



COPENAGHEN

INDICE

- I. CONTESTO STORICO
- II. REALTÀ E FINZIONE
- III. IL CONFLITTO DI HEISENBERG: ASSASSINIO O TRADIMENTO
- IV. INDETERMINAZIONE DELLA VERITÀ
- V. GLOSSARIO

Materiale a uso didattico realizzato durante il progetto di ALTERNANZA SCUOLA LAVORO dagli studenti delle classi III C, III D, III E, III F e III G del Liceo Scientifico Castelnuovo: Lisa Ruth Andreozzi, Emilio Ciocca, Caterina Fiaschi, Luna Goetz, Livia Malavolti, Ilaria Marri Malacrida, Maria Pelaia e Camilla Polleschi.

TUTOR SCOLASTICO E REFERENTE ASL: Prof.ssa Guya Allodi

TUTOR AZIENDALE: Adela Gjata

Hanno collaborato: Valentina De Matteis, Tommaso Palazzini

I. CONTESTO STORICO

Il 1° settembre 1939 la Germania diede inizio alla Seconda guerra mondiale, che vide contrapporsi la nazione tedesca, con il Giappone e l'Italia contro gli Alleati ovvero gli Stati Uniti, la Francia, l'Inghilterra e l'Unione Sovietica.

Il 9 Aprile 1940 la Danimarca venne occupata dalla Germania: i tedeschi lasciarono sul trono il re danese, concedendo alla Danimarca di mantenere il proprio ordinamento, trasformando formalmente l'occupazione in "cooperazione". I danesi rimasero fedeli alle proprie idee, specialmente in ambito giuridico e morale, in più continuarono ad amministrare autonomamente gli affari interni; infatti, gli ebrei danesi non dovettero mai portare la stella gialla, usata dai nazisti per identificarli.

Nell'estate del 1943 le sconfitte tedesche diffusero la convinzione che la Germania stesse perdendo la guerra, di conseguenza in Danimarca si intensificarono scioperi e sabotaggi, che portarono alla risoluzione della "cooperazione" tra i due Stati. Gli occupanti nazisti, dietro disposizioni del Führer, decisero così di imporre misure sempre più restrittive: il 1° ottobre dello stesso anno iniziò in Danimarca la deportazione degli ebrei. Questo atto causò una mobilitazione di massa, coordinata dal Movimento di Resistenza danese, che consentì l'evacuazione clandestina di una grande fetta della popolazione ebraica verso le rive della neutrale Svezia; quando i tedeschi misero in atto l'ordine arrivato da Berlino, furono trovati soltanto gli ebrei più anziani.

Nel 1945 gli Stati Uniti, con l'aiuto scientifico e militare del Regno Unito e del Canada, riuscirono a realizzare la prima bomba atomica precedendo i tedeschi, i quali ci stavano lavorando da tempo. La bomba atomica fu usata in ambito militare contro la città di Hiroshima, il 6 agosto 1945, e, il 9 agosto 1945, contro quella di Nagasaki in Giappone.

La guerra si concluse il 2 settembre 1945 con la vittoria degli Alleati.



Figura 1 - Opera anonima

*Luna Goetz
Ilaria Marri Malacrida
Camilla Polleschi*

II. REALTÀ E FINZIONE



Figura 2 - Porto di Copenaghen, Giovanni Altamura, 1874

“Quando un’opera di finzione tratta di personaggi storici è ragionevole voler sapere quanto di essa sia finzione e quanto invece sia storia”. Così esordisce Michael Frayn nel *Post Scriptum* della sua opera *Copenhagen*, con la quale propone delle plausibili, sebbene fittizie, alternative di come si sia svolto l’incontro del 1941 tra i due fisici Heisenberg e Bohr.

Nonostante molti elementi dell’opera siano frutto dell’immaginazione, l’evento principale è realmente accaduto: Heisenberg andò effettivamente a Copenaghen nel 1941, ed

ebbe un incontro con Bohr. Cosa si dissero realmente i due è argomento di discussione, e se il testo teatrale è ambiguo su ciò che accadde, lo sono anche i ricordi degli stessi partecipanti.

Un primo tentativo di ricostruzione storica dell’accaduto fu attuato dallo stesso Heisenberg nel 1947, quando, con il suo tutore britannico Ronald Fraser, si recò a Copenaghen, per cercare un terreno comune sulla faccenda con Bohr. I due non riuscirono tuttavia a essere concordi su una versione dei fatti. È, quindi, a questo punto che il testo teatrale si allontana dai dati storici, supponendo che tutti i coinvolti discutano ulteriormente la questione, fino a giungere a tre possibili versioni dell’accaduto.

Per quel che concerne l’incontro del 1941, le incognite storiche sono molte. Una tra tante riguarda il luogo in cui si svolse la conversazione: Bohr parla della “nostra conversazione nella mia stanza all’Istituto”, ovvero l’Istituto Niels Bohr di Copenaghen, mentre Heisenberg ricorda di aver visitato la casa dei Bohr a Carlsberg, e di aver avuto la conversazione cruciale durante una passeggiata.

Un’altra principale incognita è legata alle motivazioni per cui Heisenberg si recò a Copenaghen, e a cosa si dissero i due. Se si tiene conto del contesto storico che fa da sfondo a questi fatti (cfr. Contesto storico), acquisisce ancora più valore la lettera che scrisse Bohr nel 1957: “Era in questione un grande problema per l’umanità, in cui, nonostante la nostra personale amicizia, noi dovevamo essere considerati come rappresentanti di due parti impegnate in un combattimento mortale”. Heisenberg infatti era tedesco, mentre Bohr nel 1943 fu costretto a fuggire dalla polizia tedesca in Svezia.

La sovrapposizione di realtà storica e immaginazione non si presenta solo negli avvenimenti, ma anche nei profili dei personaggi. Per quanto sia impossibile riprodurre con esattezza il carattere e il pensiero di Heisenberg, Bohr e la moglie Margrethe, Frayn ha basato ogni dettaglio dell’opera su testimonianze scritte. Per quanto riguarda Bohr, la storia ce lo descrive come un uomo famoso per il suo tono di voce debole e inarticolato e per la sua bontà e amabilità. Queste caratteristiche vengono riprodotte fedelmente da Frayn, anche se egli stesso dice che il suo Bohr è “necessariamente un po’ più coerente [...], molto più convincente e incisivo”.

Il problema per Margrethe, invece, è la scarsità di materiale biografico su cui basarsi. Le fonti riportano però che fosse amata e benvoluta da tutti, e che avesse un carattere molto fermo e deciso, tanto da essere soprannominata “Dronning”, ossia “Regina”. Anche nel suo caso, l’autore cerca per quanto possibile di

restituire un'immagine coerente con le fonti storiche, soprattutto per quanto riguarda la sua forte avversione nei confronti di Heisenberg, anche se egli stesso ammette che probabilmente la vera Margrethe era "più graziosa e riservata".

Per quanto riguarda Heisenberg, invece, la questione è ben più complicata, a causa della sua elusività e della sua ambiguità. La documentazione è confusa e contraddittoria. La storia infatti ci racconta che egli, a capo di uno dei programmi nucleari militari tedeschi, lavorò sulle applicazioni dell'atomismo a scopi bellici, inventando un reattore nucleare, ma senza riuscire a creare una bomba atomica prima della fine del conflitto. Questo fallimento è legato al fatto che l'ordigno deve essere composto da un particolare isotopo dell'uranio, molto poco diffuso in natura ed estremamente difficile da ricavare. Heisenberg, come gli altri scienziati dell'epoca, era convinto che fosse necessaria una quantità enorme di uranio, dell'ordine delle tonnellate, quando in realtà sarebbe bastata una cinquantina di chili. Non arrivò mai a questa conclusione, poiché non svolse il calcolo che lo avrebbe portato a scoprire quanto fosse realmente piccola la quantità necessaria. La storia arriva fin qui, l'immaginazione, al contrario, da qui prende lo slancio. Come mai non svolse mai quel calcolo? Per errore matematico? Perché era convinto fosse inutile? O forse per sabotare il regime nazista e la costruzione di una simile arma?

Molti storici e giornalisti hanno tentato di dare una risposta a questo quesito, prendendo anche posizioni diametralmente opposte; alcuni, tra cui lo storico Paul Lawrence Rose e il giornalista Robert Jungk, hanno identificato in Heisenberg il fallimento della cultura tedesca. Secondo la loro tesi, dopo la fine del conflitto, il fisico avrebbe falsamente affermato di aver da sempre sabotato il programma nucleare. Stando alle fonti, questa rivendicazione è dubbia. Al contrario, il giornalista Thomas Powers sostiene che Heisenberg abbia realmente sabotato il programma tedesco, riuscendo infine a farlo fallire.

Questa vicenda è dunque frutto di un'immaginazione basata su fonti storiche complesse e contraddittorie. In questo caso, la storia stessa non è in grado di descrivere la realtà dei fatti, ma può solo fornire dati su cui è possibile formulare le più svariate congetture. Del resto, come afferma lo stesso Frayn: "La storia non è ciò che accade mentre accade, ma ciò che agli uomini sembra sia accaduto quando guardano indietro".

Maria Pelaia

III. IL CONFLITTO DI HEISENBERG: ASSASSINIO O TRADIMENTO

Nonostante l'opera si incentri sull'incontro tra Heisenberg e Bohr a Copenaghen nel 1941 e degli avvenimenti di quel periodo storico, uno dei temi principali trattati è l'etica e il conflitto interiore di Heisenberg.

Infatti, nei dialoghi dei due personaggi maschili, entrambi fisici teorici, emergono molti contrasti tra la morale e il progresso scientifico. È impossibile la coesistenza di queste due entità nella vita dei nostri personaggi: si trovano costretti a scegliere tra una delle due. La scelta più difficile è quella di Heisenberg che si trova davanti ad un bivio: tradire la propria patria (la Germania) o lavorare alla creazione di un'arma letale di massa per il governo nazista, andando avanti con la ricerca scientifica. Il principio etico si può ricollegare al principio di indeterminazione, scoperto dallo stesso Heisenberg. Come è impossibile conoscere due grandezze di un elettrone con precisione nello stesso istante, così sembra impossibile percorrere entrambe le strade.

Per questo, quando Heisenberg si trova davanti al bivio ha paura delle conseguenze che ciascuna scelta porterebbe: da una parte, la costruzione della bomba causerebbe un omicidio di massa la cui colpa ricadrebbe anche sullo scienziato tedesco; dall'altra, la scelta di sottrarsi alla progettazione dell'arma sarebbe stato considerato tradimento della patria e del governo nazista, che lo avrebbe condannato a morte.

Heisenberg, al contrario di ciò che i suoi colleghi pensavano, decide di prendere parte alla resistenza attiva, cioè fingere di collaborare con il governo nazista per poi sabotare il sistema dall'interno. Il suo piano era di rallentare il più possibile la progettazione della bomba atomica, rimanendo allo stesso tempo a capo delle ricerche per evitare che un suo collega filonazista prendesse il comando. Per riuscire nel suo intento, Heisenberg omette cruciali informazioni quali la massa critica e la formazione di plutonio nel reattore; inoltre procede molto lentamente con le ricerche e chiede al governo pochi finanziamenti. Questo porta al fallimento del progetto della bomba atomica.

È vero che Heisenberg era sottoposto a pressioni contraddittorie, che gli rendevano molto difficile spiegare ciò che aveva cercato di fare. Voleva prendere le distanze dai nazisti, ma non voleva far credere di essere stato un traditore. Era riluttante a dichiarare ai suoi compatrioti di aver deliberatamente fatto perdere la guerra alla Germania, ma non era nemmeno ben disposto se far capire di averli delusi per sue scarse capacità. Nonostante i suoi sforzi per evitare che la Germania avesse in possesso un'arma tanto letale, continua ad essere considerato un filonazista che ha tentato l'impresa di costruire la bomba atomica ma fortunatamente non vi è riuscito. Questi hanno giudicato non tanto l'etica e le intenzioni di Heisenberg quanto il suo patriottismo e il suo desiderio puramente scientifico. Al contrario fisici che hanno contribuito allo sviluppo del progetto della bomba atomica, come Bohr, non sono passati alla storia sotto il nome di 'assassini'. Occorre ricordare, inoltre, che i fisici teorici durante la guerra hanno avuto un ruolo decisivo nell'esito del conflitto. Heisenberg seguendo la sua etica raggiunse il suo obiettivo: i suoi saldi principi fecero fallire il programma tedesco, salvando, almeno per qualche anno, l'umanità.

*Caterina Fiaschi
Livia Malavolti*



Figura 3 - Werner Heisenberg (1901 - 1976), elaborazione grafica Caterina Fiaschi

IV. L'INDETERMINAZIONE DELLA VERITÀ

“L'uomo è misura di ogni cosa, di quelle che sono in quanto sono e di quelle che non sono in quanto non sono.”

La citazione di Protagora ripresa anche nel testo è calzante per tutto il corso della storia conosciuta: quest'ultima dal momento della sua nascita è sempre stata soggetta ad ellissi, un'ellissi storica. La legge darwiniana del più forte porta a una totale perdita del punto di vista dello sconfitto, creando una versione della realtà non completa poi percepita come “oggettiva” nonostante si adotti la prospettiva del vincitore; si pensi ai Vangeli apocrifi. Celebri rimangono gli esempi in cui questo concetto, però, non si concretizza: la battaglia di Kadesh (1275 a.C.) è uno di questi. Non si conosce l'esito dello scontro tra Egizi e Ittiti, infatti entrambe le fazioni, tornate in patria, si assegnarono la vittoria. Questo aneddoto si configura come “monito” della plasmabilità della verità storica.

La verità o, meglio, la sua assenza, è uno dei temi fondamentali di *Copenaghen*. Premesso che Frayn non esplicita mai il concetto dell'indeterminazione della verità, nel testo teatrale si possono tuttavia individuare tre principali variabili che alterano l'evento storico: la memoria, influenzata dall'età e dal tempo che passa; gli obiettivi che colui che offre la sua testimonianza vuole ottenere nel breve termine e, più di ogni altra cosa, la variabilità della realtà in quanto percepita da persone con vissuti e interiorità diverse.

È curioso come queste tre componenti interagiscano tra loro tanto da ricordare l'enunciato del principio di indeterminazione di Heisenberg (cfr. glossario), che può essere quindi applicato anche alla verità. Supponendo che la memoria sia una variabile “indipendente”, ovvero ammettendo un certo grado di errore involontario nel racconto (dato dalla natura umana del testimone), le altre due variabili non sono riconoscibili congiuntamente. Infatti non si può mai capire con certezza quanto un racconto sia veritiero, poiché frutto di nuove intenzioni, che ne plasmano l'essenza. Oltretutto ogni persona vive diversamente un evento modellandolo a pro di sé stessa. Non si può infatti dedurre se le informazioni ricevute corrispondano alla realtà o alla necessità dell'uomo.

In seconda analisi, se si conosce quali sentimenti mossero un'azione, non possiamo conoscere il fine per cui la si riporta, e, viceversa, conoscendo l'obiettivo di chi la rilascia non possiamo sapere cosa essa provasse al momento dell'evento. Poiché, conoscendo una delle due variabili si è a nostra volta influenzati rispetto al racconto; come l'orbita di un elettrone, che varia quando è colpita da un fotone al fine di studiarla, così si hanno delle riserve su ciò che viene raccontato conoscendone l'obiettivo nel breve o lungo termine.

La verità muta nella mente delle persone: il tempo la offusca e la cela. Così Heisenberg e Bohr risultano confusi, durante l'opera in esame, nel ricordare persino le dinamiche dell'evento.

HEISENBERG	<i>Vedo l'agitarsi di foglie secche sotto i lampioni stradali vicino al padiglione della musica</i>
BOHR	<i>Già, perché secondo te era ottobre!</i>
MARGRETHE	<i>Mentre invece era settembre.</i>
BOHR	<i>Non c'erano foglie secche!</i>

La seconda variabile presa in considerazione è la motivazione per cui un testimone diretto dei fatti li palesa. Nel testo i personaggi sono mossi dal desiderio di “togliersi un peso” dal petto, come dichiarato da Margrethe parlando ad Heisenberg:

MARGRETHE *No, mi sono tenuta i miei pensieri per me per tutti questi anni. Ma è irritante avere questo figlio intelligente che danza sempre davanti ai nostri occhi, che richiede sempre la nostra approvazione, che fa di tutto per stupirci, che ci prega sempre di dirgli quali sono i limiti per la sua libertà, solo per poi uscire e trasgredirli! Mi dispiace, ma veramente! [...]*

Inoltre, il fisico tedesco desidera redimere la sua immagine. Infatti, nel secondo atto, Heisenberg afferma:

HEISENBERG *Posso solo dire che non l'ho fatto io. Io non ho costruito la bomba. [...]*

Si evince quindi che il fisico non ha costruito la bomba per incompetenza, ma per principio. In questo modo Heisenberg riscatta agli occhi dei suoi interlocutori la propria ricerca. Come dice al fisico danese:

BOHR *Sono io che deve decidere! Se gli Alleati stanno costruendo una bomba, che cosa scelgo per il mio Paese? Hai detto che sarebbe facile immaginare che si possa nutrire meno amore per il proprio Paese se questo è piccolo e indifeso. Già, e sarebbe un altro facile errore pensare che uno ami di meno il proprio Paese perché si dà il caso che sia in errore. Io sono nato in Germania. In Germania sono diventato quello che sono. La Germania rappresenta tutti i volti della mia fanciullezza, tutte le mani che mi hanno risollevato quando cadevo, tutte le voci che mi hanno incoraggiato e mi hanno indicato la strada, tutti i cuori che parlano al mio cuore. La Germania è mia madre vedova e il mio impossibile fratello. La Germania è mia moglie. La Germania è i nostri figli. Io devo sapere che cosa decido per loro! E un'altra sconfitta? Un altro incubo come quello in cui sono cresciuto? [...]*

La battaglia interiore di Heisenberg viene sottolineata dallo stesso autore nel post scriptum:

"[...] Heisenberg era sottoposto a pressioni contraddittorie dopo la guerra, che gli rendevano molto difficile spiegare quello che aveva cercato di fare. Voleva prendere le distanze dai nazisti, ma non voleva far credere di essere stato un traditore. Era riluttante a dichiarare ai suoi compatrioti di aver deliberatamente fatto perdere la guerra alla Germania, ma non era nemmeno ben disposto a far capire di averli delusi semplicemente per incompetenza."

La verità, cruda e pericolosa, vissuta diversamente da persona a persona, compare nel testo di Frayn nella sua fugacità e potenza: in un episodio Heisenberg rischia la vita nel dare a Bohr informazioni fondamentali, di cui però il chimico non recepisce l'importanza; il vecchio maestro, comprensibilmente, si focalizza solo sulle implicazioni delle ricerche scientifiche condotte dall'allievo. Quando si menziona questa conversazione inizialmente Bohr non ricorda nemmeno che sia avvenuto uno scambio di informazioni, mentre per Heisenberg rappresenta il fulcro dell'intera visita. Solo più tardi durante il confronto viene raggiunto un accordo su ciò che il tedesco ha spiegato e la conseguente reazione di Bohr. Esempio e dimostrazione della terza variabile, che va ad indicare le differenti percezioni della verità anche mentre essa viene vissuta.

In conclusione, si può affermare che la verità ha più facce di un dodecagono. Ognuno sceglie la versione che lo fa dormire la notte.



*Figura 4 - Bohr e Heisenberg di fronte alla verità, descritta con le parole di Parmenide (filosofo dell'"essere" e "non essere"),
elaborazione grafica di Caterina Fiaschi*

*Lisa Ruth Andreozzi
Emilio Ciocca*

V. GLOSSARIO

I Protagonisti

- Niels Bohr** Nacque a Copenaghen (Danimarca) il 7 ottobre 1885 da padre danese e madre di origini ebraiche. Con sua moglie, Margrethe, ebrea, ebbe sei figli, due dei quali morirono giovani. Bohr pubblicò il suo modello della struttura atomica, introducendo la teoria degli elettroni che viaggiano in orbite ben definite, che corrispondono ai diversi stadi di energia intorno al nucleo dell'atomo. Questi principi furono alla base della teoria dei quanti. Nel 1922 ricevette il Premio Nobel per la fisica, sviluppò inoltre il principio di complementarità. Morì nel 1962.
- Werner Heisenberg** Nacque a Würzburg (Germania) il 5 dicembre 1901 e fu un fisico tedesco; vinse il premio Nobel per la fisica nel 1932 e fu uno dei fondatori della meccanica quantistica. Allievo di Bohr, nel 1927 introdusse il celebre principio di indeterminazione e insieme a lui formulò l'interpretazione di Copenaghen della meccanica quantistica. Morì il 1° febbraio 1976 a Monaco di Baviera.
- Margrethe Nørlund** Nacque a Slagelse (Danimarca) il 7 marzo 1890, è la moglie di Bohr e fu una compagna indispensabile per il fisico danese, aiutandolo come segretaria, assistente e trascrittrice, aiutandolo con la redazione delle sue scoperte scientifiche. Morì il 21 dicembre 1984 a Copenaghen.

Glossario scientifico

- Bomba atomica** Ordigno esplosivo la cui energia è prodotta dal fenomeno della fissione nucleare. La reazione a catena avviene in forma "incontrollata" e rapidissima.
- Ciclotrone** Acceleratore di particelle elementari (indivisibili) cariche elettricamente: queste, grazie all'aiuto di un campo magnetico, raggiungono velocità altissime, anche simili a quella della luce.
- Elettrone** Particella indivisibile carica di elettricità negativa, che ruota intorno al nucleo dell'atomo di carica positiva. Fu scoperto da Thomson nel 1895 e nel 1910 Rutherford scoprì che ruotava intorno al nucleo.
- Fissione** Reazione in cui avviene una scissione di un nucleo pesante (per esempio l'uranio-235) in due nuclei più piccoli, emettendo così un abbondante rilascio di energia.
- Fotone** Particella elementare e indivisibile della luce che può essere considerata un "pacchetto di energia", per tanto la luce è assorbita o emessa in maniera discontinua, ovvero quanto per quanto. Fu scoperto da Einstein nel 1905.
- Interpretazione di Copenaghen** Interpretazione della meccanica quantistica formulata da Heisenberg e Bohr nel 1927 nella capitale danese. Essa tiene conto dei principi di indeterminazione e complementarità e afferma che: nell'ambito della meccanica quantistica, nonostante si posseggano dati certi di due variabili tra esse connesse, i risultati delle misurazioni di tali variabili non sono prevedibili poiché l'atto stesso del misurare influenza l'esperimento.
- Massa critica** Quantità di un determinato materiale necessaria per far sì che una reazione nucleare a catena possa alimentarsi in modo autonomo. Ciò serve per il funzionamento dei reattori nucleari e per ottenere esplosioni atomiche.
- Meccanica quantistica** Descrive la radiazione e la materia sia come fenomeno ondulatorio che come fenomeno corpuscolare, al contrario della meccanica classica dove la luce è descritta solo come un'onda e l'elettrone solo come una particella.
- Nucleo** Parte centrale dell'atomo costituita da protoni (particelle di carica positiva) e neutroni (particelle di carica neutra, scoperte da Chadwick nel 1932).

Principio di complementarità	Consiste nell'impossibile manifestazione contemporanea dell'aspetto corpuscolare e ondulatorio di un fenomeno fisico; sono entrambi indispensabili per avere un quadro completo del fenomeno.
Principio di indeterminazione	Nella meccanica quantistica il principio di indeterminazione consiste nell'impossibilità di misurare contemporaneamente e con estrema esattezza la velocità e la posizione in un istante della particella elementare presa in esame. Fu dimostrato da Heisenberg nel 1927.
Reattore	Impianto per lo sfruttamento controllato di reazioni di fissione nucleare a catena, capaci di liberare enormi quantità di energia utilizzabile come energia termica.
Spin	Rotazione/ momento angolare delle particelle subatomiche.
Teoria dei quanti	In una trasformazione in cui avviene l'assorbimento o l'emissione di energia, questa viene assorbita o emessa da un oggetto in modo discontinuo (a differenza della fisica classica) secondo quantità ben definite chiamate quanti di luce. Fu scoperta da Planck nel 1900, il quale sostenne che la luce ha una natura corpuscolare (si comporta come una particella) che non esclude la natura ondulatoria (la luce si comporta come un'onda).

*Luna Goetz
Ilaria Marri Malacrida
Camilla Polleschi*