un gruppo preso nel suo

insieme come nello stesso modo può essere fatto per ciascuna onda elementare costituente il gruppo. È possibile, in una descrizione dello stato di un atomo, trascurare in gran parte la reazione radioattiva eliminando così la dispersione dei valori dell'energia connessa con la vita media degli stati stazionari. Questa è la ragione per cui è possibile arrivare alle conclusioni concernenti le proprietà della radiazione facendo ricorso all'elettrodinamica classica. La trattazione del problema della radiazione che utilizzi nuovi metodi quantistici teorici vuol dire partire proprio da una formulazione quantitativa di questo principio di corrispondenza. Nella formulazione più rigorosa della teoria sviluppata da Dirac anche lo stesso campo di radiazione viene incluso nel sistema chiuso. Diventa così possibile tenere conto in modo razionale del carattere atomico della radiazione come richiesto dalla teoria quantica. In accordo alla relazione asintotica tra le proprietà atomiche e l'elettrodinamica classica richiesta dal principio di corrispondenza, la reciproca esclusione dell'idea degli stati stazionari e della descrizione del comportamento delle singole particelle nell'atomo potrebbe essere vista come una difficoltà. Infatti questa relazione starebbe a significare che al limite i numeri quantici sono grandi dove le differenze energetiche relative tra stati stazionari adiacenti tendono asintoticamente a scomparire, e possono essere utilizzate razionalmente con le descrizioni meccaniche del moto elettronico. Comunque occorre mettere in evidenza che questa relazione non può essere considerata come un passaggio graduale verso la teoria classica, nel senso che il postulato quantico perde il suo significato per numeri quantici grandi. Al contrario le conclusioni raggiunte mediante il principio di corrispondenza con l'aiuto del modello classico discendono proprio dalle assunzioni che c'è un certo stato stazionario quando singoli processi di transazione sono conservati anche a questo limite. Questo problema offre un'applicazione molto istruttiva dei nuovi metodi. Come mostrato risulta possibile nel limite definito dalla sovrapposizione di appropriate vibrazioni costruire un gruppo di onde piccolo a confronto della dimensione dell'atomo, la cui propagazione tende indefinitamente alla visione classica delle particelle materiali in movimento, se i numeri quantici sono scelti abbastanza grandi. Nel caso particolarmente semplice di un oscillatore armonico, è stato in grado di mostrare che tale gruppo di onde rimarrà unito anche per qualsiasi lunghezza di tempo oscillando avanti indietro in modo analogo alla descrizione classica di questo moto. Considero questo modello quantico come un incentivo, come

una speranza di costruire una pura teoria dell'onda, senza ricorrere al postulato quantico. Ma come ha messo in evidenza la semplicità del modello dello sciatore quantistico, la natura armonica del moto classico corrispondente c'è sempre. Neppure in questo esempio però si può riscontrare la possibilità per un approccio asintotico verso il problema delle particelle libere. Infatti un semplice calcolo è in grado di mostrare che il pacchetto d'onda corrispondente a un elettrone legato può essere seguito soltanto per un numero dell'ordine di grandezza del numero quantico associato alle vibrazioni proprio dell'atomo. Qui ancora una volta ci troviamo di fronte al contrasto tra il principio di sovrapposizione della teoria delle onde e l'aspetto individuale delle particelle, del quale abbiamo già discusso nel caso delle particelle libere. Contemporaneamente il collegamento asintotico con la teoria classica nella quale è ignorata la distinzione tra particelle libere e legate offre la possibilità di una illustrazione particolarmente semplice delle considerazioni precedenti riguardanti l'utilizzazione compatibile dei concetti di stati stazionari. Come abbiamo visto l'identificazione di uno stato stazionario per mezzo delle reazioni di collisione implica una lacuna nella descrizione del tempo, almeno dell'ordine di grandezza dei periodi associati alle transazioni tra gli stati stazionari. Al limite dei numeri quantici grandi, questi periodi possono essere interpretati come periodi di rivoluzione. Abbiamo visto così che non è possibile ottenere una relazione causale tra le osservazioni che portano la definizione di uno stato stazionario e le precedenti osservazioni sul comportamento delle particelle separate nell'atomo.

«Riassumendo si potrebbe dire che le idee sugli stati stazionari e sui processi delle singole transazioni nel loro proprio campo di applicazione contengono ciascuna con più o meno realtà l'idea genuina di singole particelle. In entrambi viene posta l'esigenza di una causalità complementare alla descrizione spazio-tempo la cui adeguata applicazione è limitata soltanto dalla possibilità di definizione dell'osservazione. Sembra infatti possibile quando si dà il dovuto riguardo all'aspetto della complementarità richiesto dal postulato quantico costruire con l'aiuto dei metodi simbolici una teoria consistente dei fenomeni atomici, che possono essere considerati una generalizzazione razionale della descrizione ordinaria spazio-tempo. Comunque ciò non vuol dire che questa visione implica che la teoria elettronica classica debba essere considerata semplicemente il caso limite di

un quanto d'azione che scompare. Comunque è proprio la connessione profonda tra principio di esclusione di Pauli, così importante nei problemi della struttura atomica, e la trattazione della corrispondenza, a togliere la speranza di spiegare la differenza espressa da questo principio e il comportamento delle particelle note come quanti di luce. Tale spiegazione sembrerebbe possibile solamente mediante un razionale adattamento quantico teorico della teoria generale dei campi, nella quale le particelle elettriche elementari hanno trovato la loro collocazione naturale».

Niels Bohr concluse così la sua lunga trattazione. Fu un monologo intenso, fatto tutto d'un fiato, senza mai perdere la concentrazione e la presenza scenica. Bohr sapeva bene di aver preparato un discorso ad effetto, che difficilmente i presenti si sarebbero dimenticati. Erano lontani i tempi in cui esponeva solo brevi cenni delle sue idee, o quando a malapena riusciva a esporre una pagina o poco più. Qui si trattava di un discorso pensato nel dettaglio, lungo e laborioso, con cui voleva sfondare definitivamente la porta che altri prima di lui avevano semiaperto della meccanica quantistica. La nuova era stava iniziando, e con lui ci sarebbero entrati tutti. Il suo punto di vista però era categorico, netto, sostanziale. Si basava sul principio di indeterminazione di Heisenberg, e dopo lunghe rielaborazioni delle teorie di Max Born, di Schrödinger, di de Broglie, era la sua scuola, la scuola di Copenaghen, ad avere diritto ultimo di parola. Con questo discorso, Bohr ha voluto indicare a tutti la strada da seguire. A tutti, tranne a Einstein. Che non era presente, e che comunque era veramente tanto distante dalla sua visione delle cose.

Dopo il discorso di Bohr, presero la parola Kramer, Heisenberg e Pauli. Tutti in sintonia. Parlò anche Enrico Fermi. Le sue trattazioni vertevano sulla nuova meccanica statistica che stava per far nascere. Anche Enrico Fermi, come Bohr, stava indicando il percorso da seguire. Dopo di lui arriveranno altri fisici, altri italiani, e la creazione della scuola di via Panisperna era ormai avviata. Il coraggio di questo gruppo di fisici nel rompere pubblicamente gli schemi della rassicurante fisica classica va considerato il momento più emozionante della storia della scienza.

Per Fermi la matematica usata da Schrödinger era più conosciuta, e tutta la metodologia più familiare. Lui a stento riusciva a capire Heisenberg, mentre

simpatizzava molto con i lavori di Schrödinger. Fermi non era ostacolato dalla matematica, che ben conosceva, ma dalla fisica di Heisenberg. I metodi usati invece da Schrödinger erano per lui di applicazione assai più facile rispetto a quelli di Heisenberg, e quindi potevano risolvere numerosi problemi concreti ed essere paragonati con l'esperienza. C'era però un grosso rospo da ingoiare. Che cosa rappresentava esattamente ψ ? La funzione d'onda non era chiara, nemmeno a Fermi. Per parecchio tempo molti pensarono che l'elettrone si spappolasse in una regione dello spazio finita, e che non fosse certo solo in un solo punto; e pensarono che ψ fosse la densità continua della carica elettrica. Ma questa interpretazione non era precisa, anzi era molto sospetta, perché c'erano numerose indicazioni che tali nuvole di elettricità non esistevano. Quando Fermi lesse il lavoro di Schrödinger chiamato «La quantizzazione come problema di autovalori», rimase strabiliato.

A Copenaghen, l'interpretazione di Schrödinger invece era poco accettata. Bohr invitò Schrödinger a discutere i problemi connessi con la sua teoria, e lo sommerse con così tante critiche che, si racconta, alla fine del soggiorno Schrödinger si ammalò di esaurimento. Bohr non lo lasciava tranquillo nemmeno a letto, lo andava a trovare a casa la sera, e continuava a tormentarlo con le sue discussioni. Bohr era un'anima buona, gentile, e piena di premure, ma la fisica dei quanti era un problema così vitale che non poteva controllarsi.

Soltanto nei mesi precedenti al Congresso a Bruxelles alla ψ venne data la giusta collocazione, e venne definita come la densità di probabilità di trovare una carica elettrica in un certo punto e in un dato istante. Naturalmente questa interpretazione poneva altri gravissimi problemi, perché si parlava di probabilità. Fermi approfondì l'aspetto statistico, e definì la statistica di Fermi-Dirac, a cui seguirà quella di Bose-Einstein. Fermi si concentrerà sulla struttura del nucleo atomico e il decadimento β . Fermi è per molti versi una figura unica nel panorama della fisica contemporanea, essendo riuscito a primeggiare tanto in ambiti altamente teorici, quanto nel lavoro sperimentale e nell'organizzazione della ricerca. Ma saranno gli Stati Uniti il luogo dove si realizzerà veramente.

Fermi studiò alla Scuola Normale di Pisa (dal 1918 al 1922), e si distinse come uno dei pochi in Italia in grado di padroneggiare con sicurezza la teoria della relatività e la fisica quantistica, competenze che aveva acquisito da

autodidatta. Si deve infatti considerare che i fisici italiani erano all'epoca, nella stragrande maggioranza, del tutto estranei, se non addirittura ostili, alla relatività e alla fisica dei quanti. Fu grazie all'interessamento di Orso Mario Corbino, direttore dell'Istituto di fisica di via Panisperna e personaggio influente della politica scientifica italiana, che Fermi, dopo la laurea, poté continuare a dedicarsi alla ricerca prima a Gottinga, nel 1923, quindi a Leida nel 1924. Ma il fisico italiano rimase alquanto diffidente nei confronti dell'astrazione matematica propria dell'algebra delle matrici, e conservò un deciso realismo che lo indusse a rimanere al di fuori dei dibattiti sui fondamenti e sull'interpretazione del formalismo matematico quantistico. Sembra che Fermi abbia considerato il formalismo matematico, che utilizzava con pragmatica sicurezza, uno strumento valido per la comprensione della natura del mondo microfisico, indipendentemente dalle ben note difficoltà che si incontrano quando se ne tenti un'interpretazione. Ma Fermi era anche un grande amante della letteratura. La sua lettura preferita era l'*Orlando furioso*: a dodici anni sapeva citarne interi capitoli a memoria.

Torniamo alla fisica. La statistica di Fermi-Dirac determina la distribuzione statistica dei fermioni negli stati di energia per un sistema in equilibrio termico. I fermioni sono particelle che obbediscono al principio di esclusione di Pauli, ovvero non possono esistere nello stesso stato fisico due fermioni con gli stessi numeri quantici. La termodinamica statistica viene usata per descrivere il comportamento di grandi quantità di particelle. Un insieme di fermioni non interagenti è detto gas di Fermi. La statistica di Fermi-Dirac è strettamente collegata alla statistica di Maxwell-Boltzmann e alla statistica di Bose-Einstein. La statistica di Bose-Einstein vale per i bosoni, l'altra famiglia di particelle riscontrabili in natura, e la statistica Maxwell-Boltzmann descrive la distribuzione di velocità delle particelle in un gas classico e rappresenta il limite classico (di alta temperatura) delle statistiche Fermi-Dirac e Bose-Einstein. La statistica di Fermi-Dirac venne applicata per la prima volta nel 1927 da Arnold Sommerfeld agli elettroni nei metalli. Per questo Enrico Fermi può essere considerato il grande assente nel Congresso del 1927. Ma si rifarà presto, con i ritrovi successivi. Il VI e il VII, ad esempio, dove Fermi fu protagonista al pari degli altri.

A Roma fin dal 1929 diventerà chiara l'importanza di indirizzare le ricerche verso lo studio del nucleo, al quale vengono destinate sempre maggiori energie, in precedenza riservate alla spettroscopia atomica. A

partire dall'autunno del 1931, Franco Rasetti trascorrerà un anno a Berlino per apprendere da Lisa Meitner nuove tecniche sperimentali con cui indagare la radioattività; per specializzarsi sulle tecniche di radiochimica, Oscar D'Agostino, su presentazione di Enrico Fermi, si recherà all'inizio del 1934 presso l'Institut du Radium di Madame Curie, istituto dal quale, proprio in coincidenza con l'arrivo del chimico del gruppo di via Panisperna, verrà annunciata la radioattività artificiale. Dopo che i Joliot-Curie pubblicheranno la loro scoperta, a Roma si intraprenderanno studi per esaminare i nuovi fenomeni e Fermi indagherà se anche i neutroni siano efficaci nel produrre la radioattività artificiale. Il 25 marzo 1934, in una breve comunicazione dal titolo «Radioattività», Fermi annuncerà di aver scoperto che i neutroni sono in grado di produrre radioattività artificiale nell'alluminio e nel fluoro.

Il gruppo di via Panisperna intraprenderà perciò un'indagine sistematica che lo porterà infine a occuparsi dell'uranio. Proprio mentre studierà l'ultimo elemento della tavola di Mendeleev, Fermi e i suoi collaboratori penseranno erroneamente, pur se con molta cautela, di aver scoperto due nuovi elementi transuranici: l'Ausonio e l'Esperio, rispettivamente di numero atomico 93 e 94. Dai documenti conservati nella Domus Galilæana, risulterà che fin dal maggio del 1934 il gruppo romano usava per questi due ipotetici elementi i simboli Ao e Hs. A via Panisperna si inizierà poi a indagare sistematicamente su quali fattori ambientali potessero influire sull'entità dell'attivazione. Diventò necessario quantificare meglio l'attività indotta, rispetto alla generica classificazione in debole, media e forte, e si scelse come attività campione quella con tempo di dimezzamento di circa due minuti prodotta dai neutroni nell'argento.

Nell'ottobre del 1934, per evidenziare l'eventuale influenza dell'ambiente circostante, Amaldi inizierà a misurare gli effetti dovuti da alcuni piccoli mattoni di piombo, collocati secondo varie disposizioni geometriche presso sorgente a campione; quindi si progettò lo studio dell'effetto di diffusione dei neutroni da parte di uno schermo di piombo, ma questo esperimento venne realizzato in modo completamente diverso da come era stato progettato. I neutroni, filtrati mediante sostanze idrogenate come ad esempio la paraffina, divenivano più efficaci nell'indurre la radioattività. La sezione d'urto di cattura radioattiva dei neutroni aumenta al diminuire della velocità. Gerald Holton definisce la scoperta che Fermi farà nell'ottobre del 1934 come un «evento mitologico». Descritto in modo schematico: tanto maggiore è

l'energia di una particella alfa, tanto più sottile è la barriera di potenziale repulsivo che quest'ultima deve attraversare per effetto tunnel prima di essere catturata dal nucleo, e tanto più efficace è quindi la particella stessa. Lo stesso vale per il fenomeno inverso: nell'emissione, per una particella carica (alfa o protone) è tanto più agevole attraversare la barriera di potenziale e allontanarsi dal nucleo, quanto maggiore è la sua energia.

L'attività sperimentale che portò a scoprire presso i laboratori di via Panisperna dapprima la radioattività indotta dai neutroni e quindi l'effetto delle sostanze idrogenate è stata narrata dagli autori stessi di quelle ricerche: alla testimonianza di Fermi si affiancano quelle della moglie Laura Capon, di Enrico Persico, Oscar D'Agostino, Franco Rasetti, Emilio Segrè, Bruno Pontecorvo ed Edoardo Amaldi. Ma solo vent'anni dopo si leggeranno questi resoconti. Tenuto conto di un simile divario temporale tra i fatti e la loro narrazione, è facile comprendere quanto, ai fini di una ricostruzione storica il più possibile attendibile, sia importante condurre un'attenta analisi dei documenti originali di laboratorio conservati prevalentemente presso la Domus Galilæana di Pisa. Amaldi ricostruisce le circostanze, dicendo che Fermi decise improvvisamente di analizzare l'effetto della paraffina sull'attivazione, e scoprì l'effetto del rallentamento dei neutroni.

Per chiudere la carrellata degli italiani, è importante ricordare un altro congresso, quello del 1948. All'ottava conferenza, dal titolo «Le particelle elementari», parteciperà anche il fisico italiano Giuseppe Occhialini (1907-1993) che collaborò a due scoperte fondamentali nel campo delle particelle elementari: prima, nel 1933, collaborò alla scoperta del positrone nei raggi cosmici presso il Cavendish Laboratory di Cambridge, sotto la guida di Patrick Blackett, attraverso l'uso delle camere di Wilson (camere a nebbia), poi, nel 1947, contribuì alla scoperta dei pioni, o mesoni Pi, in collaborazione con Cesare Lattes e Cecil Frank Powell, scoperta ottenuta presso il Wills Laboratory di Bristol attraverso la tecnica delle tracce su lastra fotografica. Dal 1952 Occhialini ricoprì la cattedra di Fisica Superiore dell'Università di Milano, dove trascorse il resto della sua vita. In quegli anni rifondò la Scuola di Fisica cosmica italiana favorendo, insieme a Edoardo Amaldi, lo sviluppo dell'organizzazione per la ricerca spaziale europea, ora ESA (European Space Agency). Tra i suoi allievi si laureò a Milano nel 1954 Riccardo Giacconi, premio Nobel per la Fisica nel 2002. Ai partecipanti venivano fornite copie delle foto commemorative dei Congressi stampate dai negativi originali e

Occhialini espose le sue copie nella sala riunioni del «capannino di Astrofisica» in via Celoria, dove insieme alla moglie Constance (Connie) Dilworth ricopriva la cattedra di Fisica Superiore. Nei primi anni Ottanta le foto vennero sostituite con copie anastatiche. Il settore di Astronomia e Astrofisica è stato in seguito trasferito presso l'Università degli Studi di Milano-Bicocca. Ancora oggi quelle foto sono appese ai muri della facoltà di fisica di Milano di via Celoria.

Torniamo alla cena. Anche perché il livello dell'alcol stava salendo per tutti, anche se molti non lo davano ancora a vedere.

«Ascoltai con molta attenzione quello che disse il giovane Fermi» disse Born. «Sia io, sia Sommerfeld siamo rimasti molto colpiti dalle sue trattazioni. So per certo che in Italia soltanto lui è in grado di parlare di quanti, e sta lavorando su qualcosa di più grande. Il suo punto di vista è molto interessante, parte dalla matematica di Schrödinger, che maneggia con molta facilità, e con questa riesce a elaborare le teorie di Bohr».

«È il caso che lo conosca, allora» disse Einstein, colpito dall'elogio di Born nei confronti del ragazzo di ventisei anni, italiano, per molti sconosciuto.

In quei giorni Fermi aveva ottenuto la cattedra a Roma, Persico a Firenze, e Pontremoli a Milano.

Non esistevano ancora in Italia libri scritti da fisici sulle questioni in gioco. «Solo Enrico Fermi potrebbe farne uno» disse Corbino durante una lezione agli studenti, costretti a studiare le nuove dottrine su *Atombau und Spektrallinien* di Sommerfeld, in tedesco, un testo lunghissimo e fin troppo dettagliato, che certo non invogliava. Fu nel giro di pochi mesi, in vacanza in Val Gardena sulle Dolomiti, che Fermi diede alla luce *Introduzione alla fisica atomica*, un libro ancora oggi usato nelle scuole per raccontare la nascita della nuova fisica. Purtroppo Fermi lo scrisse prima che la fisica quantistica fosse nata, e malgrado nel capitolo finale compaia l'equazione di Schrödinger, la meccanica delle matrici di Heisenberg non c'è. E compare ancora la vecchia definizione delle orbite degli elettroni di Bohr e Sommerfeld.

Come già raccontato per altri gruppi di fisici, anche a Roma in via Panisperna si davano dei soprannomi, e spesso mettevano in scena pure loro simpatiche rappresentazioni teatrali. Fermi era il Papa, Corbino il Padreterno,

Rasetti quando non era Venerato Maestro era Cardinal Vicario, Segrè era Basilisco e qualche volta Prefetto alle Biblioteche, e Majorana era Il Grande Inquisitore.

Segrè racconta di una poesia scritta per descrivere il clima di quegli anni. L'autore era Persico, si intitolava *Il Vangel*. Questa, come altre, veniva recitata in pubblico dai fisici:

*Al di là dell'Appennino
Padre Enrico giunto è
Ed insegna altrui il cammino
Sulla strada della fé.
Ei comincia la lezione
Col precetto elementar
Che è cattiva educazione
Carne umana divorar.
Narra poscia che oltre i monti
Vivon popoli fedel
Che del Ver le sacre fonti
Ricevuto hanno dal Ciel.
Essi han d'h il sacro culto
Han nei quanti piena fé,
E per loro è grave insulto
Dir che l'atomo non c'è.
Sono pur bestemmie orrende
Il negar che v'è la ψ
Che un valor non nullo prende
 Δq per Δp .
Che dell'orbite ai momenti
S'addizionano gli spin
E elettroni equivalentemente
Son vietati dal Destin.
Credon poi, con fé profonda
Cui s'inchina la ragion,
Che la luce è corpo e onda,
Onda e corpo è l'elettron.
Sono questi i dogmi santi
Ch'egli insegna agli infedel,
Con esempi edificanti,
E appoggiandosi al Vangel.*

Sesta portata

«L'IMPLEMENTAZIONE DELLE DISCUSSIONI»

Parfait de Foie gras de Strasbourg
Salade Mimosa
Monopole Heidsieck, 1915

«La preoccupazione fa venire le rughe!» disse Einstein a Elisa Solvay, sputacchiando qualche briciola di pane contro de Broglie.

«E allora chissà quante rughe dovranno spuntarmi nei prossimi mesi! Abbiamo in programma una decina di eventi importantissimi, tra mostre, dibattiti, conferenze» rispose Elisa svelta, spostando le mani sull'abito color pesca all'altezza dei fianchi, quasi a voler mostrare, in anticipo, tutta la stanchezza che l'avrebbe sopraffatta nei mesi successivi.

La discussione verteva sulle nuove attività della famiglia Solvay, da sempre occupata nell'aprirsi a nuovi interlocutori, sia nell'industria, sia nelle attività di sostegno della comunità e di volontariato sociale.

«Guardi, cara Elisa, dove arriverà lei, arriverà la luce... questo è un dato di fatto. E lo dico senza neanche scomodare la velocità con cui si propaga la luce...» disse Einstein con una grande risata. Einstein era solito fare battute a sfondo scientifico, anche se spesso non venivano colte. In questo caso, be', sì, certo. Ma è la regina a prendere la parola.

«Senta, herr Einstein, mi spieghi un po' questa relatività, ho un grande desiderio di capirla» chiese la regina Elisabetta.

Max Born fece un plateale colpo di tosse, quasi gli fosse andato di traverso l'ultimo sorso di vino.

Bragg emise un suono gutturale, accompagnato da una smorfia di

disappunto. E rivolto a de Broglie disse sottovoce: «Certi argomenti non devono avere semplificazioni, per il solo gusto di essere raccontati». De Broglie stava per accennare un sì con la testa, ma sentendo lo sguardo di Einstein addosso, non se la sentì, e si buttò sul vino, per evitare di rispondere. Con la mano sinistra continuò nel suo lavoro di arrotondamento della fettina di formaggio, senza curarsi di cosa pensassero gli altri, e con la fetta in questione ormai diventata grigia. Bevve un altro sorso.

La stessa cosa fece Mark, il capitano di artiglieria, con la sola differenza che lui lo stava facendo ininterrottamente da inizio cena.

Marie Curie rimase composta, immobile, priva di espressioni, aspettò solo la risposta di Einstein.

La discussione stava prendendo tutta la parte bassa del tavolo, che a questo punto – con l'esclusione di Mark, troppo intento a chiamare un cameriere per farsi servire un calice del primo vino che aveva bevuto a inizio cena, perché sosteneva fosse arrivato il momento giusto per risentirlo gradevolmente in bocca – pendeva dalle sue labbra.

«Certo, cara Elisabeth Gabriel Valerie Marie, con molto piacere. Nessuno sforzo da parte mia, a volerle rendere la relatività semplice, con un concetto facilissimo che la spiega. E anche altri fisici seduti a questo tavolo potranno aggiungere commenti o obiezioni, se lo riterranno opportuno. Io sono dell'idea che tutti debbano capire la fisica, nessuno escluso. Basta solo che chi la racconta trovi il modo migliore per trasmetterla. Per far arrivare all'altro che ascolta quanto è bella. E comunque, ormai ci sono abituato... in vent'anni ho escogitato un modo facilissimo per rispondere a questa domanda!» disse Einstein.

Compton rimase con la forchetta a metà strada tra il piatto e la bocca, Max Born ripose il tovagliolo accanto alle posate, quasi a mettersi più comodo. Marie Curie rimase sempre immobile, a fissarlo. De Broglie si tirò indietro sulla sedia, per lasciare che anche Bragg potesse guardare Einstein senza impicci. Bragg stava sull'attenti, manco fosse suonato l'alzabandiera. Dall'altra parte del tavolo, solo Niels Bohr aguzzò l'orecchio, e si sporse con i gomiti sul tavolo per ascoltare meglio Einstein.

«Lasciatemi solo con Niels Bohr... e il tempo mi parrà un'eternità. Invece, cara Regina, con lei accanto avrò l'impressione che la cena sia durata un minuto. Ecco la relatività ristretta!» disse Einstein.

Sospirarono de Broglie e Bragg. Einstein, senza ritegno, si girò verso di

loro, e avendo a tiro il primo gli tirò un colpo sulla spalla, come per sciogliere la tensione che si era creata al tavolo, a suo modo di vedere del tutto fuori luogo. E si lanciò in una fragorosa risata. A cui seguì anche quella di Marie Curie, e quindi del resto del tavolo che stava ad ascoltare. Solo Niels Bohr non fece una piega, si mise una briciola di pane in bocca, e subito dopo bevve un bicchiere d'acqua stracolmo.

«Per essere sincero, cara regina, potrei continuare a portarle altri esempi di questo tipo, per spiegarle la relatività. Ma per padroneggiare i concetti su cui si basa c'è bisogno di un altro tipo di studio» disse Einstein.

Max Born prese la parola, anche un po' per difendere Bohr.

«Non sempre le teorie fisiche possono essere semplificate, non sempre si trova un metodo di paragone per tutti. Basti pensare alla difficoltà che stiamo trovando noi stessi nel capire la fisica quantistica... figuriamoci chi non maneggia certi elementi» disse Born e si schiarì la gola con un colpo di tosse.

«Caro Born, se non riesce a spiegare un concetto fisico a un bambino di sei anni, allora vuol dire che non è riuscito a capirlo a fondo nemmeno lei!» disse Einstein.

Ora Niels Bohr uscì allo scoperto, e con un tono di voce abbastanza alto prese la parola.

«La possibilità di tradurre in termini semplici una teoria non è mai stata una prova della sua attendibilità» disse Bohr, e bevve di nuovo un bicchiere d'acqua d'un fiato.

«Il comportamento delle sue particelle è così caotico che nemmeno le fanciulle davanti a un negozio di saldi si comporterebbero così casualmente. E, tra l'altro, in quest'ultimo caso non c'è nemmeno la probabilità che tornino a casa senza aver fatto acquisti» rispose Einstein, facendo seguire una fragorosa risata.

Bohr accusò il colpo, ma non lo diede a vedere. Marie Curie sorrise. Bragg e de Broglie rimasero a pensare alla nuova metafora escogitata da Einstein. Compton tossì, e poi prese la parola. Anche Max Born tossì, ma nessuno ci fece caso, ormai la sua tosse era un piacevole sottofondo. Fece anche schioccare le dita. Fece cadere forchetta e coltello a terra. Il cameriere alle sue spalle le raccolse in meno di due secondi.

«È difficile trovare prevedibilità nel mondo microscopico, però... Per non parlare di gravità» disse Arthur, sistemando meglio le sue posate, e pure quelle che trovò poco più a destra, di Elisa, in ordine crescente anche le sue.

«*Ach!* Bel commento, caro Arthur... bel commento. Ma io non vedo neanche nessuna coerenza nella descrizione data da Bohr della fisica quantistica... solo complessità e caso. Molto meglio pensare alle belle donne che fanno compere, o dedicarci con maggior dedizione alle signore di questo tavolo, e alla loro malizia mentre noi facciamo queste riflessioni. Cosa potrebbero pensare di noi...» disse Einstein cercando la via di fuga più semplice.

«Io sono pronta ad ascoltarla, se mi vorrà dare altre informazioni sulla relatività, non creda... e anche sulla gravità!» disse la regina.

«E io sono qui per questo, cara Elisabetta» rispose Einstein.

«Non si può sempre filosofeggiare su questioni di fisica serie, però» disse Born, e sistemò le posate che gli aveva portato il cameriere tutte a destra.

«Eh, no! Ti sbagli! Senza la filosofia, la fisica si ridurrebbe a pura e facile ingegneria!» disse Einstein.

«E i nostri illustri predecessori avevano una cultura umanistica di altissimo livello» disse Lorentz, che prese la parola solo ora, e con voce molto bassa.

«Dunque, cara Elisabetta, la gravità è la forza che attrae un corpo verso un altro. Noi cadiamo a terra, fortunatamente le stelle non ci cadono addosso. Ma la cosa difficile nel capire la gravità è che, a differenza delle altre tre forze, non riusciamo a renderla omogenea, a unificarla sotto lo stesso tetto delle altre forze. E per altre forze intendo l'elettromagnetismo, la nucleare debole e la nucleare forte» disse Einstein.

«È la più difficile da comprendere? Eppure a me sembra di averla già capita!» disse Elisa Solvay con un enorme sorriso.

«Come vedete, cari fisici di questo tavolo, c'è qualcuno che potrebbe prima di voi arrivare alla grande teoria di unificazione... datevi da fare, invece di perdere tempo con la meccanica quantistica e la probabilità» disse Einstein, poco prima di essere interrotto dall'arrivo della sesta portata.

Il cameriere fece l'annuncio. «*Parfait de Foie gras de Strasbourg, avec Salade Mimosa*». E per ogni invitato seguì il cambio del vino, e l'annuncio del nuovo sottovoce: «Monopole Heidsieck, 1915».

Completamente stravaccato sulla sedia, questa volta Mark non riuscì a fare commenti. Allungò solo il braccio verso il calice appena riempito, e stancamente se lo portò alla bocca. Come fosse un rituale, più che un gesto nobile.

Prima di procedere con l'ultima portata, fu Einstein a chiudere la

discussione: «Se Schrödinger fosse stato a questo tavolo, vi avrebbe presi uno per uno, e vi avrebbe sistemati tutti, cari fisici... per non parlare di come avrebbe riempito di complimenti le nostre donne al tavolo... ah, quell'eccentrico anticonformista Schrödinger, come mi piace! Prendete esempio dal buon Erwin! Ma fate in fretta... altrimenti se le prende tutte lui!» disse Einstein stuzzicandoli di nuovo un po' tutti, qualora ce ne fosse ancora la necessità. E subito dopo, con grande soddisfazione per l'ultima uscita, abbassò la testa verso il piatto, e si dedicò al *fois gras*, giocherellandoci un po' con la forchetta, appiattendolo per bene, e disponendolo a cerchio intorno al piatto.

In realtà, a quel tavolo, la tensione era già alle stelle. Soltanto Marion e Aletta continuavano a commentare i piatti, e si scambiavano affettuosamente ricette.

«Il *fois gras* non manca mai alle mie cene... anche se devo dire che fuori dalla Francia in pochi lo apprezzano» disse Aletta.

«Sì, è vero. Ma non sanno cosa si perdono... Devo dire che mi è piaciuto molto anche il timballo di funghi» disse Marion.

«Ah, non me ne parlare. È la mia specialità» disse Aletta.

«Vuoi suggerirmi la tua ricetta?» chiese Marion.

«Con molto piacere. Pulisco i funghi, li trito e li faccio appassire con la cipolla tritata e il burro, quindi unisco la farina, il latte, il parmigiano e la noce moscata. Faccio intiepidire il composto, aggiungo i tuorli montati a neve e, dopo aver versato il tutto in una pirofila cosparsa di pangrattato, passo nel forno. *Voilà...*» disse Aletta.

«E, se posso aggiungere, la decorazione con tre o quattro fettine di funghi sopra è un dettaglio molto sfizioso... te lo consiglio» disse Marion.

Mentre i nostri fisici – che difficilmente sentiremo mai scambiarsi ricette – sono alle prese con l'ultima portata, facciamo ancora un passo indietro. Mancano alcuni tasselli, prima di arrivare alle questioni più scottanti sulla nascente fisica quantistica.

Nel 1913 Einstein conobbe per la prima volta Schrödinger in occasione della conferenza di Vienna. Il grande scienziato espose la sua teoria sulla gravità, davanti a una platea di centinaia di persone. Da quel momento Schrödinger si mise a studiarla. Fu talmente affascinato da Einstein che ogni cosa che disse quel giorno se la scrisse sul taccuino, e furono per lui argomento di approfondimenti successivi.

È vero, Erwin Schrödinger aveva solo due preoccupazioni nella vita, la fisica e le donne. E le coltivava entrambe, con una forte vocazione filosofica. Giorno dopo giorno. Si ricorda, in particolare, una vacanza di Natale sulle Alpi di Schrödinger. Era fine dicembre del 1926. Schrödinger partì con la sua compagna del momento, una donna molto appariscente, alta e sempre molto truccata. Per tutta la durata del soggiorno, Erwin rimase chiuso nella baita a scrivere il suo nuovo libro che trattava di filosofia. La sera si concedeva alla bella donna, assecondando tutte le richieste che gli faceva. Ricche cene, grandi balli, vita mondana. Soleva organizzare anche i Sausage Party, ritrovi con pochissimi uomini e donne bellissime, giovani, e molto disponibili. Era riuscito a fare tutto questo pure in un posto sperduto sulle Alpi. E, in questo paesino, dove le voci correvano rapide, tutti parlavano di lui. In un attimo, tutta la comunità scientifica seppe della bella vita dello scienziato. E la nomea definitiva per lui fu quella.

Fin da giovane, Erwin fu sempre attratto dalla filosofia orientale, dal pensiero indiano, e dall'antico misticismo buddhista. Fu influenzato anche da Ernst Mach. Il suo inconscio veniva smosso solo da queste letture, e ripagava l'illuminazione avuta scrivendo altri libri, molto profondi. Riusciva a catturare anche le donne con la testa. Aveva la capacità di sedurle, di affascinarle con il solo uso della parola. Si chiudeva spesso in casa, o partiva per posti isolati, con il solo scopo di meditare, e di stare solo con se stesso. Solo così riusciva a ritemperarsi e a tornare alla vita di tutti i giorni con l'energia che tutti ricordano.

«Chi sono io, da dove vengo, dove vado?» erano queste le domande che si faceva Schrödinger. Nella prima fase della sua vita, rifletté sull'esistenza, sul mistero, sulla fede, sulle paure, su tutto ciò che non è materiale. Le sue pubblicazioni fino al 1925 furono articoli sulla meccanica, sulla geofisica, e sulla fisica atomica. Ma con quelli non sarebbe certamente passato alla storia.

Ma andando ancora più indietro negli anni, nel 1920 si trova anche un documento di un centinaio di pagine sulle tecniche matematiche di misurazione del colore e la fisiologia dell'occhio. Anche se il suo lavoro sulla teoria del colore è stato utile per molti studi successivi, non è mai stato particolarmente interessante per l'élite dei fisici. Il suo lavoro sulla fisica atomica, invece, che derivava dallo studio delle statistiche di Boltzmann sulla termodinamica, e poi sulle impronte spettroscopiche, venne usato anche da Sommerfeld, Bohr e Born, nelle scuole di Monaco di Baviera, Copenaghen e

Gottinga.

Schrödinger, malgrado fosse un inguaribile sciupafemmine, era sposato con Anny, da cui divorzierà presto. Ma la loro unione non fu mai molto convenzionale, non per gli standard della società di Zurigo. Erwin cercò sempre le sue soddisfazioni sessuali altrove, fuori dal rifugio familiare, e questo alla lunga pesò molto sulle sorti del suo matrimonio. D'altra parte, Erwin era cresciuto circondato da donne che lo adoravano, lo veneravano, lo servivano in ogni suo desiderio. Era un figlio molto viziato, malgrado il padre Rudolph fosse severo. Il padre lo avrebbe voluto con sé nella fabbrica di linoleum di famiglia, ma Erwin non accettò mai. Il giovane Schrödinger era un bambino brillante e curioso, e suo padre lo incoraggiò sempre a esplorare tutti gli argomenti di possibile interesse che gli passavano per la testa. Anche se Erwin mostrò subito un talento precoce per la matematica, sviluppò prima un forte interesse per le lingue, per la poesia e per il teatro. La madre, Georgie, era una bellissima attrice, recitava nel teatro d'Austria, che in quegli anni era tra i più importanti del Nord Europa. Erwin fu cresciuto dalla madre, e da altre figure femminili: le sorelle della madre, le cugine, le cameriere e le infermiere di famiglia. Non mostrò un interesse precoce per il sesso femminile, proprio per questo motivo. Ma appena dovette uscire di casa, per gli studi, le cose cambiarono radicalmente.

Alle scuole dell'obbligo aveva molti amici maschi, ma lui si innamorava perdutamente ogni volta della sorella di questo o quell'altro amico, e li costringeva a uscite di gruppo con il solo scopo di conoscerle e frequentarle. Le bambine erano affascinate da Erwin, e ricambiavano sempre l'innamoramento. Ma non una, bensì due, tre, quattro alla volta. D'altra parte era questo il numero di donne con cui aveva a che fare in casa nella vita domestica di tutti i giorni! Erwin iniziò ben presto a tenere traccia dei suoi amori sui suoi diari, descrivendo nel dettaglio l'attività sessuale con questa o quell'altra donna.

Ma nel 1906 la matematica e la fisica prendono per qualche tempo il sopravvento sulle sue passioni. Fritz Hasenöhr, uno degli ex studenti di Boltzmann, che morì in quegli anni, si rivelò uno dei suoi amici più importanti, lo ispirò sulla strada da seguire, e Boltzmann e Mach nonostante tra loro avessero un rapporto conflittuale, furono i suoi due fari.

Schrödinger era molto pragmatico, e scoprì in fretta di essere molto dotato per la fisica sperimentale e le attività di laboratorio. Nel 1913 fece domanda

per lavorare all'università, e così iniziò la sua carriera accademica. Nel 1917 Schrödinger venne chiamato per il servizio di leva e partì per il fronte. Durante il servizio militare Erwin riuscì comunque a studiare, informarsi, scrivere articoli scientifici. In particolare era attratto dalla nuova teoria di Einstein sulla relatività generale, e da Bohr e i suoi studi sull'atomo quantizzato.

Con la guerra in corso, Schrödinger non faceva una bella vita. La madre aveva subito un intervento al seno per un tumore, il suo recupero era lento e doloroso, e i soldi in famiglia mancavano. Erwin contrasse pure un'infezione polmonare, che avrebbe potuto portarlo alla tubercolosi, ma riuscì a guarire. Il padre Rudolph dovette chiudere la fabbrica per mancanza di denaro, e dopo pochi mesi morì. Erwin riuscì a vedere la luce soltanto in un laboratorio universitario. E fu proprio la luce l'argomento che lo catturò maggiormente.

In quel periodo sposò Anny, una donna di Salisburgo che si era trasferita a Vienna per lavorare come segretaria. Era lei che guadagnava tra i due, e quindi lui decise di sposarla e farsi mantenere. Nel 1920 Erwin finalmente ottenne la posizione di professore, ma dovette partire per una cattedra a Stoccarda, e poi a Breslavia. Nel 1921 ottenne la cattedra di fisica teorica all'Università di Zurigo. Ma all'epoca Erwin era emotivamente e fisicamente esausto, e nel novembre di quell'anno venne colpito da un disturbo respiratorio grave: gli consigliarono di andare in alta quota, altrimenti la tubercolosi avrebbe potuto metterlo seriamente nei guai. Erwin e Anny si stabilirono nella località alpina di Arosa, per nove mesi di cure intensive. Ma la sua testa era da tutt'altra parte. Era alle prese con i problemi delle orbite quantizzate e l'atomo di Bohr. Nell'autunno del 1922 scrisse a Wolfgang Pauli, poi andò a Copenaghen a trovarlo.

Il 9 dicembre 1922 tenne una conferenza dal titolo: «Che cosa è una legge naturale?» Cercò di esporre tutti i suoi pensieri sulla natura delle leggi e la probabilità. «Se la probabilità che un evento si verifica in un determinato modo è così alta che dal punto di vista umano è diventato una certezza, allora parliamo di una 'legge di natura'. Questo è possibile, tuttavia, solo se vi è un numero inimmaginabile di singole occorrenze, come può accadere in un processo molecolare» disse Schrödinger.

Parlò di conservazione dell'energia, di Bohr, Kramers e Slater, e raccontò a tutti il suo punto di vista sui risultati della scuola di Copenaghen, come se fosse stato lì tutto il tempo, e non sulle Alpi isolato dal mondo a curarsi. Fu

Pauli a interessarsi ai suoi concetti, e divennero molto amici, malgrado Pauli non amasse certo questo termine. Nel 1924 pubblicò sei articoli, e venne invitato al IV Congresso Solvay a Bruxelles.

Nel frattempo il suo matrimonio di convenienza con Anny (esattamente come quello di Albert Einstein ed Elsa) stava volgendo al termine. Le sue scappatelle amorose stavano diventando sempre più frequenti, e a casa tornava sempre meno.

Nel 1925 Schrödinger lesse le carte di Einstein sulla statistica dei gas di Bose. Subito dopo gli scrisse una lettera mostrandosi molto interessato ai suoi studi, molto simili alle sue idee.

«La matematica contenuta nei suoi fogli è la stessa che uso io, solo che la mia è molto più formale, meno elegante, e forse non è neanche così completa come la sua. Sono molto attratto anche dai lavori di de Broglie. I miei studi sono a un punto di svolta, ma non so cosa fare in questo momento» scrisse Schrödinger a Einstein.

Poche settimane più tardi, Schrödinger tenne una conferenza sui lavori di de Broglie sulle onde di materia, per gli studenti di fisica viennese. Felix Bloch era fra gli studenti.

«Schrödinger ha dato una ben chiara dimostrazione di aver capito in pieno lo studio di de Broglie e delle sue intenzioni di associare un'onda alla particella, e ha esposto le regole di quantizzazione di Niels Bohr e Sommerfeld, ma portando il tutto un gradino più avanti» disse Bloch.

Le conferenze di Schrödinger continueranno fino al 1927, così come il rapporto con Einstein, Dirac e Pauli. L'unica persona a cui si contrapporrà duramente fu Werner Heisenberg. Di lui Schrödinger avrebbe pensato il peggio che si potesse pensare, così come della sua matematica e dei suoi lavori.

Non erano passate nemmeno tre ore, e la cena proseguiva con intensità. Ognuno portava un contributo diverso, e sempre molto curioso. Per non parlare dei tic e dei riflessi condizionati. Per dire, se Richardson iniziava un discorso guardando direttamente in faccia Nolf, lui d'istinto stirava le gambe sotto il tavolo, e le tendeva così forte fino a sentire la tensione lungo la schiena. Se Langevin usava l'intercalare *mon dieu*, allora Langmuir di riflesso usava *my god* nelle sue frasi. Se Marie Curie, dopo naturalmente aver alzato e abbassato la forchetta tre volte prima di metterla alla bocca, riponeva la posata orizzontalmente nel piatto (solitamente facendo coincidere

perfettamente la punta con il centro del piatto), allora Compton riponeva la sua sempre in orizzontale, ma nell'altro senso, quasi a chiudere un'ipotetica linea retta (che nella sua testa era l'ascissa del sistema di riferimento cartesiano). Se Max Born beveva un sorso di vino, lo faceva anche William Bragg, ma con la regola che doveva berne sempre un po' di più. Se Einstein si buttava indietro sulla sedia, anche de Broglie si appoggiava allo schienale. Erano una specie di regola, che ciascuno, chi più consapevolmente chi meno, si autoimpondeva. La regola era il vero motore di ogni fisico.

Un altro fatto strano che si è potuto osservare in queste tre ore è che tutti i fisici erano affetti dal problema delle conclusioni, come era stato chiamato. Se un fisico iniziava una frase, un concetto, un'esposizione su qualche argomento, poi doveva arrivare alla fine di quella frase, quel concetto, quella argomentazione; e chi lo ascoltava, doveva ascoltare tutto, fino alla fine. Se uno di loro faceva una citazione, allora poi doveva anche concludere la citazione con chi l'aveva pronunciata. Se qualcuno iniziava a canticchiare un brano, doveva continuare a cantarlo fino alla fine. Se uno apriva una parentesi, poi doveva chiuderla. E tutti quelli che stavano lì ad ascoltare, aspettavano solo di arrivare alla conclusione. Ogni volta. Per loro, questa regola era una questione – anche in questo caso – di vita o di morte. Se non si arrivava alla conclusione di una canzone, di una poesia, di un film, c'era il rischio di impazzire.

Non era certo l'unica regola. La «regola del frastuono autoindotto» (secondo la quale si può creare un certo tipo di rumore fastidioso semplicemente dicendo alcune parole chiave), l'«enunciato della riflessione altrui» (l'enunciato che parte dalla postura di chi ti sta di fronte e che ti fa assumere esattamente gli stessi atteggiamenti), il «teorema dell'attacco celebrativo» (il teorema che dice esattamente quali frasi comporre appena si inizia a parlare in pubblico). Tutte queste regole avevano richiami, inutile dirlo, scientifici.

Max Born raccontò la sua esperienza al MIT, il Massachusetts Institute of Technology. E dei suoi trascorsi americani. Tutta la parte bassa del tavolo era in assoluto silenzio, i suoi racconti erano molto interessanti. Il racconto parte dal 22 gennaio 1926, quando si tenne l'ultima conferenza di Born a Boston sulla fisica quantistica. La folla ad ascoltarlo era di un migliaio di persone.

Il suo periodo trascorso al MIT aveva avuto un grande successo, la comunità scientifica di tutto il mondo glielo aveva riconosciuto. Gli

americani avevano stampato le sue lezioni e le avevano raccolte in un libro. Negli Stati Uniti Born pubblicò il primo documento sulla nuova fisica quantistica. Per questo fu considerato oltre oceano, per molto tempo, il fisico di riferimento su questa disciplina. Il suo tour per l'America toccò tutti i centri più importanti, da Harvard a Berkeley, da New York a Boston. Tanti scienziati americani e studenti di fisica erano ansiosi di divorare la nuova teoria sulla fisica quantistica di Gottinga.

Il suo periodo in America fu molto importante, certo. Ma solo per lui. E per far conoscere la fisica oltre oceano. Per la storia della fisica, invece, il momento più caldo, che agevolò la nascita delle nuove teorie, iniziò subito dopo, quando Born tornò in Europa, nel febbraio del 1927. Tornò a Gottinga, e trovò Heisenberg e Jordan alle prese con la meccanica delle matrici. Iniziò così nuovi studi, grazie a quegli spunti. Furono esattamente questi i mesi cruciali per la storia della fisica.

Heisenberg e Jordan pubblicarono la loro idea trovando il sostegno di Bohr, Pauli e Max Born. Anche Enrico Fermi, a quel tempo un giovane scienziato che aveva trascorso gran parte del 1924 a Gottinga e Leida, fece lo stesso, quasi contemporaneamente. Schrödinger pubblicò il suo punto di vista, basato su una matematica completamente diversa da quella del tedesco. Fra i due stava per scoppiare uno scontro molto violento. I poli estremi rappresentati da Heisenberg e da Schrödinger dividevano la comunità scientifica. Per Heisenberg, la meccanica ondulatoria di Schrödinger era una «stronzata», «abominevole» e da «respingere». Infatti, Werner trovava i punti di vista di Erwin del tutto estranei al suo modo di trattare la fisica quantistica. Schrödinger, dal canto suo, catalogò gli scritti di Heisenberg come «pattumiera».

Schrödinger poi si dedicò a ψ , e a darne una nuova definizione. Aveva utilizzato il simbolo per descrivere un'onda di materia, ma doveva ancora essere definito del tutto. Alcuni scienziati, come Einstein e Pauli, erano molto interessati alle sue trattazioni. Ma spesso dalla comunità dei fisici veniva accusato di non aspettare il momento giusto per una pubblicazione, e di farla uscire ancora in una fase embrionale. La sua funzione d'onda ψ rappresentava una vera e propria onda di materia nello spazio reale, e Schrödinger aveva fretta di raccontarlo a tutti. Ma in pochi gli stavano dietro. La sua immaginazione però non aveva confini, e con quella continuò a lavorare. Heisenberg invece aveva solo il suo ego, e con quello doveva fare i

conti prima di ogni altra cosa.

Anche Dirac si interessò subito al formalismo di Schrödinger. A Dirac non importava se la funzione d'onda fosse reale o meno. Cercava di spiegarla con la matematica. Ma Schrödinger non trovò subito il modo di ottenere le sue onde di materia dopo un'interazione con le onde di radiazione elettromagnetica, e così la sua interpretazione dell'onda ψ aveva bisogno di rielaborazioni continue. Tra i vecchi, fu Hendrik Lorentz a seguire attentamente lo sviluppo della meccanica ondulatoria. E fu lui ad aiutarlo in tanti passaggi ostici. La sua interpretazione allora cambiò. E la nuova funzione d'onda divenne una sovrapposizione di uno o anche tutti i possibili stati ammessi dal sistema, che potevano esistere tutti allo stesso tempo.



Si racconta che Schrödinger ebbe questa intuizione guardando uno sciatore scendere lungo una pista, dopo aver trovato davanti a sé un albero come ostacolo. La sua interpretazione della funzione d'onda era che lo sciatore poteva andare a destra dell'albero, andare a sinistra dell'albero, o andare sia a destra e sia a sinistra, nello stesso tempo.

«Amo i paradossi!» esclamò Schrödinger dopo questa intuizione.

Intanto Einstein portava avanti i suoi lavori. E aveva anche trascorso del tempo con Heisenberg e Schrödinger, separatamente. Per capire entrambe le strade, e cogliere gli aspetti positivi di tutti e due. Chiese loro di tenere conferenze a Berlino, sullo stato della meccanica quantistica. E si accorse che

molto spesso i due punti di vista coincidevano. Dirac non aveva ancora preso posizione sulla questione, ma d'altra parte era il più calmo, il più lento di tutti.

Chi finalmente fece da paciere tra i due fisici fu Niels Bohr. Che avevamo definito il fratello buono, il padre premuroso. Infatti fu lui a invitare Schrödinger a Copenaghen per discutere insieme della sua versione della fisica dei quanti. Si racconta che quando Schrödinger espose in pubblico le sue idee, la folla di studenti, allievi di Bohr e amici di Heisenberg, insorse, e fu sommerso da fischi, urla e schiamazzi. Fu Bohr a riportare l'ordine, e a creare il giusto terreno affinché tutto potesse essere sistemato. Aiutò anche Erwin in un'ulteriore rivisitazione delle sue carte. Con l'intervento di Bohr, tutto era stato appianato. Le riviste scientifiche vennero inondate di articoli che trattavano le carte esposte da Schrödinger, e allo stesso tempo si creò una sorta di diffidenza nella meccanica matriciale di Heisenberg.

Ancora una volta, Dirac fu il solo a occuparsene e ad approfondirla. Darà man forte a Schrödinger, e lo aiuterà ulteriormente nella semplificazione. Anche Dirac si recò a Copenaghen per incontrare Heisenberg e Pauli. Bohr stimava molto l'inglese, e con lui lavorò su nuove idee. Ma Dirac non fu preso dal culto della personalità di Bohr, come invece accadde a tutti i fisici che andavano a Copenaghen. Non fu mai vittima del suo carisma e del suo modo di affascinare gli altri con le parole. Rimase per i fatti suoi, e così continuò il suo cammino.

Lo spirito di Copenaghen dominò ancora sulla comunità scientifica. Il gemellaggio tra Gottinga e Copenaghen era avvenuto grazie alla presenza di Jordan (aiutante di Max Born) nell'aiutare Heisenberg a formulare la sua teoria. E a questo punto, sistemati tutti gli altri, lo scontro tornò a essere tra Bohr e Einstein.

A tavola, nel frattempo, era nato un piccolo momento di svago collettivo. In un primo momento, qualcuno si era dedicato alla costruzione di aerei con i tovaglioli, salvo poi capire che non sarebbero mai volati per lunghi tratti. Ma più riuscivano a farli elaborati, e pesanti, più la cosa li divertiva. Poi venne istituita una Lega della Giustizia, in cui si mettevano al centro del tavolo i personaggi storici negativi e li si prendeva in giro. Dovete sapere che i fisici non capiscono il sarcasmo, quindi non era certo questa la chiave di lettura.

Inoltre, non capiscono neanche i doppi sensi. L'ironia di un fisico è molto più spicciola, e spesso basata sul confronto con un matematico o un ingegnere, per sminuire queste altre due categorie di scienziati. Le barzellette a riguardo sono numerosissime, e una più divertente dell'altra.

Quindi venne messa in scena una sorta di battaglia navale, con le nazioni rappresentate dai vari elementi presenti sul tavolo (saliera = Italia, olio = Francia, e così via). La Prima guerra mondiale secondo una rivisitazione storica dei fisici quantistici!

Infine arrivò il momento del gioco degli scacchi su una scacchiera immaginaria, con mosse immaginarie da memorizzare. Gli scacchi erano un'attività a cui i fisici si dedicavano spesso con grande dedizione. Al punto da diventare degli intenditori. Pure gli aneddoti a riguardo intrattennero tutti.

«Sono un appassionato lettore della *Divina commedia*, e posso dire con certezza che in un passo Dante fa un chiaro riferimento agli scacchi» disse Lefebvre da capotavola.

«Certamente, il sommo poeta enuncia la *Duplicatio scacherii*, una leggenda molto in voga nel Medioevo i-t-a-l-i-a-n-o» disse di rimbalzo Nolf, il saggio, il dotto, e si allungò i lunghi baffi neri. E riprese la sillabazione esasperata di alcune parole, normale quando beveva qualche bicchiere di troppo

«Lei se la ricorda a memoria?» chiese Lefebvre.

«L'incendio suo seguiva ogni scintilla / ed eran tante, che 'l numero loro / più che 'l doppiar de li scacchi s'inmilla. *Paradiso*, XXVIII, 91-93» declamò Nolf.

Rimasero tutti a bocca aperta. Per dare l'idea del numero di angeli in cielo, Dante si rifece a un numero del gioco degli scacchi, che i fisici conoscevano molto bene.

«Due elevato alla sessantaquattro meno uno!» disse Langevin altezzoso, appoggiandosi allo schienale.

«Un numero esorbitante» aggiunse Einstein con il fare del maestro buono che spiega alle donne presenti di cosa si trattasse. Ottenne in cambio il sorriso malizioso e complice, in un sol momento, di Elisa, Aletta, Marion e della regina.

«Pari a 18.446.744.073.709.551.615» disse Lorentz, dopo aver preso fiato in maniera molto plateale.

«La leggenda racconta...» disse Lefebvre alzandosi perché tutti potessero

ascoltarlo. Tutti, tranne Mark, che si era appisolato con la testa sul bastone.

«C'era una volta un ricchissimo principe indiano. Le sue ricchezze erano tali che nulla gli mancava e ogni suo desiderio poteva essere esaudito. Mancandogli però in tal modo proprio ciò che l'uomo comune spesso ha, ovvero la bramosia verso un desiderio inesaudibile, il principe trascorrevva le giornate nell'ozio e nella noia. Un giorno, stanco di tanta inerzia, annunciò a tutti che avrebbe donato qualunque cosa richiesta a chi fosse riuscito a farlo divertire. A corte si presentò uno stuolo di personaggi d'ogni genere, eruditi saggi e stravaganti fachiri, improbabili maghi e spericolati saltimbanchi, sfarzosi nobili e zotici plebei, ma nessuno riuscì a rallegrare l'annoiato principe. Finché si fece avanti un mercante, famoso per le sue invenzioni. Aprì una scatola, estrasse una tavola con disegnate alternatamente 64 caselle bianche e nere, vi appoggiò sopra 32 figure di legno variamente intagliate, e si rivolse al nobile reggente: 'Vi porgo i miei omaggi, o potentissimo Signore, nonché questo gioco di mia modesta invenzione. L'ho chiamato il gioco degli scacchi'. Il principe guardò perplesso il mercante e gli chiese spiegazioni sulle regole. Il mercante glielo mostrò, sconfiggendolo in una partita dimostrativa. Punto sull'orgoglio il principe chiese la rivincita, perdendo ancora. Fu alla quarta sconfitta consecutiva che capì il genio del mercante, accorgendosi per giunta che non provava più noia ma un gran divertimento! Memore della sua promessa, chiese all'inventore di tale sublime gioco che ricompensa desiderasse. Il mercante, con aria dimessa, chiese un chicco di grano per la prima casella della scacchiera, due chicchi per la seconda, quattro chicchi per la terza, e via a raddoppiare fino all'ultima casella. Stupito da tanta modestia, il principe diede ordine affinché la richiesta del mercante venisse subito esaudita. Gli scribi di corte si apprestarono a fare i conti, ma dopo qualche calcolo la meraviglia si stampò sui loro volti. Il risultato finale, infatti, era uguale alla quantità di grano ottenibile coltivando una superficie più grande della stessa Terra! Non potendo materialmente esaudire la richiesta dell'esoso mercante e non potendo neppure sottrarsi alla parola data, il Principe diede ordine di giustiziare subito l'inventore degli scacchi. Voilà» Lefebvre finì il racconto con un tono di voce solenne, e sul *voilà* scoppio un fragoroso applauso da parte dell'intera tavolata.

Bragg, Compton, de Broglie e Einstein fecero ancora qualche mossa con gli oggetti sul tavolo, per simulare una partita a otto mani a scacchi.

«Certo, ma il principio di indeterminazione mi impedisce di fare altre mosse!» disse Einstein. E con questa battuta l'argomento della tavolata cambiò radicalmente. Sulla bocca di tutti era tornato Werner Heisenberg, e il principio che lo rese famoso.

Il principio di indeterminazione di Heisenberg nacque proprio quell'anno. Bohr era in vacanza in montagna, e lasciò la scuola di Copenaghen nelle sue mani. Lui lo racconterà così: «Quando mi venne l'idea vivevo nell'attico dell'istituto di fisica teorica di Bohr, e lui veniva spesso la sera tardi a trovarmi per parlare con me della difficoltà della teoria quantistica, e ci torturavamo entrambi con le nostre discussioni serali, che molto spesso duravano fino a tarda notte. Ma siccome ero sempre inquieto, pur dopo aver parlato con lui, una notte invece che stare lì andai a fare una passeggiata nel parco, e nel corso di questa passeggiata sotto le stelle mi apparve chiara l'idea che bisognava attenersi a un altro aspetto della natura: bisognava postulare che la natura permetta che si verificino soltanto quelle situazioni sperimentali suscettibili di essere descritte, e soltanto nel quadro formale della meccanica quantistica. Questo implica che, come appare chiaro dal formalismo matematico, non è possibile conoscere simultaneamente la posizione e la velocità di una particella» scriverà Heisenberg. Era nata così l'idea alla base del principio di indeterminazione.

Werner Heisenberg sapeva a cosa dedicarsi quando si inserì nel dibattito sulla visualizzazione degli elettroni che coinvolgeva Bohr e Sommerfeld. Si basava sempre sull'idea che ogni teoria dovesse essere centrata esclusivamente su grandezze osservabili. Nel giugno del 1925 scrisse la prima formulazione rigorosa della meccanica quantistica, pur senza fare alcun ricorso alla rappresentazione dell'atomo come un sistema planetario, ma utilizzando soltanto quantità sperimentalmente osservabili. Con Born e Jordan, della scuola di Gottinga, svilupperà la meccanica delle matrici. E soltanto tramite le grandezze cinematiche, cioè la velocità e la posizione, e le grandezze dinamiche, cioè energia e momento, quindi l'impulso, Heisenberg voleva descrivere le particelle e i salti quantici di Bohr, che sono all'origine dello spettro elettromagnetico degli elementi.

La sua matematica, che all'inizio pareva tanto lontana da quella di Schrödinger, si trasformò grazie all'intervento di Dirac. E, in seguito, di Schrödinger stesso. I loro formalismi erano solo un modo diverso di descrivere la stessa cosa. Born fu il primo a dare l'interpretazione

probabilistica della meccanica quantistica, per la quale avrebbe vinto il Nobel nel 1954. E sarà Born a dare indicazioni a Schrödinger sulla funzione d'onda e a dire che in realtà non descriveva l'elettrone, che altrimenti si sarebbe disintegrato nello spazio, ma solo la probabilità di trovarlo.

Heisenberg metterà insieme tutti i concetti di Bohr, Schrödinger e Born. E dirà che i due procedimenti per capire dove si trova l'elettrone e che velocità possiede, non possono essere portati a termine contemporaneamente.

Piccolo passo avanti: il 1° febbraio 1928 Heisenberg otterrà la sua prima cattedra a Lipsia. E tra i suoi allievi avrà Ettore Majorana.

«Il principio di indeterminazione... riesce a spiegarmi anche questo, dottor Einstein?» chiese Elisa, anticipando di poco la stessa richiesta che voleva fare la regina.

«Certamente, sono qui apposta. Si immagini una partita di tennis, con l'abile Bohr da una parte e il meno sportivo Bragg dall'altra» rispose Einstein, iniziando così la sua spiegazione. Bohr e Bragg non si scomposero. Tutti erano molto attenti.

«A parte il risultato della partita, che senza dubbio avrebbe dell'incredibile senza ricorrere al calcolo delle probabilità, ed escludendo sovrapposizioni di risultati, immaginiamo che un fotografo immortalasse un'azione di gioco... esattamente in un momento in cui la pallina sta oltrepassando la rete» disse Einstein.



«Bene... è evidente che, guardando la sola foto, c'è una sola cosa che possiamo capire con precisione, e cioè dove si trovi la pallina. Esattamente il punto dove sta oltrepassando la rete» continuò Einstein, con le pause ad effetto di un attore consumato.

«Ma c'è una cosa che non possiamo capire, da questa fotografia, ossia la velocità con cui la pallina sta oltrepassando la rete. Ecco qui il principio di indeterminazione. Se capiamo dove si trova esattamente, non possiamo conoscere la sua velocità in quel momento!» concluse Einstein.

«Oh, grandioso... ho capito!» disse Elisa Solvay, soddisfatta della spiegazione.

«E l'impossibilità di conoscere sia la posizione sia la velocità non dipende dal modo in cui viene effettuata la misurazione» aggiunse ancora Einstein.

«Ma la possibilità di stabilire con certezza che Niels Bohr straccerà Bragg è un altro elemento da non sottovalutare nell'analisi di questa storia» concluse subito dopo, facendosi una risata.

«E il risultato è senza dubbio l'altro elemento quantistico della storia!» disse il giovane inglese, mostrando di aver elegantemente assorbito il colpo con grande autoironia.

Settima portata
«L'ACCELERAZIONE DELLE CONCLUSIONI»

Bombe Glacée Nelusko
Fruits et Desserts
Monopole Heidsieck, 1915

«Gli unici due a questo tavolo che non portano la cravatta e un completo scuro siamo io e lei, dottor Einstein!» disse Mark risvegliandosi all'improvviso, e visibilmente sopraffatto dai litri di vino bevuti durante la cena.

«Guardi, caro capitano, è già tanto se non sono venuto alla serata con la mia tenuta da notte, e le ciabatte» rispose Einstein, senza scherzare poi troppo.

A queste parole, seguì l'espressione schifata di madame Curie, che fino a quel momento non aveva mai replicato al suo dirimpettaio. Tranne in questo caso, in cui l'immagine era fin troppo chiara e molto ben visualizzabile nella sua testa. E mal la sopportava.

«Chiedo scusa, ma devo accendermi la pipa. Mi rilassa molto questo rituale dopo cena» disse Einstein, pulendosi vistosamente la bocca con il tovagliolo e riponendolo poi piegato sulle posate.

L'ultimo piatto, il dessert, stava per essere servito. Il cameriere annunciò: «*Bombe Glacée Nelusko*» e poi frutta fresca e secca a piacere. Mark chiese, naturalmente, un vino bianco dolce per accompagnarlo, anche se non previsto.

Fu in questo momento di grande tranquillità che si sentì Bohr, dal fondo del tavolo, dire qualcosa, non prima di aver sistemato a forma di triangolo le

posate nel piatto, formando la base con il lato corto del tavolo. All'inizio Bohr non riuscì a ottenere l'attenzione di tutti. Ma poi, dopo poco, il silenzio si diffuse di bocca in bocca. E la frase di Bohr fu scolpita nella roccia.

«La verifica di una teoria non è il fatto che contraddica o meno i principi filosofici preesistenti, ma soltanto se sia in accordo o meno con i fatti sperimentali; e la mia teoria ha tutto per essere definita la sola teoria completa sulla fisica quantistica». Poi si fermò di colpo, come se aspettasse l'applauso. E, infatti, glielo fecero, anche se un po' fuori tempo massimo. Il primo, quasi involontariamente, a battere le mani fu Lefebvre, che aveva prese di posizioni nette per le persone gli piacevano. Seguì a ruota Pierre Nolf, che aveva udito nel tono di Bohr un andamento molto forte, molto *tranchant*, meglio di qualsiasi discorso di un politico, e quindi volle applaudirlo. A ruota seguirono Langmuir e Langevin, estasiati. E poi le due donne, Aletta e Marion, che prima di applaudire si scambiarono uno sguardo d'intesa. Lorentz e Richardson accennarono appena un applauso. Il re e la regina, naturalmente, si unirono al gruppo dei plaudenti. Marie Curie restò a fissare Einstein, per decidere il da farsi. Elisa applaudì fragorosamente, dicendo: «Questa l'ho capita anch'io». Compton, Born, Bragg e de Broglie sì, anche loro fecero un bell'applauso sincrono. Edmond Solvay applaudì, e Mark si mise a tamburellare con una mano sul tavolo, battendo i piedi in maniera ritmata, e con l'altra mano afferrò il coltello e fece tintinnare il bicchiere dell'acqua. L'unico bicchiere ancora pieno, che non toccò mai per tutta la durata della cena.

Einstein interruppe l'applauso. C'era una cosa che aveva fretta di dire, alzò la mano, e prese la parola. Ormai la cena si era trasformata in un comizio, o meglio una riunione di partito.

«Mio caro Bohr, più la osservo e più mi sembra uno che brancola nel buio. Nessuno è più in errore di chi crede di essere in possesso della verità definitiva» rispose Einstein secco, chiudendo la frase con un teatrale «*voilà*», come aveva fatto Lefebvre con molto successo un attimo prima (la teoria dell'emulazione è un'altra regola della quale i fisici sono spesso vittime), ma rivolto a Marie Curie.

Ora il gelo era davvero pesante. L'alcol era in circolo nel corpo della maggior parte dei presenti, chi più chi meno. Gli sbalzi d'umore erano repentini. E quando uno riusciva a prevalere con un discorso, con una frase, con una battuta, per tutto il gruppo era il momento di osannarlo o dileggiarlo.

Nessuna via di mezzo. Succede sempre così, quando si beve e si mangia bene. Nessuno aveva tenuto le briglie, ognuno andava per i fatti propri. E nel caso dei fisici, la cosa poteva degenerare. Perché i fisici, seppur si mascherino dietro altre passioni, hanno un unico chiodo fisso: l'argomento specifico che stanno studiando in quel momento (è il «teorema della distrazione», secondo cui la parentesi con il diversivo dalla fisica presto finisce).

Fu così che prese la parola, senza neanche chiederla, Pierre Nolf, che da politico esperto inscenò una specie di monologo, sui tanti argomenti trattati a tavola quella sera.

«Non c'è da stupirsi se a questo tavolo le discussioni si fanno accese. Gli animi dei presenti sono caldi, sono i-m-p-e-t-u-o-s-i. Siamo con i più grandi fisici della nostra generazione, e altri sono rimasti esclusi. Proprio gli esclusi stanno diventando i più citati. Schrödinger è diventato nel giro di poco tempo il più ammirato. Heisenberg all'improvviso viene messo da parte. Pauli fatica a uscire. Qui siamo di fronte a un cambio generazionale, e presto saranno loro che parleranno di noi, a un altro tavolo, in un altro salone reale. Noi siamo già il passato, loro sono il f-u-t-u-r-o. La meccanica quantistica ha bisogno di tutti noi, e insieme la porteremo a-v-a-n-t-i» disse Nolf, cercando anche di fare da collante tra i presenti, ma riscuotendo solo mal di pancia diffusi (è il «principio di insofferenza all'aneddotica da politico», secondo cui i fisici non sopportano frasi fatte o argomentazioni da uomo comune).

Einstein, mettendosi comodo sulla sedia e appoggiandosi allo schienale, prese di nuovo la parola.

«L'intera fisica, prima della fisica quantistica, era realista locale. Il realismo significa che ogni lettura di strumenti, ogni misura che noi facciamo è reale e che ogni fenomeno fisico è univoco e deterministico. In altri termini, la traiettoria di un corpo in movimento è unica, la posizione e la velocità del corpo sono definite con precisione grande a piacere in ogni istante e non vi è nulla di probabilistico. La località è un attributo di una teoria, e non di una particella, e significa che il risultato di un esperimento dipende solo dalle variabili locali, nel punto dove l'esperimento avviene. Tuttavia il realismo locale non si può salvare da solo» disse. L'aria si era fatta pesante, si tagliava con un coltello.

Einstein si rifece a Schrödinger, e a quanto aveva ascoltato dallo scienziato austriaco nella lettura della sua relazione durante il Congresso. Prese la parola

Max Born.

«Un anno fa, fu mia la decisione di definire la ψ non come densità di elettricità ma come densità di probabilità. Naturalmente questa interpretazione pone e porrà altri gravissimi problemi, perché ora la teoria predice una sorta di probabilità, di cui non possiamo non tenere conto» disse Max Born, tenendo anche il dito puntato contro Einstein, e lanciando ogni tanto un'occhiata a Bohr, per vedere se stava ascoltando.

Altro applauso. Bohr questa volta si alzò, per poter prendere di mira Einstein senza nessuna interferenza.

«Il punto più importante dell'interpretazione della meccanica quantistica secondo il concetto probabilistico di cui la mia scuola è autrice consiste nel fatto che le leggi di conservazione vengono rispettate perché hanno soltanto significato nei limiti di una certa approssimazione, c'è una regione definita dello spazio dentro un definito intervallo di tempo, e solo qui dentro l'onda e la materia. A causa di questa situazione, le grandezze, energie, momento e le loro variazioni coinvolte nell'effetto, non sono esattamente definite. Si deve concludere che c'è un perfetto accordo con le bellissime argomentazioni di Heisenberg sul principio di indeterminazione, e che la validità delle leggi di conservazione limitata dall'indeterminazione fondamentale insita nelle misure che potrebbero essere tentate per verificare queste leggi è una possibilità più che plausibile. La meccanica dei quanti mostra chiaramente il modo di superare le difficoltà, in quanto afferma cosa dobbiamo aspettarci se si eseguissero delle misure. L'indeterminazione su posizione e velocità e la causalità vanno d'amore e d'accordo» disse Bohr.

Altro applauso. Ormai nessuno li teneva più.

Ora prese la parola Langmuir. Si alzò e guardò la moglie Marion, in cerca di approvazione sul suo stato fisico in generale: la cena e il vino avevano messo a dura prova pure lo stomaco e l'estetica di un americano forte come lui.

«La versione proposta sull'elettrodinamica dei quanti suggerisce in quale direzione deve essere cercata la risposta a questo problema della meccanica quantistica» disse Langmuir, sbattendo anche platealmente il tovagliolo sul tavolo e facendo rumore contro il cucchiaino del gelato.

Era il momento di Langevin, ma il francese restò seduto, e fu decisamente più cauto nell'esporsi, molto più dubbioso degli altri.

«Il mio dilemma sta nella versione proposta da Dirac. Infatti nella teoria di

Dirac vengono introdotte le coordinate spazio-temporali dei quanti di luce in un rapporto meno stretto, con i metodi della meccanica classica, ma il punto di vista è un'introduzione alle coordinate delle particelle elementari» disse Langevin.

Ognuno diceva tutto quello che gli passava per la mente. Non c'era più nessuna inibizione, né nesso tra un interlocutore e un altro. E, cosa più grave, non c'era nesso tra una frase e l'altra dello stesso interlocutore.

«Comunque, la soluzione del problema relativo all'interpretazione del principio di esclusione di Pauli sembra collegarsi a quello che nella struttura degli elettroni e dei protoni è paragonabile ai movimenti dei pianeti» disse Richardson, spiazzando tutti, dal fondo del tavolo.

«Esatto!» rispose del tutto inaspettatamente Bragg, dall'altra parte, più o meno a dieci metri di distanza.

Ormai i pensieri di tutti si muovevano come mosche impazzite. La confusione era tale da rendere impossibile qualsiasi altra sana e lucida litigata tra Einstein e Bohr. Qualcuno si alzò e si mise a fumare vicino alla finestra. Altri si spostarono sul sofà. Altri ancora continuarono a urlare da un capo all'altro del tavolo. Il capitano d'artiglieria Mark Vancaubrough russava, sprofondato nella sua sedia, e in equilibrio instabile sul suo bastone.

Einstein giocherellò ancora un po' con la mollica di pane. De Broglie aveva finalmente creato il suo omino con il pezzo di formaggio che teneva tra le mani da circa due ore, e lo aveva riposto in bella mostra di fianco al bicchiere. Nolf stese le gambe sotto il tavolo. Bragg bevve un sorso d'acqua dal bicchiere perché glielo avevano riempito oltre la metà. Lorentz annusò l'ultimo cucchiaino di gelato che gli rimaneva da mangiare. Max Born tossì e si fece schioccare le mani.

Fu in quel momento che Einstein staccò gli occhi dalla mollica di pane, mise una mano in tasca, si girò verso l'amico Niels Bohr ed estrasse il suo fazzoletto bianco facendolo sventolare sopra la testa. Per poi concludere: «Dio non gioca a dadi... ma questa volta ha fatto un'eccezione!»

Fu così che si concluse la battaglia. Fu così che Einstein, con un'eleganza sopraffina, nonostante quel momento di bagarre generale, decise di riporre le armi e di dichiararsi vinto.

Così finì il Congresso Solvay del 1927. Le ultime discussioni furono più lucide, fuori dalla Taverne Royale, dopo aver salutato il re e la regina. Le donne andarono a dormire, Elisa, Marion, Aletta, e persino Marie Curie,

ormai poco propensa a fare le ore piccole alla sua età. Salutati Lefebvre, Nolf, il brillo Vancaubrough, Edmond Solvay, il vecchio Lorentz, e anche i più stanchi, Max Born, Langmuir e Langevin. I soli che restarono ancora qualche minuto fuori dal portone furono Einstein, Bohr, Compton, de Broglie e Bragg.

Ma prima di ascoltare con quali parole si saluteranno, cerchiamo di capire il significato più profondo di questo V Congresso, che Einstein definì «il convegno delle streghe», *witches' sabbath*. In una sorta di dietro le quinte di questi giorni.

Il comitato scientifico Solvay comprendeva Hendrik Lorentz, Albert Einstein, Marie Curie e Paul Langevin. Il tema scelto a gennaio, in prima battuta, fu «La teoria quantistica e le teorie classiche di radiazioni», ma già verso l'estate fu cambiato in «Elettroni e fotoni». La prima agenda elencava sette rapporti: Lawrence Bragg, Arthur Compton e Charles Wilson, ciascuno con i loro esperimenti; Louis de Broglie che avrebbe riferito su «interferenza e quanti di luce»; Hans Kramers sulla proposta BKS; Einstein sulle applicazioni della statistica ai quanti; e Werner Heisenberg su «dinamiche della teoria dei quanti», con Schrödinger indicato come un possibile sostituto per Heisenberg. Ma Einstein non era particolarmente desideroso di tenere un discorso, così consigliò che venisse sostituito da Schrödinger. Lorentz non fu subito d'accordo perché non era ancora abbastanza sicuro della meccanica ondulatoria di Schrödinger. Ma cambiò idea quando, per caso, durante l'anno sia lui sia Schrödinger finirono a Pasadena, in California. Schrödinger stava facendo un viaggio sulla costa occidentale per dare lezioni di fisica in diversi seminari, e prima di tornare a casa si fermò a Pasadena. Lorentz insegnava al California Institute of Technology, e così si incontrarono. Lorentz ebbe l'opportunità di sondare in quell'occasione la teoria di Schrödinger, ascoltò il suo report sulla meccanica ondulatoria con grande interesse, e ne fu subito colpito.

L'ordine del giorno della conferenza di ottobre era ancora in evoluzione durante la primavera, e ciò era dovuto al fatto che proprio la fisica quantistica stava pure evolvendo. E dovettero aspettare quasi l'estate per avere i nomi dei conferenzieri e i loro argomenti. Ma a quel punto la lista era completa. Prima Bragg e poi Compton, sui raggi X. Poi de Broglie su «la nuova dinamica dei quanti». Poi il rapporto scritto a due mani da Heisenberg e Born: il formalismo matematico, l'interpretazione fisica, il principio di

indeterminazione, e le varie applicazioni della fisica quantistica. E infine la relazione di Schrödinger, sulla meccanica ondulatoria.

Lorentz chiese che tutti i relatori, entro settembre, gli spedissero la loro relazione, così che avrebbe potuto farne le copie per tutti, e avrebbe potuto prepararsi, studiarle, per fare un buon discorso introduttivo. Quella di Born e Heisenberg fu la prima ad arrivare. Per ultima, a metà settembre, arrivò quella di Schrödinger. Einstein, nel frattempo, rimase indietro sui nuovi sviluppi. Fu l'unico a non sapere con il giusto anticipo le nuove teorie. Bohr gli aveva scritto, ma non ottenne una risposta. La statistica di Bose-Einstein lo stava sommergendo di lavoro, e il resto lo avrebbe appreso al Congresso a Bruxelles. Ma anche Einstein stava meditando nuove strade da seguire, per costruire il grande puzzle della fisica quantistica insieme a tutti gli altri.

Nei primi mesi del 1927, Einstein iniziò a lavorare al suo primo articolo sulla fisica quantistica. Ma il mistero era molto fitto, per lui. Ancora non aveva in mente come districarsi da certi nodi che il gomitolo della teoria dei quanti creava. L'equazione di Schrödinger gli piaceva parecchio, così come la sua definizione di funzione d'onda. Ma tutto doveva anche rientrare nel suo modo di intendere la fisica, che era molto realista e non certo probabilistico. Einstein era quasi tentato di dare anche la sua interpretazione alle variabili nascoste dell'equazione di Schrödinger, ma c'era qualcosa che gli sfuggiva. Ritirò il documento che aveva scritto, anche se era pronto per essere mandato in stampa. Si diede del tempo. Pauli, invece, che aveva seguito tutte le pubblicazioni, e che a differenza di Einstein era stato anche a Como, non era d'accordo su niente.

Il Congresso ebbe inizio il 24 ottobre 1927. Nel salone in stile rinascimentale dell'istituto di fisica a Leopold Park, in pieno centro di Bruxelles, i fisici arrivano alla spicciolata. Fin dall'inizio, l'entusiasmo era palpabile nell'aria. Quasi tutti i presenti credevano di avere le chiavi per lo sviluppo della fisica dei quanti. Il clima che si respirava lo racconta bene Ehrenfest nel suo libro su quegli anni. Con un rapido sguardo intorno alla stanza si accorse di essere circondato da una dozzina premi Nobel: Bohr e Einstein erano i più importanti tra questi, ed erano suoi amici. Hendrik Lorentz, lo considerava un padre, poi c'era Max Planck, di cui aveva grande rispetto. Marie Curie, l'unica donna. Lawrence Bragg e lo sperimentatore americano Arthur Compton, che aveva appena ottenuto il premio. Ehrenfest si sentiva un po' inferiore a tutti gli altri.

Ehrenfest era intimidito da tante teste, e fu così che decise di stare con il gruppo dei ragazzi. Paul Dirac, il più giovane, venticinque anni, Werner Heisenberg quasi ventisei, Wolfgang Pauli, ventisette. Pascual Jordan, l'assistente di Born, non era stato invitato, anche se avrebbe dovuto esserlo, per via della sua balbuzie e le sue difficoltà nell'esprimersi in lingua corretta. Poi c'era Max Born, un altro degli amici di Ehrenfest. A lui scriverà dopo il Congresso, e a lui rivelerà i dettagli più nascosti che visse con Einstein e Bohr. A lui, e a Max Planck. Il clima era euforico, e a renderlo ancora più vivace fu l'annuncio di Heisenberg che dal febbraio successivo avrebbe preso la cattedra dell'università di Lipsia, con uno stipendio molto importante. Stava per diventare il professore ordinario più giovane della Germania, e volle subito farlo sapere agli altri. I primi brindisi avvennero per questa notizia. Tutti controllarono che Pauli non esagerasse fin da subito con l'alcol.

«Bere il vino per me risulta essere molto gradevole. Dopo la seconda bottiglia di vino o champagne, di solito gli altri diventano tutti di buona compagnia, io invece non cambio affatto. Allora, a questo punto, facciamo bere solo le donne!» disse Pauli.

L'unico di cui Ehrenfest non riuscì a raccontare niente fu Paul Dirac. Non lo aveva ancora capito, e d'altra parte lui non si faceva capire. Non parlava mai, stava sempre in disparte. Di Schrödinger scriverà cose molto divertenti, invece. Era uno che non faceva certo mistero dei suoi piaceri con l'altro sesso, e così raccontava spesso le sue avventure. Anche in un momento come quello. Paul Langevin e de Broglie parlavano fitto, quasi un po' appartati. Langevin aveva fatto da tutor per la sua tesi di dottorato, e i due avevano tante cose da dirsi. Max Born, invece, aveva una predilezione per Langmuir. Anche perché non ebbe molto tempo prima di scambiare con lui i punti di vista sulla fisica del periodo. Marie Curie parlava con Einstein. Il discorso verteva tutto sulla situazione dei tedeschi e gli anni difficili dopo la guerra.

«Ho affrontato molti pericoli. Alcune persone meritano la mia più grande riconoscenza. Mi hanno avvertito di non rimanere a Berlino per il momento, e, più in particolare, di evitare ogni apparizione pubblica in Germania» raccontò Einstein.

Ehrenfest e sua moglie avevano fatto di tutto per convincere Einstein a rimanere con loro a Leida nel 1922, come durante la Grande Guerra, ma lui aveva rifiutato di lasciare la Germania a meno che la situazione diventasse veramente terribile. Ma poi accettò di dare lezioni all'estero, e trovò quindi

un buon motivo per lasciare Berlino. Si imbarcò su una nave per il Giappone in ottobre, mancò quindi all'annuncio che aveva vinto il Nobel per fisica. Come mancò anche alla cerimonia di dicembre. Malgrado le tensioni nella sua terra, in tutto il mondo quando si parlava di una teoria scientifica, la prima domanda che si facevano era: «Cosa ne penserà Einstein?»

Lui era il fulcro da cui partiva ogni discussione. Era una celebrità. E di questo si beava.

A questo punto il lettore può scegliere di fare due cose:

1. Tornare al capitolo introduttivo, in cui c'è il racconto dettagliato del V Congresso Solvay, e proseguire con il resto dei capitoli, in una sorta di loop infinito da lettura, nota con il nome di *principio del vortice da circolo vizioso*.
2. Proseguire e arrivare a una possibile conclusione di questa serata, che aprirà nuove porte e che farà intravedere nuove luci, senza abbandonare il motivo per cui siamo arrivati fino a qui. Questa sarà solo una possibile conclusione della giornata, una tra dieci alla enne che si possono immaginare. Nota con il nome di *teorema della limitazione improvvisa nell'uso delle variabili*. Giusto per arrivare a una fine. Per il problema delle conclusioni, di cui ho già raccontato che i fisici soffrono.

Il sabato in cui terminò il congresso venne scattata la famosa foto con i 29 personaggi in posa. Poi, alle 19.30, l'appuntamento per 11 di loro era per la cena alla Taverne Royale, con il re e la regina del Belgio a fare da padroni di casa. Una cena dove successe di tutto. Una serata che finirà con Einstein, Bohr, Bragg, Compton e de Broglie per le strade di Bruxelles a passeggiare per tutta la notte. Dormiranno solo qualche ora all'Hotel Metropole. Il tratto che fecero a piedi fu neanche di mezzo chilometro, eppure ci misero più di tre ore per farlo. Se si contano le cinque ore della cena, si può dire che finirono con l'andare a letto all'alba.

I cinque fisici reduci dalla cena erano molto arzilli, e ben disposti al gioco. Giochi intellettuali, s'intende. A sfondo scientifico. E questo fecero per tutto il tempo. A volte fermandosi su una panchina, altre volte semplicemente appoggiati a un muro, una volta addirittura contro una carrozza. Il primo gioco che fecero riguardava il principio di indeterminazione, e le varie

applicazioni nella vita reale. Come aveva brillantemente già esposto la prima versione durante la cena, Einstein.

«Quella sua immagine con cui ha spiegato il principio non era affatto male... devo farle i mie complimenti, ancora una volta di più...» disse Compton a Einstein.

«Ora possiamo crearne altre...» lanciò come idea Einstein.

«Mi lasci riflettere...» disse Compton.

«Ma certo, proviamo con questo: un uomo non può sapere con ragionevole certezza se troverà la sposa giusta e allo stesso tempo mantenere le sue ricchezze intatte...» disse Bragg ridendo di gusto.

«Ci sono... sentite questo: la propria ex moglie non può essere allo stesso tempo intelligente e bella... o una o l'altra, non tutte e due queste caratteristiche insieme» disse Compton, dimostrandosi rapido anche lui.

«Certo... ed è più facile spezzare un atomo che capire la fisica quantistica» disse Einstein ridendo anche lui.

«Vorrei trovarne una divertente come le vostre, signori... ma la sola che mi viene in mente in questo momento, dato il nostro livello di vino nel sangue è: non si può mai conoscere allo stesso tempo la strada per tornare a casa e il numero di bicchieri bevuti» disse Bohr.

Il gioco stava appassionando tutti. Ricominciarono il giro, e ognuno tirò fuori altre trovate divertenti per rappresentare il principio di indeterminazione di Heisenberg. Fino ad arrivare a un punto morto, in cui si mettevano in gioco di nuovo le nozioni base su cui poggiava la fisica quantistica. Su questa esitazione, fu ancora Einstein a proporre una nuova idea.

«D'accordo, allora se vogliamo contrapporre la fisica quantistica a quella classica, posso darvi due nuove visioni: la fisica quantistica è l'alfabeto, mentre la fisica classica è una frase senza punteggiatura» disse Einstein, sbalordendo il gruppo, che si fermò all'improvviso in strada.

«Oppure: la fisica classica è la marmellata di albicocche, mentre la fisica quantistica sono i chicchi d'uva» disse ancora Einstein.

«Allora io dico che la fisica classica è una melodia di sottofondo, mentre la fisica quantistica sono le note» disse Bohr, dimostrando di aver capito al volo a quali metafore si riferisse il tedesco.

«La fisica classica è la lava di un vulcano che scende, mentre la fisica quantistica è lo zampillo» disse rapido Bragg.

«Ma certo... la fisica classica è la seggiovia che ci porta in cima alla

montagna, mentre la fisica quantistica sono le scale per salire in un appartamento» disse Compton.

«La fisica classica è l'acqua che scorre dal rubinetto, la fisica quantistica è il gioco delle freccette» disse de Broglie.

Non ci volle molto per capire che quello era il loro gioco. Tutto basato sul concetto di continuità della fisica classica, contrapposto a quello di discontinuità, di quanti, proprio della fisica quantistica. Andarono avanti per molto. Era come se le loro teste avessero continuamente bisogno di essere alimentate da quelle del vicino. Ciascuno era una fonte inesauribile di carica per l'altro. La lunghezza d'onda sulla quale si trovavano era la stessa, e questo rendeva le cose molto, molto piacevoli.

«Ora però, signori, è venuto il momento di fare un'altra cosa... insomma... c'è un tempo per fare tutto... e adesso... be', sì, propongo il gioco del se» disse Bohr, in maniera inaspettata.

«È il più classico dei giochi. Immaginiamo un se, e continuiamo la frase» spiegò.

Il gruppo proruppe in esclamazioni di protesta. Ma alla fine Bohr ebbe la meglio. Esattamente com'era nel suo stile di convincere le persone delle sue teorie.

«Se fossi giovane di nuovo... mi dedicherei alla botanica!» disse Niels Bohr, iniziando così il nuovo gioco.

«Se fossi un animale... sarei un tenero fringuellino» disse de Broglie, e fece una smorfia a Einstein, che a cena aveva raccontato la sua paura per gli uccelli.

«Se fossi un numero... sarei il 28!» disse Bragg, riferendosi al suo numero perfetto.

«Se fossi più vecchio... sarei sulla cima dello Yosemite a guardare le stelle» disse Compton, che amava la montagna.

«Eh, no... qui si sta scherzando troppo con il tempo! Un conto è andare avanti, un conto è andare indietro» disse il tedesco. Poi aggiunse: «Ma si può fare un'eccezione, se solo poi apriamo una parentesi su questo discorso», ottenendo l'approvazione immediata degli altri.

«Se dovessi decidere dove guardarmi allo specchio, deciderei di farlo nell'attimo in cui dovessi morire» disse Einstein, spiazzando tutti per la scena macabra che aveva descritto.

«La morte è un ostacolo ai nostri viaggi nel tempo!» disse Bohr, intuendo il

vicolo cieco dove voleva entrare Einstein.

«Io della morte provo un'enorme paura» disse de Broglie.

«Esattamente... è questo l'errore, il paradosso. La morte è la più ingiustificata di tutte le paure... A un morto non può accadere nessuna disgrazia!» disse Einstein, che su quelle argomentazioni poteva andare avanti giorni interi.

«Non c'è ipotesi che regga, se la conseguenza è la morte» disse ancora Einstein.

«Io ho una teoria tutta mia sulla morte» disse Compton.

«Ogni persona vivrà la complementarietà della sua vita, nel momento in cui raggiungerà la morte. Così tutto andrà in pari» disse ancora l'americano.

«Mi sembra una buona teoria» disse Bragg.

«Non sono d'accordo» disse Einstein.

«Per arrivare a una complementarietà, è necessario chiudere il cerchio... e certe situazioni sulla vita terrena non si chiudono in nostra assenza» disse ancora.

«Ma lei, Einstein, ha detto che se i fatti non corrispondono alle teorie, allora dobbiamo cambiare i fatti!» disse Bohr.

«Certo... ma allora agiamo sulla nostra stessa vita... e non su quello che sarà dopo» disse Einstein.

«Niente può opporsi all'entropia» disse Bohr.

«Evviva l'entropia!» disse Einstein.

«La società avrebbe bisogno di più entropia» aggiunse Bragg.

«La società venera solo l'apparenza della razionalità, invece» disse Einstein.

«Ma noi con le nostre menti intuitive, dobbiamo cambiare le cose! La mente intuitiva è un dono divino. La mente razionale è un servo fedele. Abbiamo una società che adora il servo, e ha dimenticato il dono» disse Einstein chiudendo il discorso.

«Torniamo al gioco del se...» propose Bohr, a cui quel gioco piaceva tanto.

«Se lei avesse ucciso qualcuno, oggi non sarebbe qui con noi... ma in galera» disse Einstein, sempre in vena di scherzare.

«Se non avessimo iniziato a giocare a questo gioco, non saremmo finiti in questo incubo!» disse de Broglie.

«Se i reali non ci avessero invitati a cena, non saremmo qui a gironzolare per le strade di Bruxelles» disse Compton.

«Ma questi sono tutti paradossi temporali!» ammonì Einstein.

«Non abbia paura dei paradossi temporali, herr Einstein, sono solo delle sfide...» disse Bohr, con un fare da presa in giro.

«Le conseguenze filosofiche dei viaggi temporali sono molto interessanti... il tempo non ha un'esistenza oggettiva, non possiamo tornare indietro nel tempo senza modificare le cose che avvengono nel presente» disse Einstein.

«Non è il momento per inoltrarci in terreni così scivolosi, a quest'ora della notte...» disse Bohr.

«La contrapposizione tra idealisti e realisti ci potrebbe prendere cinque o sei ore di discussione» disse de Broglie.

«Ho la prova che il tempo esiste! E pure la gravità... sto cadendo dal sonno!» disse Bragg, chiedendo una ritirata nelle proprie stanze.

La notte volò via così. E fu con questa conclusione che il gruppo di amici si sciolse, ormai giunti fuori dall'Hotel Metropole. Era l'alba, rientrarono in albergo, Bragg, Compton e de Broglie salutarono per primi. Bohr e Einstein rimarranno ancora sulle poltroncine all'ingresso, a parlare, a parlare, a parlare, ancora e ancora. Gli altri andranno a dormire esausti.

«Con tutta tranquillità, possiamo dire di aver aspettato la luce per andare a dormire» dirà Einstein.

«Con una certa probabilità, possiamo dire che la luce siamo stati noi a farla arrivare» dirà Bohr.

C'è qualcuno, oggi, all'Hotel Metropole che ha dei racconti magnifici di quella notte. Racconti che vengono tramandati di generazione in generazione. E come tutti i racconti che hanno protagonisti dei fisici, non sai mai dove finisce la fantasia, e dove comincia la realtà. Tanto poi, alla fine, la realtà sono loro che l'hanno creata.

Lo scontro tra Einstein e Bohr farà nascere la fisica quantistica. Ancora oggi la comunità scientifica si divide: chi sta con uno e chi con l'altro, nel dare un'interpretazione alla fisica quantistica. Le pubblicazioni, i convegni, i ritrovi prendono sempre nettamente una di queste due parti. E ora anche voi saprete riconoscerne la natura. Probabilmente, anche questo romanzo fa lo stesso.

Un ultimo flashback, per chi avesse deciso di rileggere tutto daccapo, e fosse poi comunque ricapitato qui. Il primo vero incontro tra Albert Einstein

e Niels Bohr avvenne nel 1920, e in quell'anno ci fu il primo scontro tra i due. Furono invitati entrambi a Berlino, da Max Planck, per tenere un convegno pubblico, e si confrontarono in maniera molto accesa in quella prima grande occasione che avevano di stare insieme.

«Il problema è solo nella sua testa, caro Bohr! Per me non c'è nessun problema...» disse Einstein a Bohr, dopo la sua trattazione pubblica, in cui si schierava contro la quantizzazione.

Questa frase fece molto indignare tutti gli altri scienziati presenti, che erano ancora più ancorati, rispetto a Bohr, alle teorie della fisica classica, al punto da non volersene distaccare. La fisica classica era rassicurante, e tutta la comunità scientifica era d'accordo sul non muoversi da lì. Tra Einstein e Bohr si accese fin da subito un dibattito appassionato, fin dai primi minuti del convegno. Malgrado Bohr nutrisse per Einstein, che era più vecchio di lui di soli sei anni, una grande stima, oltre che sudditanza psicologica. I due uomini si accapigliarono sui termini usati da uno o dall'altro e andarono avanti ore a discutere. Uno sosteneva l'importanza delle misure, degli esperimenti, l'altro basava tutto su idee e pensieri molto più intangibili. Uno era Bohr e l'altro era Einstein, fin dal loro primo incontro si capì da che parte sarebbero andate le loro teste, anche negli anni successivi.

Bohr scriverà a Einstein, e di quel loro primo incontro: «È molto stimolante per me avere avuto la tanto attesa opportunità di ascoltare direttamente e dal vivo le vostre opinioni sulle domande che mi assillano, e su cui lavoro da tempo in completa solitudine».

Einstein fu ugualmente impressionato da Bohr, ma mai lo diede a vedere, e mai lo contraccambiò con parole altrettanto lusinghiere, che ricevette per posta. Ad Einstein non importava che Bohr non fosse d'accordo con lui, o che cambiasse punto di vista. Einstein, semplicemente, non sopportava in generale che qualcuno non fosse pronto a cambiare idea, se altri gli mostravano una situazione differente dal punto di partenza. Sui quanti di luce, poi, si innervosiva parecchio.

«I quanti di luce esistono, e solo uno sciocco può negare la sua esistenza!» disse Einstein a Kramers, l'assistente di Bohr, in un dialogo epistolare di qualche mese successivo al loro primo incontro.

In verità, ad Hendrik Kramers, assistente di Bohr, piaceva l'idea dei quanti di luce, li aveva conosciuti grazie al lavoro di Arthur Compton, e da quel momento in avanti cercò di studiarli anche in solitudine. Ma la sua

fascinazione a tal proposito la portava avanti con molta cautela, e ben nascosto da Bohr. Kramers era un aiutante di laboratorio modello, ansioso, meticoloso, con gli occhialini spessi, con lui era impossibile avere una discussione era obbediente, disponibile al dialogo, sempre pronto e servizievole.

«Sono una stupidaggine, i quanti di luce non esistono! La smetta di perdere tempo con queste idiozie!» disse Bohr a Kramers, la sola volta che lo vide alle prese con la teoria dei quanti. E fu così che Kramers si trovò in mezzo a questi due fuochi, e a fatica riusciva ad uscirne con una presa di posizione tutta sua. Doveva, poteva, solo mediare. Le personalità dei due non gli permettevano di fare altro.

Nessun riferimento ai quanti doveva essere fatto in presenza di Bohr, altrimenti lui criticava e ridicolizzava tutti quelli che si lasciavano scappare quelle parole. Bohr non voleva sapere altre ragioni lontane dalle sue. Fino a quando nel 1921 Einstein ricevette il premio Nobel per l'effetto fotoelettrico, e allora Bohr decise in quel momento che i quanti di luce potevano essere classificati sotto la parola: formalismo. Anche se l'effetto fotoelettrico spiegava proprio la loro esistenza.

«I quanti di luce danno luogo a difficoltà insormontabili se applicati alla spiegazione dei fenomeni di interferenza, e quindi come onda, se escludiamo la possibilità di una spiegazione razionale per il ruolo della frequenza in questo contesto», cercò di spiegare così, con queste parole incomprensibili (perché allora la teoria dei quanti lo era, e ancora di più di oggi!) a Kramers, il suo forte desiderio di veder spazzati via dalla terra ogni persona che tirasse fuori la teoria dei quanti.

Ma nel 1923, il fisico sperimentale Arthur Compton compie un altro passaggio fondamentale verso l'esistenza dei quanti. Pubblica un nuovo lavoro. E Kramers si mette subito a studiarlo. Ancora una volta Bohr lo beccherà in flagrante.

«La teoria dei quanti di luce può essere confrontata con un farmaco che causerà la malattia di molte persone invece di curarle. Il farmaco che uccide il paziente, passerà alla storia per essere questo!» disse Bohr a Kramers.

Ma Bohr stesso dovette ricredersi quando nella scuola di Copenaghen arrivò dall'America un altro fisico, giovane, fresco di titolo di dottorato ad Harvard. Si chiamava Slater e lui fu l'unico a far fare a Bohr un cambiamento, un passaggio successivo alle sue idee. Slater, Bohr e Kramers

crearono il BKS (dalle iniziali dei loro nomi: Bohr, Kramers, Slater) una proposta pubblicata nel gennaio 1924, con alcune idee radicali sui concetti base della fisica quantistica. Veniva fatta luce sulla discussione che coinvolgeva la comunità scientifica sul principio di conservazione dell'energia per singole transizioni tra orbite, e spiegava per la prima volta la linee spettrali. Il primo fisico che appoggiò la proposta, fu il viennese Erwin Schrödinger. Mentre Max Born non fu ancora abbastanza eccitato dalla BKS. Born, in quel periodo, era affascinato da un altro fisico, il giovane Werner Heisenberg, che aveva strappato alla scuola di Copenaghen, per portarlo con sé in quella di Gottinga.

Einstein, quando lesse la proposta BKS, non si scompose minimamente. In un discorso pubblico a Berlino, commentò per la prima volta lo stato della fisica dopo la svolta di Bohr. «Ora abbiamo due teorie sulla luce. È indispensabile tenerne conto. E non c'è nessuna connessione logica tra queste due, malgrado i nostri predecessori per vent'anni, si siano sforzati», disse Einstein a proposito del balzo che la fisica stava compiendo in generale. E poi si dichiarò contro la causalità, e il caso. E si scagliò nettamente in opposizione alla proposta BKS.

Un altro fisico, giovane, e molto preparato stava intanto affacciandosi all'istituto di Copenaghen: era Wolfgang Pauli, che aveva trascorso qualche tempo in Danimarca da Bohr, soltanto in veste di visitatore. Con Pauli, fu proprio Max Born ad aver avuto il primo confronto, e con lui commentò la proposta BKS e le obiezioni mosse da Einstein. «La statistica alla base della sua proposta non regge i risultati sperimentali reali. Dovrà trovare un'altra strada», disse Pauli a Born, in un commento tipico dei suoi. Bohr dovette accettare presto la sconfitta, e si mise anche il cuore in pace per il fatto che il principio di conservazione dell'energia non venisse violato. Lo stesso Pauli, che per noi sarà il critico, l'uomo con il lato oscuro, si scagliò contro la proposta BKS anche prima di quei risultati sperimentali, in una lettera a Kramers. Le strade di Born e Pauli si incrociarono a Gottinga, e tra i due scoppiò fin dal primo giorno l'innamoramento (l'innamoramento per i fisici è da catalogarsi soltanto dal punto di vista scientifico e/o intellettuale).

Ora il lettore può arrivare in fondo a questo capitolo, con un rapido fast forward in cui si aprirà una finestra su quello che capiterà in futuro; oppure tornare alla prima portata, e al momento esatto in cui Einstein e Bohr si scambiarono le prime frecciate

È un loop senza fine, è un'ossessione. Ci cascherete anche voi, ne sono sicura. E visto che non l'ho ancora mostrata, ecco la foto che ha preceduto la cena. Vi catturerà, come ha rapito me in tutti questi anni. Ne sono totalmente ossessionata.



Lasceranno Bruxelles e torneranno nelle proprie case, nei propri centri di ricerca, nelle proprie università, nei propri laboratori. Ciascuno di loro tornerà a fare quello che stava facendo prima di partire per la capitale d'Europa, ma nessuno di loro ripartirà esattamente dal punto che aveva lasciato prima di raggiungere Bruxelles. Chi per una frase, chi per un concetto, chi per una discussione, chi solamente per una nuova convinzione, ognuno per un motivo diverso, tutti avranno un nuovo progetto su cui lavorare. Quei giorni, quelle notti, quelle cene (ehm... soprattutto l'ultima) porteranno nuova luce, nelle teorie, negli esperimenti, nelle lezioni. Ed altre persone troveranno nuova linfa, dalle nuove parole dei maestri. Altri semi verranno gettati, e cresceranno rigogliose nuove piante, in qualsiasi settore della scienza. La fisica quantistica non è nata in una notte, ma è nata da queste persone che a Bruxelles ci sono state per una settimana intera.

Dopo la nostra cena alla Taverne Royale, Einstein scriverà a Max Born, Compton scriverà a Planck, de Broglie scriverà a Lorentz, Bragg scriverà a

Bohr. Vancaurogh non scriverà a nessuno, continuerà ad andare ad altre cene, continuerà a bere. La Regina Elisabetta finanzia nuovi centri per lo sviluppo e lo studio della scienza. Lorentz morirà dopo tre mesi.

Nel 1928 il premio Nobel per la fisica andrà a Owen Willans Richardson, per il suo lavoro sul fenomeno termoionico e in particolare per la scoperta della legge che porta il suo nome.

Nel 1929 il premio Nobel andrà a Louis de Broglie, per la scoperta della natura ondulatoria dell'elettrone (ipotesi de Broglie).

Nel 1930 il Nobel andrà all'indiano Chandrasekhara Venkata Raman per i suoi studi sulla diffusione della luce e per la scoperta dell'effetto che porta il suo nome. Nel 1931 il Nobel non verrà assegnato per via della guerra in corso.

Nel 1932 il Nobel andrà a Werner Heisenberg, per la creazione della meccanica quantistica, la cui applicazione porta alla scoperta delle forme allotropiche di idrogeno.

Nel 1933 Erwin Schrödinger e Paul Dirac riceveranno insieme il premio Nobel, per la scoperta di nuove forme produttive di teoria atomica. Nel 1934 non verrà assegnato.

Enrico Fermi lo riceverà nel 1938. Wolfgang Pauli nel 1945. Max Born nel 1954.

Jordan, l'aiutante di Born a Gottinga, verrà nominato più volte per un premio Nobel, ma mai ne riceverà uno. Pierre Nolf verrà nominato come miglior pretendente per vincerlo nel 1940, ma poi non verrà assegnato per via della guerra. Paul Ehrenfest si suiciderà nel 1933, senza mai averlo vinto.

Per quel che riguarda la fine della nostra storia scientifica, be', ecco, questa è la sola che non ha una fine. Le discussioni sulla fisica quantistica sono ancora attuali. E nessun fisico al mondo pensa di averla capita veramente. Solo dubbi, solo domande, solo congetture, ipotesi, tentativi di spiegazioni. I fisici fanno sempre così. Come disse una volta Niels Bohr: «Se non avete subito un forte shock la prima volta che vi siete avvicinati alla fisica quantistica, allora non avete capito niente». Mi piace anche ricordare una frase meno famosa, questa volta è di Hendrik Kramers, uno che ha fatto parte delle seconde linee, ma non per questo è meno importante: «Se ti metti a studiare la teoria quantistica per cercare di capirla, allora puoi ritenerti fortunato quando avrai colto anche soltanto uno dei suoi tanti concetti. La teoria quantistica va considerata come una delle grandi vittorie dell'uomo: fa

sorridere per mesi e poi fa piangere per anni».

La battaglia dei fisici che vogliono rendere la fisica quantistica comprensibile alla grande massa è un altro argomento di estremo fascino. Anche su questo ci sono parecchi dibattiti, se sia giusto o sbagliato farlo. Io la penso come Einstein: sì, è giusto. Tutti devono avere la possibilità di potersi avvicinare: e chi la racconta, deve per forza essere un fisico.

Per quel che riguarda il seguito delle Conferenze Solvay, anche quelle fanno parte della storia di oggi, i ritrovi continuano, e il cerchio si è allargato a un numero sempre crescente di partecipanti. Ora sono addirittura ammessi gli osservatori esterni. Oggi c'è Stephen Hawking che va spesso all'hotel Metropole, e con estrema soddisfazione mi hanno raccontato che pure lui si fa regalare – ogni volta – la foto dei fisici in posa del 1927, e si fa raccontare gli aneddoti di quei giorni.

Pure lui, come me, ha chiesto di dormire nella stessa stanza dove ha dormito Albert Einstein.

Paul Langevin, quando ha scritto le sue memorie, ha dedicato le ultime righe proprio al quinto Congresso Solvay del 1927, definendolo «l'unico evento della mia vita, in cui sono entrato con alcune, poche, chiare idee sulla fisica quantistica, e sono uscito con la confusione totale su tutto quello che sapevo, e che erano le mie conoscenze scientifiche». La storia dello sviluppo della fisica quantistica è stata punteggiata da periodi difficili, i suoi creatori sono stati molto spesso sull'orlo di crisi, o di esaurimenti nervosi. I fallimenti erano continui, non ci sono mai stati mesi di sicurezze o periodi abbastanza lunghi di pace. Ogni settimana c'erano nuovi scompigli, nuove teorie. Le comunicazioni tra tutti loro avvenivano molto frequentemente, e il pretesto per stare insieme, per discutere era sempre qualcosa che veniva organizzato senza troppo preavviso. Oggi è la teoria dell'unificazione delle quattro forze ad avere la stessa potenza che aveva la fisica quantistica allora. Una teoria che porti sotto lo stesso tetto l'elettromagnetismo, la forza elettrodebole, la forza elettrodebole forte e la gravità. Ma questa è un'altra storia.

Companatico

«IL COROLLARIO DEL FINALE»

Tra le biografie che preferisco, e che ho letto con molta attenzione, ne consiglio alcune. La biografia di Louis de Broglie di Georges Lochak (Flammarion, 1992) e la sua tesi di dottorato che si può trovare sul sito della Fondazione de Broglie. La biografia di Niels Bohr di A. Pais (1993) e i saggi commemorativi raccolti da Stefan Rozental (S. Rozental, 1967). Su Marie Curie c'è quella di Olgivie (Grewood Press, 2004). Su Heisenberg c'è quella di Cassidy (D. Cassidy, 1996). Su Einstein c'è quella di Pais (Bollati Boringhieri, 1986), e su Schrödinger quella di Gribbin (Dedalo, 2013). Su Pauli quella curata da Charles Enz (C. Enz, 2002). Mentre su Dirac quella di Helge Kragh (H. Kragh, 1990) e il volume curato da Paul Goddard (P. Goddard, 1998).

Chi fosse interessato alla parte formale sulla teoria dei quanti, che è complessa e oltre la finalità di questo romanzo, può consultare un qualunque libro di fisica dei quanti: Fong, Schiff, Pauling e Wilson; e a livelli ancora superiori: Messiah, Dirac, Cohen-Tannoudji & Diu & Laloë.

Poi consiglio due libri preziosi, per riflessioni e spunti di vario genere:
Trent'anni che sconvolsero la fisica (G. Gamow, 1985).
La fisica dei perplessi (J. Al Khalili, 2014).

E poi questi volumi che mi sono stati di grande aiuto nella scrittura del libro:

Fascismo e scienza, Gamba-Scher, il Mulino, 2015.
Personaggi e scoperte della fisica contemporanea, Segré, Mondadori, 1996.
Relatività, Einstein, Bollati Boringhieri, 1960,
Le due relatività, Einstein, Bollati Boringhieri, 2015.
Einstein, Philipp Frank, Castelvechi, 2015.
Come io vedo il mondo, La teoria della relatività, Einstein, 1975, Tea.
Il capolavoro di Einstein, Gribbin, Bollati Boringhieri, 2015.
L'universo e Einstein, Barnett, Castelvechi, 2015.
Che cos'è la vita, Schrödinger, Adelphi, 2012.
L'equazione dell'anima, Miller, Rcs Mediagroup, 2014.
Enrico Fermi, fisico, Segrè, Zanichelli, 1971.
Note e memoria, Fermi, Accademia dei Lincei, 1962.
The physical principles of quantum theory, Heisenberg, Dover Publication, 1930.
Quantum Ten, Jones, Thomas Allen Publishers, 2008.
Fisica e filosofia, Heisenberg, il Saggiatore, 1958.

La fisica quantistica oggi è oggetto di molte discussioni. Io mi allineo alla comunità dei fisici per dire la mia. Richard Feynman, premio Nobel e padre dell'elettrodinamica quantistica, afferma: «Credo di poter dire con sicurezza che nessuno capisce la meccanica quantistica, chiunque afferma di capire la teoria dei quanti mente oppure è pazzo». La fisica quantistica è del tutto incomprensibile: sappiamo come funziona ma non perché funziona. Abbiamo le sue formule che danno conto di tutti i fenomeni legati all'elettromagnetismo, della chimica, delle reazioni nucleari ma del perché le cose funzionino così non ne abbiamo idea. Eppure al giorno d'oggi molti dicono di averla capita. Ci sono decine e decine di libri newage che ne parlano, legati a filoni esoterici, mistici, olistici o erboristici, che spiegano come curarsi con essa, come rigenerare le proprie energie, come entrare in contatto con l'universo. Non c'è una sola formula, li hanno scritti dei non-fisici, ma vi spiegano la meccanica quantistica come se si trattasse della cosa più naturale del mondo, e con una sicurezza sconcertante. E dopo averli letti, siete convinti di averla capita. Ma fate attenzione. Gli imbonitori ci sono sempre stati e ci saranno sempre.

Come dice Murray Gell-Mann, fisico del CalTech, premio Nobel per la fisica

nel 1969 per la scoperta dei quark: «Certi scrittori hanno affermato che presunti fenomeni paranormali come la precognizione, nella quale si suppone che i processi di scelta siano noti in anticipo a individui dotati di poteri psichici, sarebbero accettabili per la meccanica quantistica. Non serve dirlo, ma questi fenomeni sarebbero tanto sconvolgenti per la fisica quantistica quanto per la fisica classica; se fossero reali richiederebbero una completa riscrittura delle leggi della natura come le conosciamo».

Le ultime parole vanno alla mia passione spropositata per la fisica, in generale. Quando ero al liceo e dovevo scegliere quale facoltà frequentare, avevo intorno solo persone che mi demotivavano nella scelta della Facoltà di Fisica, e le motivazioni sono le stesse che oggi girano tra gli adolescenti quando chiedo sconcertata il perché non si iscrivono tutti in massa a fisica. Vivevo a Milano, e non avevo idea di cosa volessi fare da grande. Sapevo che volevo scrivere, sapevo che mi piaceva la fisica, sapevo che mi piaceva il teatro come forma di narrazione, sapevo che ero forte con la matematica, i numeri... insomma, che ero brava a dare i numeri. Ero uno spirito libero, che andava controcorrente e mal sopportava le imposizioni preconcrete che arrivavano dall'alto, i luoghi comuni, e chi parlava o scriveva male. È in una situazione di questo tipo che ho deciso di mettere l'asticella molto in alto, di prendere una bella rincorsa e di saltare. Mettermela lassù, l'asticella, poi vediamo, si fa sempre in tempo ad abbassarla. E invece, poi, con gli anni, non l'ho mai abbassata. Anzi. Una tacchettina alla volta l'ho sempre alzata, e ancora, e ancora. Questi sono i miei sogni, che realizzo nella vita di tutti i giorni.

Decidere di fare fisica, decidere di andare in un centro di ricerca internazionale come solo l'Ecole Polytechnique di Parigi sa essere, decidere di prendere l'abilitazione per l'insegnamento, di dedicarmi al racconto della fisica nelle scuole con (altre) parole (rispetto a quelle che già si sentono) e cose pratiche rispetto a quello che si vede già e che fanno altre persone, decidere di scrivere, di dedicarmi al giornalismo (non importa l'argomento, l'importante era farlo bene), decidere di prendere il tesserino da giornalista professionista, decidere di pubblicare libri, decidere poi un giorno di salire su un palco e creare dei monologhi che riassumano tutti questi miei sforzi.

Ho creato lo spettacolo teatrale *1927 Monologo Quantistico* proprio con l'idea di portare in giro per l'Italia queste storie, queste vicende umane, questi

uomini coraggiosi con vite straordinarie, di cui tutti dovrebbero conoscere l'esistenza, perché è nella nostra quotidianità che noi li dovremmo ringraziare. Ma lo dico ancora: il mio viaggio nella fisica quantistica non finirà mai; divoro testi, libri, manuali, opinioni, dibattiti, pensieri, biografie, e cerco di saperne sempre di più. Mi faccio accompagnare dalla fisica quantistica, la sfioro, l'accarezzo, tutto qui. Ma l'unica certezza che ho in cambio è il meraviglioso dubbio che mi crea.

Vorrei concludere il mio racconto con una poesia. È stata scritta nel XX secolo da Robert Frost. Si chiama *La strada che non presi*, io l'ho tradotta secondo un mio gusto personale (e quindi è leggermente diversa da quella che si trova in giro, in italiano). Quindi per correttezza poi riporto sotto anche il testo originale. È così che vorrei concludere questo lungo viaggio tra i fisici quantistici, i fisici più coraggiosi della storia. Loro hanno fatto vedere a tutti la strada da prendere, con grande scetticismo della maggioranza che avevano intorno, la comunità scientifica (come tutti i grandi posti di lavoro) cercava nella rassicurante fisica classica la via da percorrere, mentre loro no, loro si sono avventurati in quella più difficile, meno nota, mettendo l'asticella più in alto che potevano. Einstein, Schrödinger, Dirac, Pauli, Planck, Ehrenfest, Curie, Lorentz, Richardson, Kramers, Heisenberg, Jordan, Compton, de Broglie, Langevin, Langmuir, Bragg, Born, e tutti gli altri (in tutto sono 29 in quella famosa foto in bianco e nero). Tutti hanno contribuito a far nascere la fisica quantistica, i più grandi cervelli della storia, che insieme crearono una prateria tutta nuova, dove poter correre ancora oggi. La poesia di Frost è stata scritta da uno scrittore che in quegli anni era molto conosciuto nei salotti letterari, ma mai si occupò di temi scientifici. Riletta oggi, fa capire tante cose, invece, proprio sulla fisica quantistica e anche su quel bivio davanti a cui si trovavano gli uomini coraggiosi, presenti a Bruxelles nel 1927, che l'hanno creata. Ognuni può trovarci il suo significato.

*Due strade divergevano in un boscò ingiallito
e spiaciuto di non poterle percorrere entrambe
essendo io uno solo basito mi fermai
e mi abbassai a guardarne una finché potevo
laddove nel sottobosco svoltava
allora presi l'altra, comunque non sbagliando*

*avèndo forse più fascino
perché era erbosa e voleva essere calpestata
benché, in fondo, il passaggio le avesse invero
segnate più o meno lo stesso
e ambedue quel mattino, non mostravano
sulle foglie a terra, l'impronta nera di un passo
tenni la prima per un altro giorno
pure sapendo, che strada porta a strada,
dubitavo se mai sarei tornato
io dirò questo con un sospiro
in qualche posto, tra molto molto tempo:
due strade divergevano in un boscò, e io
presi quella meno battuta,
e questo fece tutta la differenza.*

The Road Not Taken

*TWO roads diverged in a yellow wood,
And sorry I could not travel both
And be one traveler, long I stood
And looked down one as far as I could
To where it bent in the undergrowth; 5
Then took the other, as just as fair,
And having perhaps the better claim,
Because it was grassy and wanted wear;
Though as for that the passing there
Had worn them really about the same, 10
And both that morning equally lay
In leaves no step had trodden black.
Oh, I kept the first for another day!
Yet knowing how way leads on to way,
I doubted if I should ever come back. 15
I shall be telling this with a sigh
Somewhere ages and ages hence:
Two roads diverged in a wood, and I—
I took the one less traveled by,
And that has made all the difference. 20*

Ringraziamenti

Molti amici e colleghi mi hanno aiutato a scrivere questo romanzo. Ho un enorme debito di gratitudine nei confronti di tante persone, per aver contribuito con saggi originali (a loro insaputa), per aver offerto commenti e consigli (sia durante la scrittura di questo romanzo, sia durante il tour con il mio spettacolo *1927 Monologo Quantistico*), e per aver corretto molti errori che avevo commesso. Grazie a Vincenzo Barone, a Fernando Ferroni, a Giorgio Parisi, a Emilio Santoro, a Valerio Bocci, a Stefano Forte, a Massimo Inguscio, a Luigi Galgani, a Francesca Scianitti, a Luisa Cifarelli, a Francois Amiranoff, a Christophe Galfard e a tanti altri fisici verso cui nutro rispetto e ammirazione assoluta, e che seguo con molta attenzione. Naturalmente, tutti gli errori ancora eventualmente presenti sono di mia esclusiva responsabilità.

Anche amici non fisici sono stati presenze costanti e importanti durante la scrittura del libro. Penso a Marco, Marianna, Antonia, Alice, Marina, Pino, Davide, Paolo, Simone, Ilaria. Il confronto con loro è stato fondamentale, soprattutto per gli aspetti umani che racconto.

Anche se con questo libro pare non c'entrare granché (invece c'entra eccome, visto che condividiamo la quotidianità), un grazie particolare, emozionato e dolce va a Emilio Russo, che ha creduto nel mio *Monologo Quantistico* (e al lungo lavoro che ho fatto da sola per crearlo e portarlo in giro per le scuole, le librerie, i festival di tutta Italia) e con cui ora sto lavorando allo spettacolo teatrale *1927 Monologo Quantistico*, che il suo teatro produce (il Tieffe, Teatro Menotti di Milano), dove farò il debutto il 4 novembre 2016, e che racconta tutte le vicende più intriganti contenute in questo mio romanzo (mentre a Roma, al teatro Sala Umberto, grazie a

Alessandro Longobardi, debutterò il 27 ottobre 2016).

Infine, un ringraziamento agli amici della casa editrice. A Stefano Mauri, che mi ha ascoltato per primo raccontare tutta questa storia, e ancora non smette di farlo, e sa indirizzarmi sempre verso la strada più interessante da seguire ogni volta che mi viene in mente una nuova idea. A Mariagrazia Mazzitelli, per gli ottimi consigli e per come mi ha accompagnato nella stesura del romanzo. A Teresa Ciancio, Lucia Tomelleri e gli amici della Salani, per il grande lavoro di editing.

Ingredienti (bibliografia e altre cose)

Ecco i testi che ho consultato (sotto, nei singoli capitoli, indicherò solo autore e anno per riferirmi ai testi).

Académie des Sciences. *La Découverte des ondes de matière*, Actes du Colloque Louis de Broglie, Parigi, 16-17 juin 1992. Paris: Lavoisier, 1994.

Abragam, Anatole. «Louis Victor Pierre Raymond de Broglie, 15 August 1892-19 March 1987», *Biographical Memoirs of Fellows of the Royal Society*, 1988.

Aitchison, Ian J.R., David A. MacManus and Thomas M. Snyder, 2004, «Understanding Heisenberg's 'Magical' Paper».

Bacciagaluppi, Guido, and Antony Valentini, *Quantum Theory at the Crossroads: Reconsidering the 1927 Solvay Conference*, Cambridge University Press, 2009.

Badash, Lawrence, 1972, «The Completeness of Nineteenth-Century Science».

Bell John S., 1987, *Speakable and Unsayable in Quantum Mechanics*, Cambridge University Press.

Beller, Mara, 1990, «Born's Probabilistic Interpretation: A Case Study of 'Concepts in Flux'».

Beller, Mara, 1996, «The Conceptual and the Anecdotal History of Quantum Mechanics».

Beller, Mara, 1999a, *Quantum Dialogue: The Making of a Revolution*, University of Chicago Press.

Beller, Mara, 1999b, «Jocular Commemorations: The Copenhagen Spirit»

Osiris.

Beranek William (ed.), 1987, *Science, Scientists, and Society*, Bogden and Quigley, New York.

Berg A. Scott, 2000, *Lindbergh, l'aquila solitaria*, Mondadori, Milano (ed. or. *Lindbergh*, G.P. Putnam's Sons, New York 1998).

Bernstein, Jeremy, 2005, «Max Born and the Quantum Theory» *American Journal of Physics*, 73.

Beyler, Richard H., 1996, «Targeting the Organism: The Scientific and Cultural Context of Pascual Jordan's Quantum Biology, 1932-1947».

Bird Kai, Sherwin Martin J., 2007, *Robert Oppenheimer, il padre della bomba atomica: il trionfo e la tragedia di uno scienziato*, Garzanti, Milano.

Blackett Patrick M., Occhialini Giuseppe, 1933, «Some Photographs of the Tracks of Penetrating Radiation», *Proceedings of the Royal Society of London*.

Blackmore, John, 1985, «An Historical Note on Ernst Mach» *British Journal for the Philosophy of Science*, 36.

Blair Bolles, Edmund, 2004, *Einstein Defiant: Genius versus Genius in the Quantum Revolution*, Joseph Henry Press.

Bloch, Felix, 1976, «Heisenberg and the Early Days of Quantum Mechanics» *Physics Today*, 29.

Blumberg Stanley, Owens Gwinn, 1976, *Energy and Conflict: The Life and Times of Edward Teller*, Putnam, New York.

Born, Gustav, 2002, «The Wide-Ranging Family History of Max Born» *Notes and Recordings of the Royal Society of London*, 56.

Born, Max, 1969, *Physics in My Generation*, Springer Verlag.

Born Max, Einstein Albert, 1973, *Scienza e vita: lettere 1916-1955*, Einaudi, Torino.

Boutin, Paul, 2005, «Theory of Anything? Physicist Lawrence Krauss Turns on His Own».

Bowen, Marshall, and Joseph Coster, 1980, «Born's Discovery of the Quantum-Mechanical Matrix Calculus», *American Journal of Physics*, 48.

Boya, Luis J., 2003, «Rejection of the Light Quantum: The Dark Side of Niels Bohr» *International Journal of Theoretical Physics*, 42, No. 10.

Broglie, Louis de, *Onde e movimenti*. Paris: Gauthier-Villars, 1926.

Broglie, Louis de, *La mécanique ondulatoire*. Paris: Gauthier-Villars, 1928.

Broglie, Louis de, *Materia e Luce; Nuova Fisica*. London: Allen & Unwin,

1939.

Broglie Louis de, 1963, *Recherches sur la Theorie des Quanta*, Masson, Paris.

Brown Laurie, 1978, «The Idea of the Neutrino», *Physics Today*, September.

Brown Laurie, Pais Abraham, Pippard Brian (eds), 1995, *Twentieth century physics*, 3 voll., American Institute of Physics, New York.

Brown Laurie, Rigden John (eds), 1993, *Most of the Good Stuff: Memories of Richard Feynman*, American Institute of Physics, New York.

Brush, Stephen G., 1980, «The Chimerical Cat: Philosophy of Quantum Mechanics in Historical Perspective» *Social Studies of Science*, 10, No. 4.

Canady John, 2000, *The Nuclear Muse*, University of Wisconsin Press, Madison.

Casimir Hendrik, 1983, *Haphazard Reality: Half a Century of Science*, Harper & Row, New York.

Cassidy, David C., 1992, *Uncertainty: The Life and Science of Werner Heisenberg*, W.H. Freeman and Company.

Cathcart, Brian, 2005, *The Fly in the Cathedral*, Farrar, Straus and Giroux, New York.

Chadwick, James, 1932a, «Possible Existence of the Neutron» *Nature*, 129.

Cline, Barbara Lovett, 1965, *Men Who Made a New Physics*, University of Chicago Press.

Comte, Auguste, 1842, *A General View of Positivism*, 1957, tr. J.H. Bridges, Robert Speller and Sons.

Curie Irène, Joliot Frédéric, 1932, «Émission de protons de grande vitesse par les substances hydrogénées sous l'influence des rayons α très pénétrants» *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, 194.

Cornwell, John, 2003, *Hitler's Scientists*, Viking.

Curtis, Theodor, 1961, «Robert Bunsen» in *Great Chemists*, ed. Eduard Farber, Interscience.

Cormier-Delanoue, Christian. *Louis de Broglie que nous avons connu*. Paris: Fondation Louis de Broglie, 1988.

Darrigol, Olivier. «Stranezza e solidità nei lavori di Louis de Broglie» *Physica* 30 (1993): 303-372.

Dalitz, R.H., and Rudolph Peierls, 1986, «Paul Adrien Maurice Dirac, 8 August 1902-20 October 1984», *Biographical Memoirs of Fellows of the Royal Society*.

de Regt, Heck W., 1991, «Erwin Schrödinger, Anschaulichkeit, and Quantum Theory» *Studies in History and Philosophy of Modern Science*, 28, No. 4.

Dirac, Monica, 2002, on the occasion of the centennial celebration of Paul Dirac's career at Cambridge University.

Dresden, Max, 1987, *H.A. Kramers. Between Tradition and Revolution*, Springer Verlag.

Ebeling, Werner, and Dieter Hoffman, 1991, «The Berlin School of Thermodynamics Founded by Helmholtz and Clausius» *European Journal of Physics*, 12.

Eckert, M., 2000, «The Emergence of Quantum Schools: Munich, Göttingen and Copenhagen as New Centers of Atomic Theory» *Annalen der Physik*, 10, No. 1-2.

Einstein, Albert, 1919, tr. Bertram Schwarzschild, 2005, «Albert Einstein to Paul Ehrenfest» *Physics Today*, 58, No. 4.

Einstein, Albert, 1959, «Autobiographical Notes» in *Albert Einstein: Philosopher-Scientist*, ed. Paul Arthur Schlipp, Harper & Brothers.

Einstein, Albert, 1995, *The Collected Papers of Albert Einstein*, Vol. 5, *The Swiss Years: Correspondence, 1902-1914*, tr. Anna Beck, Princeton University Press.

Einstein, Albert, and Max Born, 1971, *The Born-Einstein Letters*, Walker and Company.

Elsasser, Walter, 1978, *Memories of a Physicist in the Atomic Age*, Science History Publications.

Enz, Charles P., 2000, «Wolfgang Pauli-Carl Gustav Jung, a Dialogue over the Boundaries» *Wolfgang Pauli and Modern Physics*, ETH-Bibliothek.

Fermi Enrico, 1965, *Note e memorie-Collected papers*, 2 vol., Accademia nazionale dei Lincei.

Fermi Laura, 1965, *Atomi in famiglia*, Mondadori, Milano.

Feynman Richard, 2007, *La fisica di Feynman*, 3 voll., Zanichelli, Bologna.

Fierz Marcus, Weisskopf Victor (eds), 1960, *Theoretical Physics in the Twentieth Century: A Memorial Volume to Wolfgang Pauli*, Interscience Publishers, New York.

Fischer Ernst, Lipson Carol, 1988, *Thinking About Science: Max Delbrück and the Origins of Molecular Biology*, W.W. Norton, New York.

Frank, Philipp, 1941, *Between Physics and Philosophy*, Harvard University Press.

Funk, Herbert, 2000, «Wolfgang Pauli. A Biographical Sketch» Wolfgang Pauli and Modern Physics, ETH-Bibliothek.

Galison Peter, Hevly Bruce, 1992, *Big Science: The Growth of Large-scale Research*, Stanford University Press, Stanford, CA.

Gamow George, 1931, *Constitution of Atomic Nuclei and Radioactivity*, Clarendon Press, Oxford.

Gehrenbeck, Richard K., 1978, «Electron Diffraction: Fifty Years Ago» *Physics Today*, 31.

George, André. *Louis de Broglie: physicien et penseur*. Paris: 1953. Gerber, Johannes.

Geschichte der Wellenmechanik, «Archivio per la storia delle scienze esatte» (1969): 349-416.

Gershenson, Daniel E., and Daniel A. Greenberg, 1964, «The Physics of the Eleatics» in *The Natural Philosopher*, Vol. 3, ed. Daniel E. Gershenson and Daniel A. Greenberg, Blaisdell Publishing Company.

Gingras, Yves, 2001, «What Did Mathematics Do to Physics?» *History of Science*, 39.

Goudsmit, Samuel, 1971, «The Discovery of the Electron Spin, a Lecture Presented to the Dutch Physical Society».

Greene, Brian, 2000, *The Elegant Universe*, Vintage Books.

Gross, David, Marc Hanneaux and Alexander Sevrin, 2007, *The Quantum Structure of Space and Time: Proceedings of the 23rd Solvay Conference on Physics, Brussels, Belgium, 1-3 December 2005*, World Scientific Publishing Company.

Halpern, Paul, 2004, «Nordström, Ehrenfest and the Role of Dimensionality in Physics», *Physics in Perspective*, 6, No. 4.

Halpern, Paul, 2006, «Brotherly Advice: Letters from Hugo to Paul Ehrenfest in His Final Years» American Physical Society March Meeting, March 16, 2006, Baltimore, Maryland.

Hahn Otto, 1970, *My life*, Herder and Herder, New York.

Harper Eamon, Parke W.C., Anderson G.D. (eds), 1997, *The George Gamow Symposium*, Astronomical Society of the Pacific Publications, San Francisco.

Harris, Richard, 2007, «Short of 'All', String Theorists Accused of Nothing» National Public Radio, August 27, 2007.

Heilbron, John L., and Thomas S. Kuhn, 1969, «The Genesis of the Bohr Atom» in *Historical Studies in the Physical Sciences*, ed. Russell

McCormmach, University of Pennsylvania Press.

Heisenberg, Werner, 1971, *Physics and Beyond: Encounters and Conversations*, Harper and Row.

Hendry, John, 1984, *The Creation of Quantum Mechanics and the Bohr-Pauli Dialogue*, D. Reidel Publishing Company.

Highfield, Roger, and Paul Carter, 1993, *The Private Lives of Albert Einstein*, Faber and Faber.

Hoffman, Banesh, with Helen Dukus, 1972, *Albert Einstein: Creator and Rebel*, Plume (Penguin Books).

Holton, Gerald, 1992, «Ernst Mach and the Fortunes of Positivism in America» No. 1.

Holton, Gerald, 2003, «Einstein's Third Paradise» *Daedalus*, 132.

Holton, Gerald, 2004, «Paul Tillich, Albert Einstein, and the Quest for the Ultimate» The Paul Tillich Lecture, Harvard University.

Honner, John, 1982, «The Transcendental Philosophy of Niels Bohr» *Studies in History and Philosophy of Science*, 13, No. 1.

Hooft, Gerard 't, 2001, «Can There Be Physics without Experiments? Challenges and Pitfalls» *International Journal of Modern Physics A*, Vol. 16.

Howard, Don, 2005, «Revisiting the Einstein-Bohr Dialogue» from a Bar-Hillel.

Huijnen, Pim, and A.J. Knox, 2007, «Paul Ehrenfest's Rough Road to Leiden: A Physicist's Search for a Position, 1904-1912» *Physics in Perspective*, 9.

Jacobi, Manfred, 2000, «Wolfgang Pauli's Family Background» *Gesnerus*, 57, No. 3-4.

James, William, 1926, *The Letters of William James*, ed. Henry James, Little Brown.

Johnson, George, 2007, «Meta Physicists» *The New York Times Book Review*, June 24, 2007.

Jones, Sheilla, *Quantum Ten*, Thomas Allen Publishers, 2008.

Jordan, Pascual, 1975, «My Recollections of Wolfgang Pauli», *American Journal of Physics*, 43, No. 3.

Kalckar, Jørgen, 1985, *Foundations of Quantum Mechanics I (1926-1932)*, North-Holland Publishing Company.

Klein, Étienne, 1997, *Conversations with a Sphinx: Paradoxes in Physics*, tr. David Le Vay, Souvenir Press.

- Klein, Martin J., 1964a, «Einstein's First Paper on Quanta» in *The Natural Philosopher*, Vol. 11, ed. Daniel E. Gershenson and Daniel A. Greenberg, Blaisdell Publishing Company.
- Klein, Martin J., 1964b, «Planck, Entropy and Quanta, 1901-1906» in *The Natural Philosopher*, Vol. 1, ed. Daniel E. Gershenson and Daniel A. Greenberg, Blaisdell Publishing Company.
- Klein, Martin J., 1964c, «Einstein and Wave-Particle Duality» in *The Natural Philosopher*, Vol. 3, ed. Daniel E. Gershenson and Daniel A. Greenberg, Blaisdell Publishing Company.
- Klein, Martin J., 1970a, *Paul Ehrenfest*, Vol. 1, *The Making of a Theoretical Physicist*, North-Holland Publishing Company.
- Klein, Martin J., 1970b, «The First Phase of the Bohr–Einstein Dialogue» *Historical Studies in the Physical Sciences*, Vol. 2.
- Klein, Martin J., 1981, «Not By Discoveries Alone: The Centennial of Paul Ehrenfest» *Physica*, 106A.
- Klein, Martin J., 1986, «Great Connections Come Alive: Bohr, Ehrenfest and Einstein» in *The Lessons of Quantum Theory*, eds. J. de Boer, E. Dal, and O. Ulfbeck, Elsevier Science Publishers.
- Klein, Martin J., and Allan Needell, 1977, «Some Unnoticed Publications by Einstein» No. 4.
- Kragh, Helge, 1990, *Dirac: A Scientific Biography*, Cambridge University Press.
- Kragh, Helge, 1999, *Quantum Generations*, Princeton University Press.
- Langevin, Paul, and Maurice de Broglie, eds., 1912, *Proceedings First Solvay Conference*, Gauthier-Villars.
- Kragh, Helge, «L'eredità di Louis de Broglie nelle opere di Schrödinger e di altri teorici» *A La Découverte des ondes de matière: Colloque organisé à l'occasion du Centenaire de la naissance de Louis de Broglie, 16-17 juin 1992 a cura di Académie des sciences*, 65-78. Paris: Lavoisier, 1994.
- Levenson, Thomas, 2003, *Einstein in Berlin*, Bantam Books.
- Lightman, Alan, 2005, «Metaphor in Science» cap. 3 in *A Sense of the Mysterious: Science and the Human Spirit*, Pantheon.
- Lindley, David, 2007, *Uncertainty: Einstein, Heisenberg, Bohr, and the Struggle for the Soul of Science*, Doubleday.
- Livanova Anna, 1980, *Landau: A Great Physicist and Teacher*, Oxford University Press, Oxford.

Lochak, Georges. *Louis de Broglie: un principe della scienza*. Paris: Flammarion, 1992.

Luria Salvador, 1984, *Storia di geni e di me*, Bollati Boringhieri, Torino.

Mach, Ernst, 1886, *The Analysis of Sensations*, 1914, 4th ed., Open Court.

Mach, Ernst, 1905, *Knowledge and Error*, tr. Erwin N. Heibert, 1976, Reidel Publishing Company.

Marinetti Filippo Tommaso, 1909, «Fondazione e Manifesto del futurismo», *Le Figaro*, 20 febbraio 1909.

Marlowe Christopher, 2004, *Il dottor Faust (1604)*, a cura di Nemi D'Agostino, Mondadori, Milano.

Medicus, Heinrich A. *Physics Today* 27 (1974) «Cinquanta anni di onde di materia» 38-45.

Mehra, Jagdish, 1975, in *The Solvay Conferences of Physics*, Reidel Publishing Company. Mehra, Jagdish, and Helmut Rechenberg, 2001, *The Historical Development of Quantum Theory*, Vol. 6, *The Completion of Quantum Mechanics, 1926-1941*, Part 1: The Probabilistic Interpretation and the Empirical and Mathematical Foundation of Quantum Mechanics, 1926-1936, Springer Verlag.

Meyenn, Karl von, and Engelbert Schucking, 2001, «Wolfgang Pauli» *Physics Today*, 54, No. 2.

Moore, Ruth, 1966, *Niels Bohr: The Man, His Science, and the World They Changed*, Alfred A. Knopf.

Moore, Walter, 1989, *Schrödinger, Life and Thought*, Cambridge University Press.

Neffe, Jürgen, 2007, *Einstein*, tr. Shelley Frisch, Farrar, Straus and Giroux.

Nye, Marie Jo, «La cultura aristocratica e la ricerca della scienza: Il de Broglie in Modern Francia», 1997.

Ogilvie, Marilyn Bailey, and Joy Dorothy Harvey, eds., 2000, «Ehrenfest-Afanassjewa, Tatyana Alexeyevna (1876-1964)» *The Biographical Dictionary of Women in Science*, Taylor & Francis.

Ostwald, Wilhelm, 1927, *Lebenslinien. Eine Selbstbiographie*, Vol. 2, Klassing.

Pais, Abraham, 1982, *The Science and the Life of Albert Einstein*, Oxford University Press.

Pais, Abraham, 1991, *Niels Bohr's Times: In Physics, Philosophy, and Policy*, Clarendon Press.

Pais, Abraham, Maurice Jacob, David I. Olive and Michael F. Atiyah, eds., 1998, *Paul Dirac: The Man and His Work*, Cambridge University Press.

Peat, F. David, 1987, *Synchronicity*, Bantam Books.

Peierls, R.E., 1960, «Wolfgang Ernst Pauli, 1900-1958» *Biographical Memoirs of Fellows of the Royal Society*, 5.

Perutz Max, 1998, *I Wish I'd Made You Angry Earlier: Essays on Science, Scientists, and Humanity*, Cold Spring Harbor Laboratory.

Przibram K. (ed.), 1963, *Briefe zur Wellenmechanik. Schrödinger, Planck, Einstein, Lorentz*, Springer, Wien.

Philip, E.B., 1956, «The Nature of Mathematics» in *The World of Mathematics*, Vol. 1, ed. James R. Newman, Simon and Shuster.

Poincaré, Henri, 1905, «The Theories of Modern Science» *Science and Hypothesis*, Walter Scott. Publishing.

Quinn, Susan, 1995, *Marie Curie: A Life*, Addison Wesley.

Raman, V.V., and Paul Forman, 1969, «Why Was It Schrödinger Who Developed de Broglie's Ideas?» in *Historical Studies in the Physical Sciences*, ed. Russell McCormach, University of Pennsylvania Press.

Reiter, Wolfgang L., 2007, «Ludwig Boltzmann: A Life of Passion» *Physics in Perspective*, 9.

Richardson, O.W., 1929, «Hendrik Antoon Lorentz» *Journal of the London Mathematical Society*, 4, No. 1.

Rigden, John S., 2005, *Einstein 1905: The Standard of Greatness*, Harvard University Press.

Richter Stefan, 1979, *Wolfgang Pauli: Die Jahre 1918-1930*, Sauerländer, Aarau.

Rozental Stefan (ed.), 1967, *Niels Bohr: His Life and Work As Seen By His Friends and Colleagues*, North Holland, Amsterdam.

Rutherford Ernest, 1919, «Collisions of Alpha Particles with Light Atoms» *Philosophical Magazine*, 37.

Rubin, Harry, 1995, «Walter M. Elsasser, Biographical Memoirs» *National Academy of Sciences*, Vol. 68.

Schroer, Bert, 2007, «Pascual Jordan, Biographical Notes, His Contributions to Quantum Mechanics and His Role as a Protagonist of Quantum Field Theory».

Pascual Jordan (1902-1980), Max Planck Institute for the History of Science, Preprint 329.

- Segrè Emilio, 1988, *Enrico Fermi, fisico: Una biografia scientifica*, Zanichelli, Bologna.
- Segrè, Gino, 2007, *Faust in Copenhagen: A Struggle for the Soul of Physics*, Viking.
- Seppi, Ruth, 2004, «Viennese Feuilleton during the Early 1920s: Description and Analysis of Bertha Pauli's Biographical Sketches as Contributions to a Literary Genre» thesis, Brigham Young University.
- Smolin, Lee, 2006, *The Trouble with Physics: The Rise of String Theory, the Fall of a Science, and What Comes Next*, Houghton Mifflin.
- Smutný, František, 1990, «Ernst Mach and Wolfgang Pauli's Ancestors in Prague» *European Journal of Physics*, 11.
- Snow Charles P., 1968, *Ogni sorta di gente: Rutherford, G.H. Hardy, H.G. Wells, Einstein, Lloyd George, Winston Churchill, Robert Frost, Dag Hammarskjold, Stalin*, De Donato, Bari.
- Stuewer, Roger H., 2006, «Einstein's Revolutionary Light-Quantum Hypothesis» *Acta Physica Polonica B*, 37, No. 3.
- Taylor, Simon, 1983, *Germany 1918-1933*, Duckworth.
- Thorndike Greenspan, Nancy, 2005, *The End of the Certain World: The Life and Science of Max Born*, Basic Books.
- Uhlenbeck, George, 1956, «Reminiscences of Professor Paul Ehrenfest» *American Journal of Physics*, 24, No. 6.
- van Lunteren, Frans, 2001, «Paul Ehrenfest and Dutch Physics in the Interwar Period» Annual Meeting of the History of Science Society, Vancouver.
- Weinberg, Steven, 1992, *Dreams of a Final Theory*, Random House.
- Weinberg, Steven, 2003, «Viewpoints on String Theory» NOVA
- Wilson David, 1983, *Rutherford: Simple Genius*, Hodder and Stoughton, London
- Wolpert, L., 1993, *The Unnatural Nature of Science*, Harvard University.

Riferimenti e note

Per il capitolo 1

I riferimenti reali per la scrittura di questo capitolo sono da ricercare in questi testi o lettere, rielaborati e romanzati dall'autrice.

Klein, Martin J., 1986, pag. 336, 331, 333.

Pais, Abraham, 1991, pag. 170, 347, 234, 196, 229.

Moore, Ruth, 1966, pag. 99.

Niels Bohr, in una lettera a O.W. Richardson, 15 agosto 1918.

Albert Einstein, in una lettera a Michele Besso, 13 maggio, 1911.

Albert Einstein, in una lettera a Michele Besso 29 luglio 1918.

Albert Einstein, in Langevin, Paul e Maurice de Broglie, eds., 1912, pp. 429, 436.

Niels Bohr, in una lettera ad Albert Einstein, 24 giugno 1920.

di Dresda, Max, 1987.

Niels Bohr, in una lettera a Paul Ehrenfest, 1921.

Klein, Martin J., 1970b, p. 23, 25, 28, 34.

Hendrik Kramers, come citato da Boya, Luis J., 2003, p. 2566.

John Slater, come citato da Boya, Luis J., 2003, p. 2567.

John Slater, in una lettera alla sua famiglia, 18 gennaio 1924.

Jones, Quantum Ten, Thomas Allen Publishers, 2008, cap. 6 e 7.

J.C. Slater, chiarendo la carta BKS nel dicembre 1924, Review Fisica, 25, p. 395.

Max Born, in una lettera a Niels Bohr, marzo 1924.

Nancy, 2005, p. 121.

Albert Einstein, in un articolo sul esperimento Compton per Berliner Tageblatt, aprile 20, 1924.

Franz Haber, in una lettera ad Albert Einstein, 1924.

Wolfgang Pauli, in una lettera al Hendrik Kramers, 27 luglio 1925.

Paul Ehrenfest, in una lettera a Niels Bohr, 19 settembre 1925.

Max Born, in una lettera ad Albert Einstein, 25 agosto 1923.

Thorndike Greenspan, Nancy, 2005, p. 155.

Max Born, in una lettera a Wolfgang Pauli, 23 dicembre 1919.

Max Born, in una lettera ad Albert Einstein, 12 febbraio 1921.

Per il capitolo 2

I riferimenti reali per la scrittura di questo capitolo sono da ricercare in questi testi o lettere, rielaborati e romanzzati dall'autrice.

Thorndike Greenspan, Nancy, 2005, p. 111, 124.

Einstein, Albert, e Max Born, 1971, pag. 63.

Peierls, R.E., 1960, p. 176, 186, 185.

Cassidy, David C., 1992, pag. 109, 191, 196.

Smutn'y, Frantisek 1990.

Comte, Auguste 1842.

Mach, Ernst 1886.

Holton, Gerald 2003.

Frank, Philipp, 1941, p. 6, 7.

Brush, Stephen G., 1980, pag. 407, 409.

Badash, Lawrence, 1972, pag. 49.

Poincaré, Henri 1905.

Smutn'y, Frantisek, 1990, pag. 259.

Wolfgang Pauli, in una lettera a Carl Jung, 31 marzo 1953.

Klein, Martin J., 1970a, p. 35.

Meyenn, Karl von ed Engelbert Schucking, 2001.

Jacobi, Manfred, 2000.

Jones, Quantum Ten, Thomas Allen Publishers, 2008, cap. 7 e 8.

Seppi, Ruth, 2004.

Pais, Abraham, 1991, pag. 201.
Cline, Barbara Lovett, 1965, p. 139.
Wolfgang Pauli, in una lettera a Niels Bohr, 11 febbraio 1924.
Cassidy, David C., 1991, pag. 184, 148, 149, 189.
Lightman, Alan, 2005.
Born, Gustav 2002.
Max Born, in una lettera ad Albert Einstein, 7 aprile 1923.
Heisenberg, Werner, 1971, pag. 46.
Pais, Abraham, 1991, pag. 263.
Schroer, Bert, 2005.
Mehra, Jagdish e Helmut Rechenberg, 2001, p. 56.
Kragh, Helge, 1990, pag. 8, 3, 10.
Pais, Abraham, 1998, pag. 5.
Dirac, Monica 2002.
Dalitz, R.H., e Rudolph Peierls, 1986, pag. 146.
Abragam, Anatole 1988, pag. 28, 27.
Raman, V.V., e Paul Forman, 1969, pag. 296.
Klein, Martin J., 1964c, p. 32.
Louis de Broglie, in una lettera a Abraham Pais, 9 agosto 1978.

Per il capitolo 3

I riferimenti reali per la scrittura di questo capitolo sono da ricercare in questi testi o lettere, rielaborati e romanzzati dall'autrice.

Frank, Philipp, 1947, pag. 117, 206.
Albert Einstein, in una lettera a Paul Ehrenfest, 12 luglio 1924.
Klein, Martin J., 1964c, p. 26, 33, 32, 39.
Abragam, Anatole, 1988, pag. 30, 31.
Raman, V.V., e Paul Forman, 1969, pag. 301.
Elsasser, Walter 1978, pp. 59-61.
Max Born, in una lettera ad Albert Einstein, 15 luglio 1925.
Mehra, Jagdish e Helmut Rechenberg, 2001, p. 374, 62, 64.
Rubin, Harry, 1995, pag. 112.

de Broglie, Louis, 1926.
de Broglie, Louis, 1928.
de Broglie, Louis, 1939.
Nye, Marie Jo, 1997, da 397 a 421.
Darrigol, Olivier, 1993.
Georgie, André, 1953.
Lochak, Georges, 1992.
Aitchison, Ian J.R., David A. MacManus e Thomas M. Snyder, 2004.
Bernstein, Jeremy, 2005.
Jones, Quantum Ten, Thomas Allen Publishers, 2008, cap. 9 e 10.
Hedi Born, in una lettera a Elsa Einstein, 18 novembre 1920.
Albert Einstein, in una lettera a Max Born, 30 gennaio 1921.
Max Born, in una lettera ad Albert Einstein, 21 febbraio 1921.
Born, Max, 1969, pag. 107.
Thorndike Greenspan, Nancy, 2005, pp. 29, 60, 62, 125, 126, 135.
Albert Einstein, in una lettera a Hedi Born, 8 febbraio 1918.
Albert Einstein, in una lettera a Max Born, 27 gennaio 1920.
Max Born, in una lettera a Elsa Einstein, 21 giugno 1920.
Max Born, in una lettera ad Albert Einstein, 12 febbraio 1921.
Max Born, in una lettera ad Albert Einstein, 15 luglio 1925.
Bowen, Marshall, e Giuseppe Coster 1980.
Wolfgang Pauli, in una lettera a Ralph Kronig, 9 ottobre 1925.
Pais, Abraham, 1991, pp. 279-80.
Niels Bohr, in una lettera a Paul Ehrenfest 14 ottobre 1925.
Werner Heisenberg, in una lettera a Wolfgang Pauli, 12 ottobre 1925.
Max Born, in una lettera a Niels Bohr, 10 ottobre 1925.
Niels Bohr, in una lettera a Carl Oseen 29 gennaio 1926.
Goudsmit, Samuel 1971.
Klein, Martin J., 1986, pag. 337.
Pais, Abraham, 1991, pag. 243.
Niels Bohr, in una lettera a Ralph Kronig 26 marzo 1926.
Paul Ehrenfest, in una lettera ad Albert Einstein, 16 settembre 1925.
Albert Einstein, in una lettera a Arnold Sommerfeld nel 1922.
Eckert, M., 2000, p. 152.
Cline, Barbara Lovett 1965, pp. 129-31.
Beller, Mara, 1999b, p. 259, 257.

Honner, John, 1982.
Physique du monde, 1780.
Gingras, Yves, 2001, p. 402.
Niels Bohr, in una lettera a Paul Ehrenfest, 22 dicembre 1925.
Max Born, in una lettera a Niels Bohr dicembre 1925.
Kragh, Helge, 1990, pag. 14.

Per il capitolo 4 e il capitolo 5

I riferimenti reali per la scrittura di questo capitolo sono da ricercare in questi testi o lettere, rielaborati e romanzati dall'autrice.

Faust a Copenaghen, Gino Segrè, 2009, il Saggiatore.
Scienza e fascismo, Roberto Maiocchi, 2004, Carocci.
Fascismo e scienza, di Aldo Gamba e Pierangole Schiera, 2006, il Mulino.
Erwin Schrödinger, Gribbin, Dedalo, 2013.
Fascismo e scienza, Gamba-Scher, il Mulino, 2015.
Personaggi e scoperte della fisica contemporanea, Segrè, Mondadori, 1996.
La fisica dei perplessi, Al Khalili, Bollati Boringhieri, 2014.
Relatività, Einstein, Bollati Boringhieri, 1960,
Le due relatività, Einstein, Bollati Boringhieri, 2015.
Einstein, Philipp Frank, Castelvechi, 2015.
Come io vedo il mondo, La teoria della relatività, Einstein, 1975, Tea.
Il capolavoro di Einstein, Gribbin, Bollati Boringhieri, 2015.
L'universo e Einstein, Barnett, Castelvechi, 2015.
Marie Curie, Olgivie, Greewood Press, 2004.
Che cos'è la vita, Schrödinger, Aldephi, 2012.
L'equazione dell'anima, Miller, Rcs Mediagroup, 2014.
Enrico Fermi, fisico, Segrè, Zanichelli, 1971.
Note e memoria, Fermi, Accademia dei Lincei, 1962.
The physical principles of quantum theory, Heisenberg, Dover Publication, 1930.
Paul Dirac, Kragh, Cambridge University Press, 1990.
Quantum Ten, Jones, Thomas Allen Publishers, 2008.

Fisica e filosofia, Heisenberg, il Saggiatore, 1958.

Per il capitolo 6

I riferimenti reali per la scrittura di questo capitolo sono da ricercare in questi testi o lettere, rielaborati e romanzzati dall'autrice.

Moore, Walter, 1989, pag. 168, 41, 163, 209, 207, 250, 224, 225.

Raman, V.V., e Paul Forman, 1969, pag. 297.

Erwin Schrödinger, in una lettera a Wolfgang Pauli, 8 novembre 1922.

Erwin Schrödinger, nella sua lezione inaugurale, il 9 dicembre, 1922.

Erwin Schrödinger, in una lettera ad Albert Einstein, 3 novembre 1925.

Bloch, Felix 1976, p. 24, 25.

Klein, Martin J., 1964c, p. 43.

Niels Bohr, in una lettera a Ernest Rutherford, 27 gennaio 1926.

Albert Einstein, in una lettera a Michele Besso, 25 dicembre 1925.

Kalckar, Jørgen, 1985, pag. 8.

Thorndike Greenspan, Nancy, 2005, p. 131, 138.

Einstein, Alfred, e Max Born, 1971, pag. 89.

Llewellyn Thomas, in una lettera a Samuel Goudsmit, 25 marzo 1926.

Mehra, Jagdish e Helmut Rechenberg, 2001, p. 618, 639.

Erwin Schrödinger, in una lettera a Willy Vienna, 22 febbraio 1926.

Wolfgang Pauli, in una lettera a Pascual Jordan 12 aprile 1926, Niels Bohr, in una lettera a Werner Heisenberg, 10 aprile 1926.

Kragh, Helge, 1990, pag. 31, 37.

Albert Einstein, in una lettera a Erwin Schrödinger, 14 aprile 1926.

Paul Ehrenfest, in una lettera a Erwin Schrödinger 19 maggio 1926.

Beller, Mara, 1996.

de Regt, Heck W., 1991, pag. 476.

Cassidy, David C., 1992, pp. 216, 217, 152.

Jones, Quantum Ten, Thomas Allen Publishers, 2008, cap. 11, 12, 13, e 14.

Werner Heisenberg, in una lettera a Paul Dirac, 26 maggio 1926.

Kragh, Helge, 1991, pag. 32.

Beller, Mara, 1999a, p. 140, 30; 1999b, p. 261.

Pascual Jordan, in una lettera a Niels Bohr, 29 luglio 1926.
Halpern, Paul, 2004.
Pais, Abraham, 1982, pag. 332.
Dalitz, R.H., e Rudolph Peierls, 1986, pag. 146.
Paul Ehrenfest, in una lettera a Paul Dirac, 1 ottobre 1926.
Elsasser, Walter 1978, pp. 68, 69, 70, 71.
Moore, Ruth, 1966, pag. 146.
Niels Bohr, in una lettera a Ralph Fowler 26 ottobre 1926.
Pais, Abraham, 1991, pag. 300, 303.
Erwin Schrödinger, in una lettera a Niels Bohr, 23 ottobre 1926.
Regt, Heck W., 1991.
Peierls, R.E., 1960, p. 184.
Beller, Mara, 1990, pp. 575, 576, 92, 95, 110.
Wolfgang Pauli, in una lettera a Werner Heisenberg, 19 Ottobre 1926.
Lindley, David, 2007, p. 145.
Werner Heisenberg, in una lettera a Wolfgang Pauli, 9 marzo 1927.

Per il capitolo 7

I riferimenti reali per la scrittura di questo capitolo sono da ricercare in questi testi o lettere, rielaborati e romanzati dall'autrice.
Bacciagaluppi, Guido, and Antony Valentini, pag. 10, 11, 44, 19, 93, 12, 24.
Moore, Walter, 1989, p. 232, 241, 249.
Gehrenbeck, Richard K., 1978.
Beller, Mara, 1996, p. 552.
Pais, Abraham, 1991, p. 310, 311, 303, 320, 316, 311.
Cassidy, David C., 1992, p. 243, 246, 250.
Hendry, John, 1984, p. 124.
Beller, Mara, 1991a, p. 140.
Albert Einstein, in una lettera a Hendrik Lorentz, giugno 17, 1927.
Pais, Abraham, 1982, p. 432, 467, 443.
Werner Heisenberg, in una lettera a Albert Einstein, giugno 10, 1927.
Niels Bohr, in una lettera a Albert Einstein, aprile 13, 1927.

Honner, John, 1982, p. 8.
Howard, Don, 2005, p. 9.
Wolfgang Pauli, in una lettera a Niels Bohr, agosto 6, 1927.
Frans van Lunteren, personal communication, 2007.
Paul Ehrenfest, in una lettera a Goudsmit e Uhlenbeck, 3 novembre 1927
Segrè, Gino, 2007, p. 158, 159.
Thorndike Greenspan, Nancy, 2005, pp. 147, 148, 151, 153.
Moore, Ruth, 1966, p. 164.
Blair Bolles, Edmund, 2004, p. 274, 226, 227.
Bloch, Felix, 1976, p. 25.
Jacobi, Manfred, 2000.
Jones, Quantum Ten, Thomas Allen Pubb., 2008, cap 15, 16, 17, 18.
Kragh, Helge, 1990, p. 57, 61.
Richardson, O.W., 1929.
Holton, Gerald, 2004.
Neffe, Jürgen, 2007, p. 196.
Abragam, Anatole, 1988, p. 39.

Indice

Aperitivo. Introduzione. «L'IPOTESI INIZIALE»

Prima portata. «L'AMALGAMAZIONE DEGLI INVITATI»

(di quando Einstein incontrò Niels Bohr all'anniversario di Lorentz e delle manie dei fisici)

Seconda portata. «LA COMBUSTIONE DEGLI ASSENTI»

(del Bohr Fest a Gottinga e dei racconti su Pauli, Heisenberg e Dirac)

Terza portata. «LA POLARIZZAZIONE EPISTOLARE»

(su De Broglie, sulle lettere più importanti nella vita di Einstein, sulle paure e sui rituali dei fisici)

Quarta portata. «LA TURBOLENZA TEATRALE»

(su Marie Curie, su Schrodinger, sulla pausa sigaretta durante la cena, sulle rappresentazioni teatrali dei fisici, sul suicidio di Ehrenfest)

Quinta portata. «L'OTTIMIZZAZIONE DEGLI ESCLUSI»

(dell'Italia, di Mussolini, di Marconi e di Fermi, della commemorazione di Volta, e della prima lunga esposizione di Niels Bohr)

Sesta portata. «L'IMPLEMENTAZIONE DELLE DISCUSSIONI»

(delle battute di Einstein sulla relatività, dei tic dei fisici, del problema delle conclusioni e altre regole dei fisici, della funzione d'onda e del principio di indeterminazione)

Settima portata. «L'ACCELERAZIONE DELLE CONCLUSIONI»

(sullo scontro tra Einstein e Bohr al tavolo, sul V Congresso Solvay, sui

giochi dei fisici, sulla foto con il più grande ritrovo di cervelli della storia)

Aggiunte varie. «IL COROLLARIO DEL FINALE»

The Road Not Taken

Ringraziamenti

Ingredienti (bibliografia e altre cose)

Riferimenti e note

www.illibraio.it



Il sito di chi ama leggere

Ti è piaciuto questo libro?
Vuoi scoprire nuovi autori?

Vieni a trovarci su illibraio.it, dove potrai:

- scoprire le **novità editoriali** e sfogliare le prime pagine **in anteprima**
- seguire i **generi letterari** che preferisci
- accedere a **contenuti gratuiti**: racconti, articoli, interviste e approfondimenti
- **leggere** la trama dei libri, **conoscere** i dietro le quinte dei casi editoriali, **guardare** i booktrailer
- iscriverti alla nostra **newsletter settimanale**
- unirti a **migliaia di appassionati** lettori sui nostri account **facebook**, **twitter**, **google+**

« La vita di un libro non finisce con l'ultima pagina »

IL LIBRAIO