

SOMMARIO

Introduzione	pag. 2
1.Geografia astronomica.....	
1.1 L'acqua all'interno del sistema solare.....	pag. 5
1.2 L'acqua sulla Terra	pag. 9
2. Fisica	
2.1 L'acqua come termovettore.....	pag. 15
2.2 Decadimento radioattivo e tempo di dimezzamento	pag. 18
3. Storia.....	
3.1 Storia di una nuova energia.....	pag. 20
3.2 Il manifesto Russel- Einstein	pag. 34
4. Filosofia	
4.1 Hegel: la filosofia della natura	pag. 36
5. Storia dell'arte	
5.1 L'impressionismo e Monet.....	pag. 38
6. Letteratura italiana e latina	
6.1 Introduzione.....	pag. 41
6.2 Lucrezio.....	pag. 43
6.3 Seneca.....	pag. 46
6.4 Dante	pag. 48
6.5 Foscolo	pag. 50
6.6 Pascoli	pag. 53
6.7 Ungaretti.....	pag. 56
7. Inglese	
7.1 War poets	pag. 60
8. Percorso	pag. 61
9. Carta europea dell'acqua	pag. 62
10. Bibliografia.....	pag. 63

Introduzione

Acqua, aria, terra e fuoco... La storia della scienza nasce proprio riflettendo su questi elementi e sull'ordine naturale delle cose. In Grecia, tra il settimo e il sesto secolo a.C., Talete di Mileto, affascinato dalle sue trasformazioni di stato, trovò nell'acqua il principio primitivo di tutto. Un liquido "magico" che si trasforma in aria (vapore), in fuoco (gas rarefatto) e addirittura in terra (come un suo residuo). "Anassimene, invece, e Diogene considerarono come originaria più dell'acqua, l'aria e, fra i corpi semplici, la considerarono come principio per eccellenza, mentre Ippaso di Metaponto ed Eraclito di Efeso considerarono come principio il fuoco.(...) Pitagora, Empedocle e altri filosofi della natura, infine, sostennero che gli elementi primordiali fossero quattro, aria-fuoco-terra-acqua, che, combinandosi tra loro secondo un modello fissato dalla natura, producessero le qualità specifiche conformemente alle differenze di genere."¹

Aristotele, infatti, appartenente a quest'ultimo pensiero filosofico, delineò la riflessione sulle cause prime come oggetto di scienza o disciplina che definì teoretica.

Nella fisica aristotelica, infatti, ognuno di questi elementi occupava un luogo particolare, determinato in base alla sua pesantezza relativa, o, come diciamo oggi, al suo "peso specifico". Ognuno di essi si muoveva secondo la sua natura in linea retta - la terra verso il basso, il fuoco verso l'alto - verso il suo luogo specifico, dove avrebbe raggiunto lo stato di quiete. Pertanto, terra e aria erano, secondo Aristotele, agli estremi, mentre l'acqua e il fuoco occupavano gli strati intermedi della sfera terrestre.

Il primo elemento che Aristotele prese in esame fu l'acqua, non solo poiché già considerato causa prima da Talete, ma anche perché, scrisse, "gli antichissimi stessi posero Oceano e Teti come autori della generazione delle cose, e dissero che ciò su cui gli dei giurano è l'acqua. Infatti ciò che è più antico è ciò che è più degno di rispetto, e ciò su cui si giura[...]".²

Nel corso delle generazioni l'acqua, quindi, ha costituito, e costituisce ancora, un tema ampio: quello della totalità della vita. Nel pensiero orientale, per esempio, ha un significato simbolico essenziale. È "molle", "debole", e in tale debolezza sta la sua forza. Se dalla montagna il ruscello arriva fino al mare, diventando fiume, ciò è dovuto alla singolare capacità dell'acqua di non affrontare gli ostacoli tentando di superarli. L'acqua non si contrappone a ciò che trova sul proprio cammino, ma piuttosto lo aggira. La lezione è che il debole



L'intero campo del sapere fu diviso, infatti, da Aristotele in tre partizioni: le discipline poietiche (produzione di oggetti materiali), quelle pratiche (comportamenti umani) e quelle teoretiche (finalità conoscitive). Queste ultime furono suddivise in: metafisica (studio dei principi primi); fisica (studio di oggetti esistenti ma mutevoli); matematica (studio di oggetti immutabili ma inesistenti). Oggetto della fisica erano le cause primordiali, esistenti e mutevoli poiché in continuo movimento.

¹ Cfr. Aristotele, *Metafisica*, vol.II, vv.261-264 (a cura di G. Reale), Milano, Vita e Pensiero, 1993.

² Cfr. Aristotele, *La generazione e la corruzione*, vv.188-200, (a cura di M. Migliori), Napoli, Loffredo, 1976.

vince sul forte, che il molle prevale sul duro, e che la vita è tale soprattutto nel bambino appena nato “nella sua morbidezza implume”, mentre non a caso la rigidità suprema coincide con la morte. Nasce inoltre da essa il mito del diluvio universale, riportato dalle tradizioni leggendarie di popoli molto antichi, che, in una certa epoca, ha distrutto tutta l’umanità, tranne pochi eletti. Gli studi geologici condotti nelle zone dove il racconto è più vivo (la zona tra il Tigri e l’Eufrate) hanno rivelato la presenza di tracce di grandi inondazioni legate ai secolari cicli dei disgeli postglaciali. Ma queste inondazioni risultano essersi verificate in epoche e con intensità diverse. Si deve allora pensare che la presenza in tante comunità dello stesso mito risalga a motivi religiosi. Come nelle celebrazioni misteriche, l’iniziato deve morire simbolicamente per poter rivivere in possesso delle autentiche qualità umane, così tutta l’umanità deve passare attraverso la morte per rigenerarsi. E’ significativo il fatto che l’acqua sia considerata la fonte della vita da tutte le tradizioni arcaiche; la vita, dunque, si congiunge con la morte per dare origine ad una nuova vita. L’eletto che si salva galleggia a lungo sulle acque: è il simbolo dell’uomo rigenerato che, dall’acqua portatrice di morte per gli altri, assume le facoltà per una vita totalmente nuova.

La tradizione letteraria greca, infatti, presenta il mito di Deucalione e Pirra, unici superstiti di un diluvio universale mandato da Zeus per punire la malvagità degli uomini. Anche la tradizione ebraica attribuisce la causa del diluvio alla cattiveria degli uomini e racconta il cataclisma nella Bibbia in cui Dio decide di punire l’umanità ed elegge continuatori della stirpe umana Noè ed i suoi figli.

Il diluvio babilonese è narrato nell’Epopèa di Gilgamesh, un poema in lingua assira, tramandato su 12 tavolette rinvenute a Ninive nel secolo scorso. Nell’undicesima tavoletta si parla di un antenato di Gilgamesh, scelto dal dio Ea per ricostituire l’umanità dopo il diluvio e mandato sulla terra per punire la malvagità umana.

E’ importante notare che le tradizioni più svariate insistono su un punto comune: la presentazione del ciclo degenerazione-generazione, sempre con la presenza dell’elemento acqueo, inteso come morte-vita.

Oggi sono svariati, anche, i culti di salute legati alle acque sorgive in una vasta area che va dall’Estremo Oriente (l’immersione nel fiume Gange) all’Occidente cristiano (l’acqua di Lourdes).

Così, dall’acqua, quale elemento naturale, si passa all’adorazione dell’uomo per tale elemento, alla mitologia. “La maggior parte delle divinità greche” scrive infatti Hegel “sono individui spirituali; ma il loro primo punto di partenza era un momento naturale. L’uomo è il vero artefice[...]. L’uomo

dunque esprimeva il significato della natura; l'interpretazione appartiene quindi solo all'uomo. Non era la natura che rispondeva al Greco, ma era l'uomo, incitato dalla contemplazione della natura, che rispondeva a se stesso.”³

La “religione” delle acque è parallela, inoltre, a quella della Terra: Afrodite, dea della creatività e della cultura, nacque sia dal mare che dalla Terra e le prime cosmogonie mediterranee ci raccontano che la vita nacque dal desiderio delle acque e della terra di congiungersi in un'unione feconda. I quattro elementi sono, infatti, rappresentati con nomi divini e in due coppie. Zeus ed Hera, sono fuoco ed etere (coppia celeste), Aidoneo e Nestide terra e acqua (coppia terrestre).

Ma, “perché gli antichi persiani tenevano il mare per sacro? Perché i greci gli fissarono un dio a parte e fratello di Giove?” sono domande antiche e presenti nelle prime pagine di “Moby Dick o la Balena”, romanzo di Hermann Melville fondato sul mito e sull'acqua. La risposta è che “tutto ciò non è senza significato. E ancora più profondo di significato è quel racconto di Narciso che, non potendo stringere l'immagine tormentosa e soave che vedeva nella fonte, vi si tuffò e annegò. Ma quella stessa immagine noi la vediamo in tutti i fiumi e negli oceani. Essa è l'immagine dell'inafferrabile fantasma della vita, e questo è la chiave di tutto”.⁴

L'acqua “*est maxime necessaria et ad vitam et ad delectationes et ad usum cotidianum*”, dice Vitruvio.

Così essa non è mai una sola cosa: è fiume e mare, è dolce e salata, è nemica ed amica, è confine e infinito, è “principio e fine”.⁵

Cosmogonia: mito della creazione (dal greco *kósmos*, mondo e *génésthai*, nascere), a volte definito mito delle origini è la leggenda, il racconto, lo studio di come si sia generato l'universo.

³ Cfr. Hegel G.W.F., *Lezioni sulla filosofia della storia*, vol. II.3, pp.46-47 (tr.it. di G. Calogero e C. Fatta), La Nuova Italia, Firenze, 1963.

⁴ Cfr. Melville H., *Moby Dick o la Balena*, pag.38(tr.it. di C. Pavese), Adelphi, Milano,1987.

⁵ Cfr. N. Abagnano, G. Poerio, *Le tracce del pensiero*, pp.212-213, Torino, Paravia, 2005.

1.1 L'acqua all'interno del sistema solare

La nostra storia comincia in un'epoca lontanissima addirittura 4,5 miliardi di anni fa e in un punto indefinito del Cosmo. Come in ogni altro corpo celeste conosciuto, anche il Sistema Solare ebbe origine da una nebulosa planetaria i cui componenti, oltre che idrogeno ed elio, dovevano essere, in linea di massima, gli stessi che oggi ritroviamo nella composizione di tutti gli altri corpi celesti.

Una parte di questa nube cosmica, definita nebulosa solare, cominciò a collassare su se stessa nel momento in cui una reazione esterna, molto probabilmente l'esplosione di una supernova, ne provocò la perturbazione.

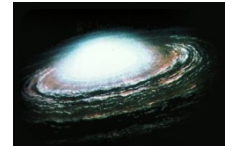
Nella progressiva contrazione la nebulosa assunse la forma di un disco appiattito, al centro del quale si andò addensando un "proto-Sole", via via di maggiori dimensioni. Sempre più distanti dal proto-Sole, ripetute collisioni tra granuli di ghiaccio e polveri portarono all'aggregazione di nuovi corpi, i cosiddetti "planetesimali", i quali, essendo attratti dal proto-Sole in maniera minore, riuscirono ad aggregare sempre più materia con un corrispettivo aumento di massa e di campo gravitazionale. I pianeti cominciarono a subire l'attrazione del corpo centrale, ovvero il proto-Sole, iniziando a ruotarvi intorno, descrivendo delle orbite ellittiche, e aggregando quantità sempre maggiori di materia. Il proto-Sole continuò, invece, a collassare su se stesso con il conseguente aumento di temperatura che fece innescare le prime reazioni nucleari. A questo punto la nuova stella generò una gigantesca esplosione che investì l'intero sistema, spazzando nello spazio interstellare i gas e le polveri residue.

Inoltre il riscaldamento progressivo della stella centrale impedì l'accumulo di ghiacci nei corpi più interni, che si accrebbero soprattutto per l'aggregazione di rocce e metalli (Mercurio, Venere, Terra e Marte), mentre nei corpi più esterni (Giove, Saturno, Urano e Nettuno) i ghiacci si aggiunsero ai materiali rocciosi, determinandone una composizione gassosa. In questa fase, dunque, i ghiacci vennero spazzati alla "periferia" del sistema solare, formando dei nuclei di acqua e altri materiali meno densi che cominciarono ad aggregarsi. Da questo processo si generarono le comete determinando la formazione della fascia di Kuiper e della nube di Oort.

Della natura delle comete si seppe poco fino al 1949, quando l'astronomo americano Fred L. Whipple formulò la teoria in base alla quale le comete sarebbero delle "palle di neve sporca". Le osservazioni successive hanno sostanzialmente confermato le previsioni fatte sulla base di quel modello.

Non appena una cometa abbandona i freddi spazi oltre la fascia asteroidale per avvicinarsi al Sole l'accresciuto calore provoca la sublimazione dei ghiacci e l'espulsione delle polveri, rendendola visibile. Così, attorno ad un nucleo, del diametro di alcuni

Origine del sistema solare.



Le comete.



sublimazione:

transizione di fase di un elemento dallo stato solido allo stato gassoso senza passare per lo stato liquido.

Fusione: passaggio solido-liquido.

Evaporazione: passaggio liquido-gassoso.

kilometri, si forma un alone rarefatto e luminoso, la *chioma*, le cui dimensioni sono spesso simili a quelle di Giove.

I gas e le polveri vengono espulsi praticamente in tutte le direzioni, ma principalmente verso la sorgente di calore, il Sole. Sono poi gli effetti generati da quest'ultimo, ovvero il vento solare, a spingere i materiali verso l'esterno, formando le spettacolari code di polvere e plasma. Ecco perché le code cometarie sono sempre rivolte in direzione opposta a quella della nostra stella.

Ad ogni passaggio dal Sole, dunque, una cometa perde una parte di massa (anche molte tonnellate al secondo), e col tempo diviene meno luminosa, fino ad estinguersi dopo un certo numero di passaggi. Le diverse forze gravitazionali, inoltre, possono influenzarne l'orbita con il conseguente impatto sui pianeti: fu così che, nella fase di "*bombardamento cosmico*", l'**acqua** arrivò sulla Terra e i mari, che ne ricoprono oggi la superficie, sono il risultato di questo processo durato centinaia di milioni di anni.

L'acqua, inoltre, è abbondante anche al di fuori del nostro pianeta, ma è rarissima allo stato liquido, quello più adatto ad ospitare la vita come la conosciamo.

Su Marte, infatti, tre miliardi e mezzo di anni fa fiumi impetuosi scavarono i canyon che "Schiapparelli", nel 1877, ipotizzò essere canali di irrigazione esplicitandone la teoria dell'esistenza di altre forme di vita. Si era ipotizzata, inoltre, la presenza di acqua su Titano, una luna di Saturno, ed Europa, satellite di Giove.

Marte è un pianeta molto simile alla Terra. Classificato tra i pianeti di tipo *terrestre*, quest'ultimo presenta un'inclinazione dell'asse simile a quella del nostro pianeta. Conseguenza di ciò è l'alternarsi delle stagioni che, suddivise in un periodo di rivoluzione pari a 687 giorni, data la maggiore distanza dal Sole, durano circa il doppio rispetto a quelle terrestri.

Inoltre è stata rilevata la presenza di calotte glaciali ai poli, come visibile in figura, che si allargano e si restringono con l'alternarsi delle stagioni. Ciò rappresenta uno dei processi che ne ha modificato la struttura geologica insieme alle conseguenze del bombardamento meteorico (*crateri da impatto*), agli agenti eolici e ad una remota attività vulcanica. Ci sono tracce, infatti, di un'intensa attività vulcanica, ormai cessata, quali la presenza di imponenti vulcani come il *Mons Olympus*, il più grande all'interno del Sistema solare.

L'acqua, inoltre, quale fattore di modellamento, è presente oggi in gran quantità sotto la superficie allo stato di permafrost ed ai poli come ghiaccio ricoperto da ghiaccio secco (anidride carbonica solida). Le cause che hanno consentito lo scioglimento dei ghiacciai in maniera tale da lasciare tracce di un'evidente attività erosiva dell'acqua, però, vengono fatte risalire alle precedenti epoche di eruzione vulcanica che, data la composizione dell'atmosfera (95% di anidride carbonica) ne

*L'acqua all'interno
del sistema solare*

Marte



permafrost: suolo gelato che subisce un brevissimo disgelo superficiale durante le stagioni più calde, mentre rimane ghiacciato permanentemente in profondità.

scaturirono l'effetto serra, ma, anche, al violento impatto di meteoriti.

Anche Titano, satellite di Saturno, presenta una meteorologia e una morfologia molto simili a quelle della Terra. Le immagini inviate dalla sonda Cassini -Huygens dell'ESA (spedizione del 14 gennaio 2005) ne hanno rilevato dei canali che confluiscono in sistemi fluviali fino a sfociare in letti lacustri con caratteristiche notevolmente simili a quelle terrestri. L'ipotesi primaria era che il fluido in oggetto fosse acqua ma, alle temperature del satellite, che raggiungono i -170°C non si sarebbe mai potuta presentare allo stato liquido e gassoso. Pertanto si tratta di metano, mentre quantità di acqua allo stato solido sono riscontrabili nelle attività vulcaniche del pianeta che non hanno generato lava bensì ghiaccio e ammoniaca.

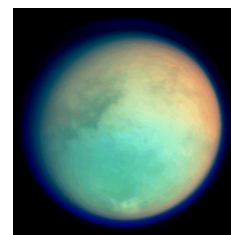
Sebbene, dunque, si verifichino molti dei processi tipici della Terra, la loro chimica è radicalmente diversa. Al posto dell'acqua allo stato liquido, Titano ha metano liquido e i vulcani di eruttano ghiaccio a bassissime temperature.⁶

La medesima sonda Cassini ha riscontrato, inoltre, la presenza di acqua su un'altra luna di Saturno, ovvero Enceladus. Enceladus ha un diametro di 505 chilometri ed è il corpo più splendente dell'intero sistema solare. Si è sempre creduto che fosse fredda, ma ora gli esperti pensano che sia geologicamente attiva e con un sottosuolo caldo. La scoperta più importante è stata quella di una zona particolarmente attiva vicino al polo sud di Enceladus. Qui la superficie della piccola Luna è, sono parole dei ricercatori, "tigrata", percorsa cioè da striature scure e chiare, e sembra disseminata di blocchi di ghiaccio delle dimensioni di una casa. Le zone più scure potrebbero essere punti da cui fuoriesce dal sottosuolo materiale più caldo, anche se sempre ghiacciato, una specie di geyser freddo.⁷

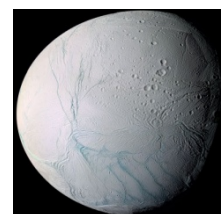
La presenza di acqua su Europa, invece, satellite di Giove, era già nota da diverso tempo. Europa è il secondo dei satelliti Galileiani, e presenta delle dimensioni poco minori rispetto a quelle della nostra Luna. I dati inviati dallo spazio ne hanno indicato una stratificazione interna simile a quella dei pianeti terrestri, con un probabile piccolo nucleo metallico, e dei sottili strati esterni di ghiaccio.

Le immagini della superficie di Europa, inoltre, somigliano molto ai mari ghiacciati sulla Terra. E' possibile, infatti, che al di sotto di questo strato di ghiaccio esista uno strato di acqua mantenuto liquido dal calore generato dalle forze di marea. Se così fosse, Europa sarebbe l'unico posto, Terra esclusa,

Titano



Enceladus



Europa



⁶ www.corriere.it/Primo_Piano/Scienze_e_Tecnologie/2006/03_Marzo/09/saturno.shtml

⁷ www.galileonet.it/Magazine/mag0610/0610_1.html

contenente quantità significative di acqua allo stato liquido.⁸

E più lontano, c'è acqua al di fuori del Sistema Solare? Un satellite della NASA lanciato nel 1998 e alcuni telescopi orbitanti hanno rilevato granelli di polvere e ghiaccio sia nelle regioni interstellari, dove la temperatura è di oltre 240° C sotto lo zero, sia nelle nebulose in cui vi sono delle stelle in formazione e il vapore si trova a migliaia di gradi centigradi. Troppo caldo o troppo freddo perché la vita possa svilupparsi, ma incoraggiante. Se c'è tanta acqua nel cosmo forse esistono sistemi solari con un clima tale da poterla ospitare in forma liquida e far da culla alla Vita. Insomma, “guardando” il cosmo ci si accorge di quanto siamo stati fortunati a nascere e vivere su un pianeta, la Terra, che si trova alla distanza giusta dal Sole, e con quella pioggia di comete che ci hanno permesso di disporre di acqua in abbondanza. E' straordinario pensare anche all'enorme quantità di molecole che, dopo un viaggio lunghissimo, sono arrivate qui, sulla Terra, per creare tutto ciò che vediamo intorno a noi.

In una singola goccia d'acqua ci sono migliaia di volte più molecole che stelle nella nostra galassia: è come essere sospesi tra l'infinitamente grande e l'infinitamente piccolo dentro questa nostra delicata e solitaria goccia d'acqua.⁹

⁸ www.esa.int/esaCP/SEMLKD81Y3E_Italy_0.html

⁹ Palmieri- Parotto, *La Terra nello spazio e nel tempo*, Bologna, Zanichelli editore, 2002

1.2 L'acqua sulla Terra

Sulla Terra l'acqua occupa la maggior parte della superficie (circa il 70%), dove si trova oltre che allo stato liquido, allo stato solido (ghiaccio e neve) e allo stato di vapore acqueo (umidità atmosferica) che a sua volta, condensando in minute goccioline e cristalli di ghiaccio, forma le nubi. Rappresenta inoltre un fondamentale fattore geomorfologico, cioè di modellamento del paesaggio (attraverso l'erosione) e climatico (regolando la temperatura ambientale attraverso i meccanismi di evaporazione-condensazione, le precipitazioni e le correnti oceaniche), senza contare che è una delle più importanti sostanze utilizzate dall'uomo nell'attività agricola e industriale, oltre che nell'esistenza quotidiana, in cui assolve funzioni assolutamente insostituibili. La quantità totale è stimata in 1,5 miliardi di km cubi. Di questa il 94% è costituito da acqua salata (oceani e mari) e il restante 2,6% da acqua dolce presente sulle terre emerse che, per la maggior parte è "intrappolata" in ghiacciai e racchiusa in falde sotterranee. L'esistenza di queste acque, dolci e salate, è legata, ovviamente, al fatto che il vapore acqueo presente nell'atmosfera non rimane statico, ma prima o poi condensa in gocce di pioggia, e talora si trasforma in gocce di neve oppure in grandine.

L'acqua di precipitazione può dare origine a due tipi differenti di deflusso:

- profondo, se, essa penetra nel sottosuolo per infiltrazione, alimentando le falde acquifere;
- superficiale, se si concentra nei fiumi per poi ritornare direttamente negli oceani.

Una minima parte, inoltre, presente nel suolo, torna direttamente nell'atmosfera evaporando, mentre un'altra viene assorbita dalle radici delle piante e trasportata alle foglie, per essere poi di nuovo liberata tramite la traspirazione, che ha luogo attraverso l'apparato fogliare.

L'insieme dei processi, dunque, che consente all'acqua di "lasciare gli oceani, immergersi nell'atmosfera, raggiungere le terre emerse, per poi ritornare agli oceani" costituisce il *ciclo dell'acqua* o *ciclo idrologico*, che si realizza mediante le variazioni di stato dell'elemento ed è costantemente alimentato dall'energia solare.

Come abbiamo visto la maggiore percentuale di acqua di precipitazione in parte penetra nel terreno e in parte defluisce superficialmente. La penetrazione dell'acqua nel terreno, ovvero l'infiltrazione, dipende da diversi fattori. Uno di questi è la permeabilità delle rocce, che, a sua volta, è data dalla porosità del materiale e dal grado di fratturazione della roccia stessa. In una roccia, infatti, particolarmente permeabile, attraversata da acque profonde, si costituisce un acquifero, capace di

Il ciclo dell'acqua



Le falde idriche

Permeabilità:

proprietà delle rocce o dei terreni; rappresenta la capacità di essere attraversati dai fluidi.

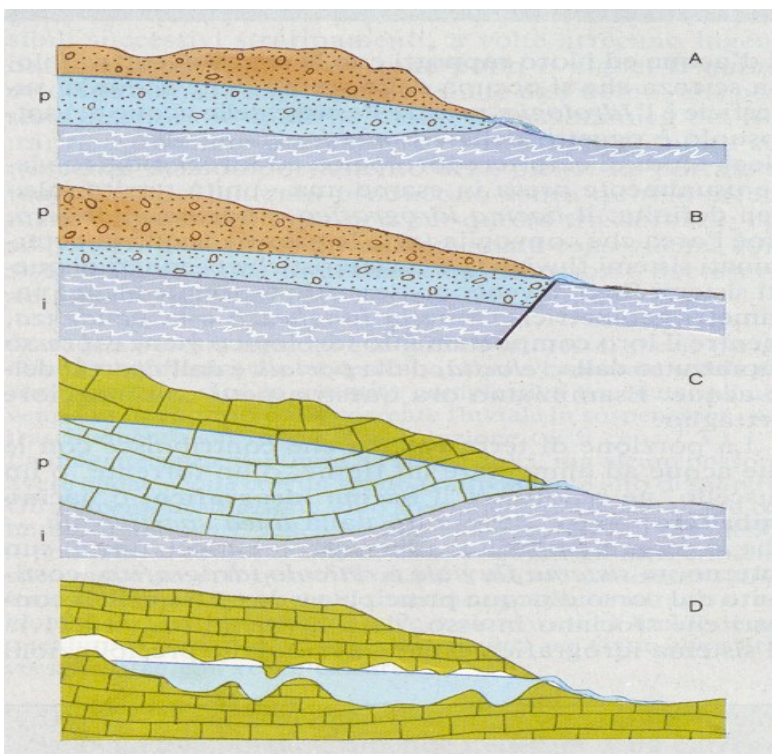
porosità: rapporto tra il volume dei vuoti (*pori*) ed il volume totale.

alimentare sorgenti e pozzi; rocce sotterranee impermeabili, invece, che ostacolano o impediscono il movimento delle acque, gli *acquicludi*, consentono l'accumularsi dell'acqua nell'acquifero con la successiva formazione della *falda idrica*.

La falda idrica, se non limitata superiormente da una superficie da una superficie freatica, può formare una *falda freatica*, capace di giungere anche a contatto con il terreno. Se l'acquifero, invece, è imprigionato tra due acquicludi si formerà una *falda imprigionata* in cui l'acqua, sottoposta a pressione, tenderà a riemergere spontaneamente dai "pozzi artesiani".

La maggior parte delle volte le acque del sottosuolo riemergono formando delle sorgenti che, a seconda delle loro caratteristiche, possono essere di diverso tipo, ovvero:

- di *deflusso*, quando un strato permeabile inclinato affiora lungo il versante di una valle (figura A);
- di *sbarramento*, analoga a quella precedente, ma sbarrata da un ostacolo laterale (figura B);
- di *trabocco*, quando l'acqua sgorga ai lati di un letto concavo che raccoglie più acqua di quanto ne possa contenere (figura C);
- *carsiche*, quando le acque sboccano dopo aver "attraversato" le innumerevoli cavità presenti in una roccia calcarea elaborata dal carsismo (figura D).



Possono, inoltre, essere:

- *perenni*, se non si estinguono mai nel corso dell'anno;
- *temporanee*, se si estinguono almeno una volta all'anno;
- *intermittenti*, se erogano acqua ad intervalli più o meno regolari.

In base alla loro temperatura, infine, si hanno:

pozzi artesiani:
attraverso le
trivellazioni del terreno
è possibile prelevare
l'acqua per condurla in
superficie

Le sorgenti



Con il termine di **carsismo** si indica l'attività chimica dell'acqua, soprattutto su rocce calcaree, ad opera di precipitazioni rese leggermente acide dall'anidride carbonica presente nell'atmosfera. La parola ha origine dal nome della regione dove inizialmente questo fenomeno è stato studiato, il Carso Triestino.

- *sorgenti fredde*, con temperature inferiori a 20°C;
- *sorgenti termali*, tra i 20°C e i 50°C;
- *sorgenti acro termali*, con temperature superiori a 50°C.

La quantità d'acqua che sgorga dalle sorgenti, cioè la loro portata, si misura in litri al secondo e varia moltissimo da caso a caso.

Le sorgenti, inoltre, insieme alle piogge e agli eventuali scioglimenti di nevi o ghiacci, sono tra le fonti di alimentazione principale dei fiumi, quali corsi d'acqua perenni. La porzione di terra emersa che contribuisce ad alimentare un fiume con le sue acque viene definita *bacino idrografico* o *imbrifero*, delimitato da una *linea spartiacque* (che lo separa dai fiumi adiacenti), e comprendente un *sistema fluviale* o *reticolo idrografico* costituito dal corso d'acqua principale e da tutti gli affluenti. Il fiume, infine, può anche essere alimentato da acque sotterranee con la coesistenza, in questo caso, di un *bacino idrografico* e uno *idrologico*.

Lo studio dei fiumi consiste nella rilevazione di alcuni parametri geometrici, quali la *lunghezza* e la *pendenza*, e nell'esame del loro comportamento idrologico, valutandone la *velocità*, la *portata* e l'*energia delle acque*.

- La *lunghezza* di un fiume dipende dalla zona in cui esso scorre. Non a caso i fiumi più lunghi attraversano i grandi continenti in cui le distanze tra il bacino e la foce possono anche essere di migliaia di chilometri.
- La *pendenza* è il rapporto tra "il dislivello esistente tra la sorgente e la foce" e la lunghezza del suo percorso. Quest'ultima può assumere valori differenti anche in uno stesso fiume, pertanto, dividendo comunemente il fiume in tre parti (*corso superiore*, tra la sorgente e la pianura; *corso medio*, in pianura; *corso inferiore*, in vicinanza alla foce) è possibile calcolarne il valore indicativo di *pendenza media*.
- La *velocità*, come la pendenza, varia lungo uno stesso fiume e dipende anche da questa. Essa, infatti, è maggiore lungo il tratto montano (dove la pendenza è maggiore) mentre diminuisce progressivamente nel tratto in pianura e in prossimità della foce.
- La *portata* esprime, in metri cubi al secondo, il volume dell'acqua che passa in un'unità di tempo. È possibile distinguere, per uno stesso corso d'acqua, una portata media, una minima (detta *portata di magra*), che può essere dovuta ad un particolare poco piovoso, e una massima (detta *portata di piena*), dovuta a precipitazioni abbondanti o eventuale scioglimento di nevi o ghiacciai. Si individua, inoltre, nello studio di un fiume, la *portata solida*, ovvero la quantità complessiva dei materiali trasportati dalla corrente.
- La variazione della portata di un fiume durante l'anno prende il nome di *regime*.

I fiumi



Fiumi: solo quei corsi in cui l'acqua scorre tutto l'anno (**perenni**); quelli che durante le stagioni non piovose sono asciutti (**intermittenti**) prendono il nome di torrenti.

Idrologia: scienza che si occupa dello studio delle acque superficiali.

Idrogeologia: scienza che si occupa delle acque del sottosuolo

Questo è strettamente legato alle condizioni climatiche, all'afflusso meteorico, e alle caratteristiche del suo bacino idrografico. Pertanto il regime di un fiume è altamente variabile, presentando condizioni di deflusso non costanti, e può essere considerato significativo se calcolato in un arco di tempo di almeno un trentennio.

- L' *energia della corrente fluviale*, infine, dipende dalla velocità e dalla portata di un fiume.

I fiumi, come abbiamo visto, vengono alimentati dalle sorgenti, dalle precipitazioni e da eventuali affluenti. A loro volta, però, possono, anziché giungere direttamente al mare, sfociare nei *laghi*, diventandone gli *immissari*, o, viceversa, asportare l'acqua in eccesso dei laghi al mare, diventandone gli *emissari*. In termini fisici i laghi possono essere definiti come masse d'acqua, per lo più dolce, raccolta in depressioni naturali della superficie terrestre, senza comunicazione diretta con il mare. A seconda delle origini e delle caratteristiche geologiche e geomorfologiche possono essere classificati in :

- laghi di *escavazione glaciale*, di *circo* o *vallivi*. I laghi di circo occupano le conche scavate dai ghiacciai durante le ere glaciali, e si trovano, generalmente, al di sopra dei 2000 m di quota, i laghi vallivi, invece, occupano un tratto terminale di valle, scavato dalle parti più basse dei ghiacciai ormai spariti.
- laghi di *sbarramento*, originati dall'ostruzione di un tratto di valle, causato da una frana, da un accumulamento di materiale, da una colata di lava ecc...
- laghi *carsici*, occupanti delle depressioni di origine carsica;
- laghi di *cavità tettonica*, situati in avvallamenti prodotti da movimenti della crosta terrestre;
- laghi craterici, situati nei crateri di vulcani ormai spenti;
- laghi *relitti*, cioè masse d'acqua di origine marina, rimaste isolate in seguito a terremoti o abbassamenti del livello del mare;
- laghi *costieri*, formati per accumulo di sabbia che sbarra le acque, generando le lagune.
- laghi di *sbarramento artificiale*, generati dalla costruzione di dighe, ad opera dell'uomo, ed utilizzati per la produzione di energia elettrica o per l'irrigazione.

Tra le proprietà principali dei laghi, invece, ricordiamo:

- il *colore*, che secondo la scala istituita dal geografo svizzero Ferel, si suddivide in 11 tonalità, dall'azzurro al giallastro;
- la *temperatura delle acque*, strettamente connessa all'altitudine, alla profondità del lago e ai caratteri climatici locali;
- la *salinità*, relazionata alle origini lacustri e alla quota. Se, infatti, il lago, di origine marina, si trova ad una

Afflusso meteorico: quantità di acqua che cade in un bacino sotto forma di pioggia o neve.

Deflusso: quantità d'acqua, in metri cubi, che un fiume porta al mare in un anno.

I laghi



quota inferiore rispetto al livello del mare, soggetto ad evaporazione esso tenderà a raggiungere un grado di salinità nettamente maggiore rispetto a quello del mare (es. Mar Caspio)

- la *dinamica*, cioè l'insieme dei movimenti delle acque, connessi all'immissione ed emissione delle acque, al vento e alla pressione atmosferica. Nel caso di grandi laghi si parla, addirittura, di effetti di marea.

La maggior parte dei laghi, infine, ha una vita relativamente breve in quanto vengono "cancellati" sia dall'interramento, dovuto alla sedimentazione in corrispondenza degli immissari, sia all'erosione della soglia (punto più basso del bordo della conca lacustre) ad opera dell'emissario.

Altri tipi di acque continentali sono le paludi e gli stagni, distese di acque basse ospitate in leggere depressioni spesso sotto il livello del mare, e le marenne, estese piane acquitrinose prossime al mare.

Il problema che oggi accomuna le acque continentali è l'inquinamento, che comporta considerevoli conseguenze dirette e immediate per l'uomo, soprattutto nel caso delle acque dolci. Le cause di inquinamento idrico sono principalmente connesse all'immissione di effluenti urbani, industriali e agricoli che interessano sia le acque superficiali, sia le acque sotterranee o di falda. Specifiche forme di inquinamento delle acque sono quelle provocate da petrolio e quelle connesse agli scarichi di acqua ad elevata temperatura (inquinamento termico o da calore). Il petrolio è l'inquinante marino più diffuso a causa della pratica delittuosa di scaricare in mare dalle petroliere le acque di lavaggio delle cisterne, del ripetersi di incidenti che coinvolgono le petroliere, dell'estrazione di petrolio dalle piattaforme marine continentali. L'inquinamento termico, invece, è dovuto in gran parte al crescente impiego di acqua nei processi di raffreddamento industriali. L'aumento della temperatura dell'acqua ha, come primo effetto, la diminuzione dell'ossigeno; inoltre accelera tutti i processi di sviluppo delle forme di vita acquatica, accentuandone il fenomeno di eutrofizzazione. Recenti esperienze hanno però appurato che gli effetti più gravi dell'inquinamento termico sono dovuti agli improvvisi abbassamenti di temperatura che provocano, negli animali ormai adattati ad un ambiente più caldo, i cosiddetti "stress freddi", che possono anche essere letali. È da sottolineare, inoltre, che le acque naturali possiedono un potere auto depurante, che si manifesta nella capacità di decomporre biologicamente (biodegradare) le sostanze organiche di provenienza animale e vegetale, e anche alcune sintetiche. Questa capacità è dovuta all'azione di microrganismi presenti nelle acque, che sono in grado di demolire i materiali biodegradabili prima citati. Tale processo, però, avviene in presenza di ossigeno, ovvero in condizioni aerobiche, che i microrganismi trovano disciolto

*L'inquinamento
delle acque*



Eutrofizzazione:
eccessivo
accrescimento di piante
acquatiche, per eccesso
di dosi nutritive

nelle acque. Le sostanze inquinanti possono provocarne l'esaurimento totale. Per la conseguente asfissia degli esseri che vivono nelle acque muoiono miliardi di batteri aerobi, che normalmente mantengono l'acqua depurata; a questi si sostituiscono i batteri anaerobi, che contribuiscono alla putrefazione dell'acqua.

Le principali fonti di inquinamento dei fiumi e dei laghi sono:

- le acque residuali urbane;
- le acque di scarico delle industrie;
- le acque che derivano dall'agricoltura;
- gli idrocarburi, nei grandi laghi con servizi di trasporto su nave;
- gli insetticidi e i pesticidi utilizzati in agricoltura;
- i pozzi perdenti, in particolare nel caso in cui inquinino le falde acquifere.

L'acqua nella natura è un mezzo vivente, portatore di organismi benefici che contribuiscono a mantenerne la qualità. Contaminandola, rischiamo di distruggere questi organismi, di capovolgere così il processo di auto depurazione ed anche, forse, di modificarla in modo irreversibile. Inquinare l'acqua, dunque, vuol dire modificare le caratteristiche qualificative, al punto da renderla inadatta al consumo degli esseri viventi.¹⁰

¹⁰ Palmieri- Parotto, *La Terra nello spazio e nel tempo*, Bologna, Zanichelli editore, 2002

2.1 Energia nucleare: l'acqua come termovettore.

L'atomo è la parte più piccola di ogni elemento presente in natura che ne conserva le proprietà chimiche e che fu per lungo tempo ritenuto indivisibile (la parola greca "atomo" significa infatti "indivisibile"). In realtà, esso è costituito da un nucleo (costituito da protoni e neutroni) circondato da elettroni in grado di promuovere reazioni chimiche che possono produrre energia. L'impiego dell'energia nucleare nasce dalla possibilità di utilizzare le grandi energie presenti nel nucleo dell'atomo, ben maggiori rispetto alle energie ottenute da reazioni chimiche dove il nucleo dell'atomo non è coinvolto. L'energia nucleare può essere prodotta sia attraverso la fissione nucleare (separazione dei nuclei di materiali radioattivi pesanti) sia attraverso la fusione (unione di nuclei di elementi leggeri). Delle due reazioni, la *fissione* è l'unica realizzabile e controllabile dall'uomo, con i necessari accorgimenti tecnici legati alla prevenzione degli incidenti ed alla gestione delle scorie radioattive.

Invece, per quanto riguarda la fusione, essa non è ancora realizzabile, al momento, per periodi di tempo sufficienti ad una produzione continua di energia. Infatti, non esiste ancora alcun dispositivo in grado di contenere e mantenere "confinato" per un tempo sufficiente l'idrogeno alle altissime temperature che rendono possibile l'aggregazione dei nuclei.

Per *fissione* s'intende la rottura del nucleo in due o più frammenti più piccoli mediante l'azione di neutroni opportunamente rallentati su nuclei molto pesanti detti fissionabili, quali l'uranio 235, torio 232, plutonio 239 ecc. I principali effetti di questo fenomeno sono la liberazione di una grande quantità di energia e l'emissione contemporanea di 2-3 neutroni che possono fungere da veicolo di reazione, provocando nuove fissioni e innescando così una reazione a catena. L'energia che si libera nel corso di processi di fissione dei nuclei, se tenuta rigorosamente sotto controllo, può essere sfruttata per produrre elettricità. Alcuni di questi elementi pesanti, come l'uranio 235 (92 protoni e 143 neutroni), si trovano in giacimenti e per ottenerli è necessario estrarli dal sottosuolo. Altri, come il plutonio 239 o l'uranio 233, vengono prodotti artificialmente dall'uomo. L'uranio in natura è presente prevalentemente sotto forma di uranio 238 (non fissile) e solo in piccola parte di uranio 235 (0,71 %).

La *fusione* nucleare, invece, è il processo con cui da tempo immemorabile si sprigiona energia nel sole e nelle stelle per le reazioni di fusione tra nuclei d'idrogeno. Nel caso della reazione di fusione, si parte da nuclei molto leggeri, fino a provocare la loro aggregazione. Fondendosi, i

nuclei diventano più pesanti e cedono energia durante il processo di

L'atomo



L'energia nucleare

Fissione e fusione nucleare

fusione: ad esempio, un miscuglio di nuclei di idrogeno (1 protone), deuterio e trizio (1 protone e rispettivamente 1 e 2 neutroni) può portare all'innesco di una reazione che, attraverso vari passaggi, porta a costruire nuclei di carbonio. Affinché la reazione avvenga, le due particelle reagenti devono essere dotate di energia cinetica sufficiente a superare la barriera repulsiva dovuta alla carica elettrica dei nuclei e ciò significa che si devono raggiungere temperature altissime, alle quali la materia si trova allo stato di plasma. La più studiata fra le reazioni possibili è la "deuterio più trizio" con temperatura di innesco dell'ordine di 100 milioni di gradi centigradi. Il deuterio è un isotopo (atomo di un elemento con lo stesso numero di protoni, ma diverso numero di neutroni) dell'idrogeno, il cui nucleo è costituito da un protone più un neutrone; esso è presente nell'acqua nella proporzione di 1 su 7.000 atomi di idrogeno normale, quindi è praticamente inesauribile. Il trizio è un altro isotopo dell'idrogeno, costituito da un protone più due neutroni; è radioattivo con tempo di dimezzamento di 12 anni e viene prodotto bombardando litio con neutroni. Il litio è dunque indirettamente la materia prima energetica.

Il calore che si genera durante la fissione nucleare deriva principalmente dal rallentamento dei nuovi nuclei prodotti: è possibile quindi riscaldare un fluido (chiamato fluido termovettore) in grado di mettere in movimento una macchina operatrice (ad esempio, una turbina). L'energia meccanica viene poi convertita in elettricità da un alternatore collegato a una turbina.

Il reattore nucleare si comporta come una qualunque caldaia e il vapore così generato può essere utilizzato per azionare una turbina connessa a un generatore di elettricità. In particolare, il "cuore" del reattore di una centrale nucleare a fissione si dice "nocciolo" e, di solito, ha forma cilindrica. Il nocciolo è immerso in un fluido, per esempio acqua, ed è formato da barre di uranio, anch'esse cilindriche, lunghe circa 3 metri e con un diametro di qualche centimetro. Nei reattori di tipo più comune l'acqua contenuta nel nocciolo, riscaldata dalla fissione dell'uranio, viene fatta circolare da una pompa fino a uno scambiatore di calore in cui si raffredda producendo del vapore che, a sua volta, fa girare la turbina della centrale. Un reattore si caratterizza per tipo di combustibile, di refrigerante e per l'architettura interna del nocciolo. Ad esempio, si parla comunemente di reattori ad acqua leggera e ad acqua pesante. Nei reattori ad acqua leggera, il combustibile è costituito da barrette

del diametro di circa 1 cm di ossido di uranio arricchito in uranio 235 (arricchimenti di circa il 3%). L'acqua circolando tra

le barrette di combustibile svolge sia la funzione di moderatore, rallentando i neutroni nati veloci dal processo di fissione, sia quella di refrigerante, asportando l'energia ceduta all'atto della fissione. Tutto il nocciolo è contenuto in un recipiente a pressione

Da calore ad energia meccanica: reattori ad acqua leggera e ad acqua pesante

Oggi sono conosciuti vari tipi di reattore nucleare, generalmente classificati in base al tipo di combustibile utilizzato ed al sistema di raffreddamento/generazione vapore.¹¹

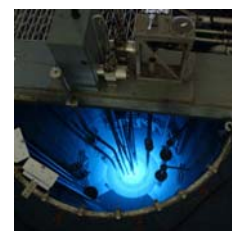
d'acciaio, in cui vi sono aperture per l'ingresso e l'uscita del refrigerante. Intorno al recipiente e alle parti attive del reattore sono predisposti degli schermi per assorbire le radiazioni nucleari: lo schermo termico, in metallo, assorbe prevalentemente le radiazioni gamma, quello biologico, in calcestruzzo, i neutroni.

I reattori ad acqua pesante, invece, impiegano come combustibile l'uranio naturale, non arricchito.

Il reattore a fusione funziona secondo il principio esattamente inverso a quello del reattore a fissione. Il reattore a fissione divide nuclei di atomi pesanti e il calore così liberato è utilizzato per scaldare acqua e azionare, con il vapore acqueo, una turbina che produce elettricità. Nel reattore a fusione, invece, atomi leggeri (gli isotopi dell'idrogeno deuterio e trizio) sono uniti in un atomo di elio (fusione). Nella fusione solo se due nuclei vengono posti a una distanza sufficientemente piccola interviene la forza di attrazione nucleare che li fa unire. Il problema è che questa forza agisce solo a cortissimo raggio, dell'ordine di mille miliardesimi di millimetro, e poiché i nuclei che si vogliono far fondere sono entrambi carichi positivamente, quando si mettono uno vicino all'altro tendono a respingersi a causa di un'altra forza, la repulsione elettrostatica, che si fa sentire su distanze maggiori e ostacola il processo. Per infrangere tale barriera, i nuclei devono essere in uno stato d'eccitazione raggiungibile solo a temperature di oltre cento milioni di gradi, condizione in cui gli atomi vengono letteralmente spogliati della propria "corteccia" di elettroni: è a queste condizioni che la fusione tra atomi leggeri avviene naturalmente.

L'enorme temperatura necessaria per il plasma di fusione ha impedito finora la realizzazione industriale di un reattore a fusione.

Reattori a fusione e fissione.



¹¹ Cfr. Walker, *Fisica*, Bologna, Zanichelli, 2004

Dentro il nucleo atomico sono in atto due forze contrapposte: l'**interazione nucleare forte**, che lega tra di loro i nucleoni, e la **repulsione elettrostatica**, che costringe i protoni a respingersi reciprocamente, essendo tutti positivi.

2.2 Decadimento radioattivo e tempo di dimezzamento

Gli isotopi presenti in natura sono quasi tutti stabili. Tuttavia, alcuni isotopi naturali, e quasi tutti gli isotopi artificiali, presentano nuclei instabili, a causa di un eccesso di protoni e/o di neutroni. Tale instabilità provoca la trasformazione spontanea in altri isotopi, e questa trasformazione si accompagna con l'emissione di particelle. Questi isotopi sono detti isotopi radioattivi, o anche radioisotopi, o anche radionuclidi.

La trasformazione di un atomo radioattivo porta alla produzione di un altro atomo, che può essere anch'esso radioattivo oppure stabile. Essa è chiamata disintegrazione o decadimento radioattivo. Durante i processi di decadimento sono emessi tre tipi di particelle:

- Particelle alfa: ogni particella alfa è formata da due neutroni e due protoni. Quando un nucleo decade emettendo particelle alfa diciamo che emette raggi alfa, i quali possono a malapena attraversare un foglio di carta.
- Particelle beta: sono gli elettroni emessi da un nucleo e sono chiamati raggi β^- (per ricordare che la carica dell'elettrone è negativa), i quali possono penetrare per qualche millimetro nell'alluminio.
- Positroni: hanno la stessa massa dell'elettrone ma carica positiva pertanto i raggi emessi vengono definiti β^+ .

Infine, la radioattività può assumere la forma di un fotone anziché particella con una massa:

- Un nucleo in uno stato eccitato può emettere un fotone di alta energia, un raggio γ e passare ad un livello energetico più basso. I raggi γ possono attraversare vari centimetri di piombo.¹²

Il decadimento radioattivo può essere di tipo alfa, beta o gamma, a seconda delle particelle che vengono emesse durante il processo. Questi differiscono per modalità di attuazione, energia e forze coinvolte, ma seguono tutti la stessa legge di decadimento. Si tratta di una funzione esponenziale, che permette di calcolare, dato un campione con un numero iniziale di nuclei instabili N_0 , il numero di nuclei decaduti $N(t)$ al tempo t :

$$N(t) = N_0 e^{-\lambda t}$$

Il parametro λ , chiamato costante di decadimento, è

¹² Cfr. Walker. *Fisica*, pag. 84, Bologna, Zanichelli, 2004

specifico per ogni nuclide e determina la velocità del processo di trasformazione.

Dalla legge del decadimento radioattivo deriva la definizione del tempo di dimezzamento, un parametro comunemente utilizzato per valutare la velocità di decadimento di una specie

Decadimento radioattivo

Particelle α , β , γ

Legge del decadimento radioattivo

Tempo di dimezzamento.

radioattiva.

Definito come il tempo necessario perché il numero di nuclidi instabili di un campione si dimezzi, è dato da:

$$T_{1/2} = (\ln 2)/\lambda,$$

dove $\ln$ rappresenta il logaritmo naturale, o logaritmo in base e . Il tempo di dimezzamento può variare molto da nuclide a nuclide. Ad esempio, lo iodio 131 ha un tempo di dimezzamento di circa 8 giorni, il cobalto 60 di 5,3 anni e l'uranio 238 di 4,5 miliardi di anni.

Spesso, in luogo del tempo di dimezzamento, si indica la “vita media” di un radionuclide, che equivale al periodo di tempo necessario

affinché il numero di nuclei instabili si riduca a circa il 37% del suo valore iniziale.¹³

¹³ Cfr. Brandi-Salvadori, *Matematica&Realtà*,

3.1 Storia di una nuova energia

Il primo periodo dello sviluppo della fisica nucleare comincia tra il 1895 e il 1905, con la scoperta dei raggi X da parte del Tedesco Wilhelm Röntgen. Nel 1896, investigando sulla natura dei raggi X, il fisico francese Henri Becquerel ritenne che potessero essere una sorta di fluorescenza. Espose perciò numerose sostanze fluorescenti alla luce solare, cercando di catturare l'eventuale radiazione emessa su una lastra fotografica. Dopo molti tentativi, tutti vani, Becquerel osservò che sali di uranio impressionavano la lastra fotografica e constatò con sorpresa che ciò avveniva indipendentemente dalla presenza della luce solare. Ben presto ci si accorse che i «raggi uranici», come inizialmente vennero chiamati, nulla avevano a che fare coi raggi X, né con la fluorescenza, ma costituivano un nuovo tipo di radiazione: era la scoperta della radioattività. Nel 1897 l'inglese Joseph John Thomson misurò il rapporto tra carica e massa delle particelle costituenti i cosiddetti «raggi catodici» e si cominciò a menzionare l'esistenza di una particella più leggera di un atomo di idrogeno, che sarà denominata «elettrone». Nel 1898 i coniugi Marie e Pierre Curie identificarono altri tre elementi radioattivi: il torio, il polonio e il radio. Purtroppo, il lavoro di ricerca condotto dai Curie con passione «eroica», ma senza avere la più pallida idea del fatto che la radioattività danneggiasse i tessuti biologici (e quindi senza avere laboratori attrezzati per limitare i danni), devastò la loro salute. Solo verso la metà degli anni venti se ne cominciò a conoscere la pericolosità, ma a quel punto molti dei pionieri della radioattività avevano compromesso la loro salute, dormendo con i sali di uranio sul comodino, deliziati dalla luce che emettevano, o ustionandosi volontariamente con il radio per verificare che le lesioni richiedessero mesi per guarire. Di fatto, nel 1934 Marie Curie morì di leucemia, indubbiamente provocata dalla sovraesposizione alle radiazioni. In ogni caso, lo studio della radioattività divenne immediatamente un'area di ricerca che polarizzò l'interesse di tutta la comunità dei fisici e ben presto Ernest Rutherford, dell'Università di Manchester, osservò che le sostanze radioattive emettevano due tipi diversi di radiazioni, che Rutherford chiamò *radiazione* (o raggi) *alfa* e *beta*. La prima era costituita dalle cosiddette «particelle alfa», nuclei di elio con doppia carica positiva, mentre la seconda era costituita dagli elettroni. Successivamente si scoprì che le sostanze radioattive potevano emettere anche un altro tipo di radiazione, a cui fu dato il nome di *raggi gamma*, associando così i tre tipi di emissione alle prime tre lettere dell'alfabeto greco. Ma la sorpresa forse più sconvolgente fu il fatto che gli

*I primi passi
della fisica
nucleare*

elementi radioattivi, nell'emettere la radiazione, si trasformavano in altri elementi chimici, realizzando così, almeno in parte, il sogno degli alchimisti di trasmutare i metalli. Un elemento radioattivo, per emissione di una particella alfa, si trasformava nella sostanza che lo precede di due posti nella tavola periodica, mentre per emissione di una particella beta si trasformava nella sostanza che lo segue di un posto. Nel 1907 Rutherford usò le particelle alfa per bombardare delle sottili lamine d'oro, allo scopo di studiarne gli atomi. A quel tempo dell'atomo si sapeva ben poco, a parte il fatto che era elettricamente neutro e che non era indivisibile, poiché conteneva almeno una particella subatomica avente carica negativa: l'elettrone. Un modo per immaginarlo era vederlo costituito, in qualche modo non meglio precisato, da un corpo principale dotato di carica positiva, in cui erano immersi tanti elettroni quanti servivano a controbilanciare la carica positiva del corpo principale. Bombardando una lamina costituita da atomi di questo tipo con particelle alfa, queste avrebbero dovuto attraversarla pressoché indisturbate, come una pallottola che attraversa un fazzoletto di carta. E di fatto così faceva la maggior parte delle particelle. Tuttavia, una su ottomila rimbalzava indietro: un fenomeno piuttosto sconcertante, proprio perché era come veder rimbalzare una pallottola sparata contro un fazzoletto di carta.

Da quell'esperimento Rutherford concluse che le particelle che rimbalzavano dovevano aver colpito qualcosa di compatto, una sorta di nocciolo duro che si trovava all'interno dell'atomo e che probabilmente ne occupava solo una piccola parte, visto che un gran numero di particelle attraversava la lamina senza subire deviazioni e quindi riuscendo a evitarlo. Prendendo in prestito un termine dalla biologia, quello di nucleo della cellula, il nocciolo compatto dell'atomo venne chiamato *nucleo*. E con la scoperta del nucleo atomico, si entrò in pieno nell'era nucleare. Le sorprese, però, non erano finite. Utilizzando ancora una volta lo stesso esperimento, nel 1932 James Chadwick scoprì che gli atomi di alcuni elementi chimici emettevano una radiazione eccezionalmente penetrante e costituita da particelle prive di carica elettrica, che il fisico inglese chiamò *neutroni*; l'anno seguente i fisici francesi Frédéric e Irène Joliot-Curie - figlia di Marie Curie - scoprirono che sostanze non radioattive, una volta bombardate, diventavano tali. Quello scoperto dai Joliot-Curie era il fenomeno della *radioattività artificiale* e, grazie alle ricerche dei due scienziati francesi, fu possibile capire che la radioattività non era una proprietà tipica di pochi elementi chimici, come l'uranio o il torio: tutti gli elementi potevano essere resi radioattivi attraverso un opportuno bombardamento e la relativa trasmutazione. Agli inizi del 1934 Fermi, con il suo celebre gruppo romano dei «ragazzi di via Panisperna» (costituito dai fisici Rasetti, Amaldi, Segrè e Pontecorvo) ebbe l'idea di usare i neutroni, anziché le particelle alfa, come proiettili per bombardare gli elementi chimici. Il vantaggio di

questa scelta stava nel fatto che il neutrone, essendo elettricamente neutro, poteva penetrare nel nucleo atomico senza subire la repulsione da parte delle cariche presenti in esso. Fermi scoprì che anche i neutroni, oltre alle particelle alfa, potevano produrre la radioattività artificiale; così iniziò a bombardare sistematicamente un elemento della tavola periodica dopo l'altro. E poiché il bombardamento era un facile metodo per rendere un elemento radioattivo e trasmutarlo in quello che lo precedeva di due posti o lo seguiva di uno nella tavola periodica, arrivato all'uranio - allora ultimo elemento della tavola - Fermi pensò di aver ottenuto un *transuranico*, ovvero un elemento che occupava la posizione successiva all'uranio e che non esisteva in natura. In realtà, il prodotto dell'esperimento di Fermi non era affatto un transuranico ed il gruppo romano perse l'occasione di fare una delle più grandi scoperte scientifiche del XX secolo, che sfuggì agli scienziati dell'Italia fascista, ma non a quelli della Germania nazista.

I primi esperimenti del gruppo di Roma erano stati fatti con i neutroni veloci, ma nell'ottobre del 1934 Fermi, «con intuito fenomenale», pensò di collocare un blocco di paraffina tra la sorgente che emetteva neutroni e l'elemento chimico da bombardare. Il risultato fu sorprendente: la radioattività indotta dai neutroni che passavano attraverso la paraffina era molto maggiore. E Fermi fu subito in grado di trovare una spiegazione al fenomeno: i neutroni emessi dalla sorgente erano veloci, ma quando passavano attraverso la paraffina, quest'ultima fungeva da moderatore, ovvero li rallentava, e così i neutroni avevano più tempo per stare dentro al nucleo e per interagire con esso, dando luogo alle reazioni nucleari alla base della radioattività artificiale. Gli esperimenti di Fermi con i neutroni lenti catturarono l'attenzione di uno dei più grandi esperti di radioattività del mondo: la fisica austriaca Lise Meitner. Arrivata a Berlino dopo essersi laureata a Vienna, la Meitner era riuscita a costruirsi una carriera straordinaria, nonostante scoraggianti difficoltà. Ebrea e proveniente da una famiglia colta e illuminata, si era potuta iscrivere all'università solo all'età di ventitré anni, perché le università viennesi aprirono i loro corsi alle donne solo nel 1897. Ma dalla metà dell'Ottocento fino al 1933, era la Germania il centro scientifico del mondo e la Lise andò a Berlino per seguire le lezioni di un grande maestro, Max Planck, uno dei giganti della fisica moderna. A differenza di Vienna, però, non solo le università di Berlino non ammettevano donne come studentesse, ma Planck non voleva che partecipassero ai suoi corsi neppure come uditrici. Era disposto a fare delle eccezioni (e per una fisica di talento come Lise Meitner ne fece), ma le eccezioni dovevano rimanere tali, perché Planck era convinto che «la natura stessa prescrive alla donna il ruolo di madre e casalinga. E le leggi della natura non possono essere ignorate in nessuna circostanza». Ma per fortuna a volte anche le grandi le sue università alle donne: Lise Meitner poté

I neutroni lenti

finalmente abbandonare lo scantinato in cui era stata relegata a fare ricerca e proprio Planck divenne uno dei suoi più convinti sostenitori. Tenuta in grande considerazione dai grandi della fisica, come Einstein e Bohr, nel 1926, all'età di quarantotto anni, Lise divenne professore ordinario di fisica: era la prima donna a ricoprire questo incarico in Germania. Nel 1934, quando Lise Meitner s'intestardì a volersi occupare degli esperimenti di Fermi, convinse il collega Otto Hahn a collaborare con lei, perché aveva bisogno di un radiochimico che sapesse identificare gli elementi che si formavano negli esperimenti di bombardamento. Ed Otto Hahn era uno dei più grandi radiochimici del mondo. Alla coppia si aggiunse anche un giovane chimico di grande valore: Fritz Strassmann. Il team era indubbiamente destinato al successo, ma a mezzogiorno del 30 gennaio 1933 Hitler aveva giurato come cancelliere del Terzo Reich: Lise Meitner non lo sapeva ancora, ma di lì a poco avrebbe perso tutto quello che aveva costruito in quasi sessant'anni di vita.

Adolf Hitler non aveva mai fatto mistero delle proprie idee violentemente nazionaliste, anticomuniste, antidemocratiche e razziste. E non perse tempo: due mesi dopo la nomina a cancelliere, proclamò lo *Judenboykott*, ovvero il boicottaggio nazionale dei negozi e delle attività ebraiche. Il ministro dell'istruzione Bernhard Rust, un nazista rozzo e fanatico, per contribuire all'iniziativa, tentò di espellere dall'Accademia Prussiana delle Scienze Albert Einstein, lo scienziato più famoso del mondo nonché l'ebreo più eminente in Germania. Einstein, però, si trovava negli Stati Uniti quando Hitler andò al potere e, poiché negli anni venti era già stato oggetto di una feroce campagna antisemita, non sottovalutò la gravità della situazione tedesca e annunciò pubblicamente che non sarebbe tornato in Germania. Poi si dimise dall'Accademia Prussiana delle Scienze, anticipando le mosse del ministro tedesco. Il nazismo però non puntava a perseguire il singolo ebreo, seppure eminente; mirava a perseguire quella che, fino alla fine dei suoi giorni, fu l'ossessione di Hitler: l'annientamento dell'ebraismo, «avvelenatore universale di tutti i popoli». E a tal fine, il passo immediatamente successivo allo *Judenboykott* fu la messa al bando degli ebrei dal pubblico impiego, università incluse, dove la loro presenza era massiccia. Tra l'aprile e il maggio del 1933 i professori ebrei delle università tedesche furono licenziati sistematicamente, in un crescendo di violenze verbali, vandalismi e aggressioni di studenti filonazisti, nel silenzio dei loro colleghi ariani, che in molti casi miravano alle posizioni accademiche rese disponibili dai licenziamenti di massa. Fu un'enorme perdita di “cervelli” per la Germania, ma non solo, perché in seguito, durante la guerra, la persecuzione investì tutti gli scienziati ebrei che vivevano nei paesi europei occupati dai nazisti, nonché quelli dell'Italia fascista che, nel 1938, adottò anch'essa le leggi razziali. Alcuni di quegli scienziati furono assassinati, altri si suicidarono, ma la maggior

Il nazismo

parte di loro trovò rifugio all'estero, soprattutto negli Stati Uniti. Tra coloro che vi si rifugiarono ci furono anche Enrico Fermi e la sua famiglia, che dovettero lasciare l'Italia perché Laura Capon, moglie di Fermi, era ebrea. Anche la situazione di Lise Meitner era troppo pericolosa, perché era stata denunciata più volte da assistenti e colleghi. Dopo cinque anni di tentennamenti, paure e rinvii, decise di fuggire da Berlino la notte del 12 luglio 1938.

Dopo la sua partenza, Hahn e Strassmann avevano continuato il lavoro cominciato con lei, per riprodurre gli esperimenti di Fermi. Ma i risultati ottenuti erano incredibili: bombardando l'uranio con i neutroni lenti, Hahn e Strassmann avevano ottenuto del bario. Ma come si poteva formare il bario a partire dall'uranio? Nella tavola periodica, il bario dista trentasei posti dall'uranio e in nessuno dei processi di trasmutazione di sostanze radioattive era mai stato ottenuto un elemento così lontano da quello di partenza. Hahn non era un fisico, ma sapeva che, per la fisica fino ad allora conosciuta, non si poteva formare bario dall'uranio, eppure l'aveva ottenuto. Lise Meitner sapeva che Hahn era un grande radiochimico e se sosteneva di aver trovato del bario, di bario si trattava. Ma proprio perché non era un fisico, Hahn, sapendo che si fosse rifugiata in Svezia, scrisse alla collega chiedendo qualche «fantastica spiegazione», che la Meitner trovò. Esaminando i risultati degli esperimenti di Hahn e di Strassmann, Lise Meitner e il nipote Otto Frisch, anche lui fisico di notevole talento, ebreo e fuggito dalla Germania, capirono che nel bombardamento dell'uranio succedeva qualcosa di completamente nuovo: il nucleo dell'uranio si spezzava. Riuscirono a risolvere la questione grazie al modello a goccia del nucleo atomico elaborato dal grande fisico teorico danese Niels Bohr, secondo il quale il nucleo poteva essere immaginato come una goccia d'acqua, deformabile per effetto di una forza esterna. Quando il neutrone penetrava nel nucleo dell'atomo di uranio, poteva deformare la goccia fino a farla dividere in due goccioline più piccole: il nucleo dell'uranio, perciò, si spezzava in due frammenti, uno dei quali era appunto il bario ottenuto da Hahn e Strassmann. Prendendo ancora una volta in prestito un termine dalla biologia, quello di *fissione*, che indica la divisione cellulare, Lise Meitner e Otto Frisch chiamarono quel processo *fissione nucleare*. I due fisici capirono però anche un'altra cosa fondamentale: nella fissione veniva emessa una considerevole quantità di energia. Ciò trovava una spiegazione nella conversione della massa in energia, secondo la formula di Einstein $E = mc^2$: nel processo di fissione, infatti, il nucleo dell'atomo dell'uranio si spezzava in due frammenti tali che la somma delle loro masse era inferiore alla massa del nucleo originale. La massa che si «perdeva» nel processo di fissione veniva convertita in energia. La notizia della scoperta della fissione ebbe un'enorme risonanza nella comunità dei fisici e arrivò anche all'orecchio

*La scoperta della
fissione*

di uno scienziato di nome Leo Szilard, fisico ebreo di origine ungherese dalle capacità quasi leggendarie. Szilard aveva studiato a Berlino e, prima che Hitler andasse al potere, aveva capito che in Germania l'ambiente non era sereno, cominciò a dormire in stanze d'affitto e con due valigie sempre pronte; qualche giorno prima dello *Judenboykott*, prese il treno e fuggì dalla capitale del Reich. Nel 1934, ovvero quattro anni prima che la fissione nucleare fosse un fenomeno appurato, Szilard aveva concepito l'idea della «reazione a catena» provocata dai neutroni e l'aveva pure brevettata. Non ne aveva un concetto completamente definito, ma aveva immaginato un processo in cui un neutrone spaccava un nucleo atomico, il quale, oltre a dividersi in frammenti, emetteva dei neutroni; questi ultimi andavano a loro volta a colpire altri nuclei spaccandoli e provocando così il rilascio di altri neutroni, che colpivano altri nuclei e così via. Appena Szilard venne a sapere della scoperta della fissione, ebbe un'intuizione: se in quel processo venivano effettivamente rilasciati diversi neutroni, come aveva immaginato, fissione nucleare poteva significare bomba atomica e allora il mondo era veramente in pericolo e si mosse e per evitare tale eventualità.

Agli inizi del 1939 l'intuizione di Szilard venne confermata sia dal team statunitense formato da Fermi, Zinn e dallo stesso Szilard, sia da quello francese dei Joliot-Curie: a questo punto l'idea di una bomba atomica era, perlomeno dal punto di vista teorico, concepibile. Il rilascio di due o più neutroni nel processo di fissione, infatti, poteva innescare una reazione a catena, in cui in un brevissimo intervallo di tempo si producevano sempre più fissioni. Ma poiché in ciascuna di queste veniva liberata una quantità di energia significativa, in una reazione a catena si aveva un enorme rilascio di energia in pochissimo tempo, il che significava una potente esplosione.

Dopo l'esperimento sui neutroni, Szilard non ebbe pace, nell'angoscia della possibilità di un'atomica. Pertanto s'imputò affinché i risultati dell'esperimento fossero tenuti segreti, pregando i Joliot-Curie di non pubblicarli. S'allarmò al pensiero che i nazisti potessero acquisire uranio dalle miniere del Congo belga e cercò i canali per impedirlo. Si tormentò pensando a quali fisici tedeschi potevano essere in grado di lavorare per i nazisti e infine si rivolse al più grande dei fisici del mondo: Albert Einstein. Era un suo amico e avrebbe provato a convincerlo che l'allarme andava fatto arrivare al vertice del potere politico nazionale. Il 2 agosto 1939 Einstein scrisse una lettera al presidente degli Stati Uniti, Franklin Delano Roosevelt. Nella missiva, Einstein citò con apprensione il nome di un giovane fisico teorico tedesco di grande valore, figlio di un personaggio molto importante nella Germania nazista: Carl Friedrich von Weizsäcker. E con von Weizsäcker, si personificò l'incubo che ormai non era più solo nella mente di Leo Szilard, ma era in quella di tutti gli scienziati che si disperavano all'idea di un mondo nelle mani di Hitler.

Leo Szilard

Szilard si era battuto tanto perché i risultati dell'esperimento sui neutroni fossero mantenuti segreti, ma i Joliot-Curie li avevano pubblicati nel marzo del 1939. Da anni ormai andava avanti la competizione tra i vari laboratori che si occupavano di fissione nucleare e tutti stavano studiando le stesse cose. Se i Joliot-Curie non avessero pubblicato quei risultati, probabilmente sarebbero stati battuti sul tempo da altri.

Va detto, però, che il problema della scelta se mantenere o meno segrete certe ricerche era controverso, perché anche se il pensiero di un'atomica nelle mani di Hitler seminava il terrore tra i fisici antinazisti, tutti si rendevano conto che una cosa era dire che l'atomica era concepibile teoricamente, un'altra era costruirla materialmente. E uno dei più scettici al riguardo era proprio Niels Bohr, che subito dopo la scoperta della fissione aveva avuto una grande intuizione. L'uranio che si trova in natura è composto per il 99,3 per cento da uranio 238 e per lo 0,7 per cento da uranio 235. Ebbene, Bohr intuì che di queste due forme dell'uranio, dette *isotopi*, solo il 235 è fissile, ovvero se bombardato con neutroni lenti subisce la fissione nucleare. Allora chiunque avesse voluto costruire la bomba atomica avrebbe dovuto prima procurarsi grandi quantità di uranio 235, che andava separato dal 238 con processi industriali tutti da inventare e dai costi paurosamente alti, così alti che Bohr non riusciva a immaginare una nazione disposta a investire risorse tanto ingenti in quell'impresa. Per lui, dunque, le armi nucleari rimanevano una possibilità puramente teorica. In ogni caso, che la bomba fosse o meno fattibile, i Joliot-Curie avevano pubblicato i risultati dei loro esperimenti e, neppure cinque settimane dopo la pubblicazione, il chimico fisico tedesco Paul Harteck scrisse all'esercito tedesco e ne richiamò l'attenzione circa i nuovi sviluppi della fisica nucleare, che potevano portare alla fabbricazione di esplosivi nuovi e potentissimi.

Harteck non era un membro del partito nazista e anzi aveva rapporti di parentela con un'importante famiglia viennese di origine ebraica; ma faceva ricerca e aveva bisogno di fondi, perciò contattò l'esercito attraverso uno scienziato competente nella fisica nucleare e che godeva della fiducia del Partito nazista: Kurt Diebner. Fu lui a mettere insieme, su ordine dell'esercito, l'*Uranverein*, ovvero il «club dell'uranio», incaricato di esplorare la possibilità dello sfruttamento della fisica nucleare a fini bellici. Il gruppo si riunì a Berlino nel settembre del 1939 e tra gli scienziati arruolati nell'*Uranverein*, oltre a Harteck, ci furono Otto Hahn, il ventisettenne von Weizsäcker, ma soprattutto il suo maestro Werner Heisenberg. Heisenberg era un fisico teorico straordinario, il cui nome rimarrà per sempre legato alla meccanica quantistica, di cui formulò, tra le altre cose, il celeberrimo principio di indeterminazione. E *indeterminazione* è la parola che può definire perfettamente il suo comportamento sotto il Terzo Reich. Per tutti i colleghi europei e americani che odiavano il nazismo, Heisenberg era un enigma. Lo avrebbero

voluto tutte le università del mondo, ma lui si ostinava a rimanere in Germania sotto un regime criminale, attaccato da colleghi che erano stati nazisti della prima ora: i fondatori della *Deutsche Physik*, ovvero della «fisica ariana».

Heisenberg rientrò in Germania verso la metà di agosto; il 1° settembre i nazisti invasero la Polonia, dando inizio alla seconda guerra mondiale: nel giro di un mese, in Polonia venne annientata ogni resistenza e, sebbene Varsavia fosse già disposta alla resa, Hitler insistette perché fosse spietatamente bombardata.

Subito dopo l'inizio della guerra i militari requisirono l'istituto di fisica di Berlino e la Germania si trovò a essere l'unica potenza con un programma nucleare già strutturato: l'*Uranverein* di Heisenberg e di quanti si ritrovarono arruolati dall'esercito nel «club dell'uranio». Sul fronte antinazista, invece, le cose andavano veramente a rilento. La lettera scritta da Einstein a Roosevelt nell'agosto del 1939, seguita da un'altra nel 1940, nella sostanza non ebbe conseguenze. La svolta decisiva venne dagli inglesi, che sebbene tra il 1940 e il 1941 subissero i massicci bombardamenti aerei nazisti, produssero il Rapporto denominato MAUD.

Uno dei principali problemi che si ponevano nello studio della fattibilità della bomba era quello di calcolare la cosiddetta «massa critica», ovvero la quantità di materiale fissile necessario per sostenere la reazione a catena: una quantità maggiore di quella critica esplode prima che si riesca ad assemblare l'ordigno, mentre una minore è inerte, ovvero non permette che abbia luogo il processo di moltiplicazione delle fissioni necessario a innescare la reazione a catena, perché non c'è un numero sufficiente di nuclei di uranio in cui i neutroni possano diffondersi e di cui possano causare la fissione. Riuscire a ottenere anche una stima approssimativa della massa critica era terribilmente complicato, perché non si conoscevano informazioni e dati indispensabili per il calcolo, eppure era un dato cruciale per chiunque volesse intraprendere un programma nucleare. Ancora una volta, furono due scienziati tedeschi vittime delle persecuzioni antisemite e fuggiti in Inghilterra a risolvere l'«enigma»: Rudolf Peierls e Otto Frisch, il nipote di Lise Meitner. Anche se i dettagli dei loro calcoli si rivelarono sbagliati, il loro contributo decisivo fu quello di mettere nero su bianco una serie di conti che dimostravano come la massa di materiale fissile necessario non fosse una quantità improponibile e, perciò, come la bomba fosse fattibile in tempi ragionevoli e potesse essere estremamente potente. Da quel lavoro emergeva anche un altro aspetto inquietante: per trarre le loro conclusioni, Frisch e Peierls avevano considerato un metodo di separazione degli isotopi dell'uranio che era stato inventato proprio da un Tedesco, Klaus Clusius. Sorgeva, così, il dubbio che a quei dati potessero arrivarci anche i Tedeschi. I calcoli e le conclusioni di Frisch e Peierls furono raccolti nel Rapporto MAUD e portati

La massa critica

all'attenzione del primo ministro inglese Winston Churchill. Fu quel documento a convincere gli Americani: il governo inglese lo trasmise a quello statunitense nell'ottobre del 1941. Gli Stati Uniti non erano ancora entrati nel conflitto, mentre l'Inghilterra era in guerra ormai da due anni. E Lord Cherwell, professore di fisica a Oxford e uomo di fiducia di Churchill per le questioni scientifiche, affermò che la potenza che avesse costruito gli impianti di separazione dell'uranio avrebbe imposto le sue ragioni al mondo.

Agli inizi di ottobre del 1941, il Rapporto MAUD fu discusso alla Casa Bianca e il presidente Roosevelt decise immediatamente di accelerare la ricerca scientifica finalizzata alla costruzione dell'atomica. La decisione di accelerare la ricerca per la costruzione della bomba fu presa il 6 dicembre 1941. In quegli stessi giorni, il conflitto subiva una svolta: le armate di Hitler, che fino a quel momento erano sembrate inarrestabili, furono bloccate dalle truppe sovietiche alle porte di Mosca e provarono i rigori dell'inverno russo, mentre dall'altra parte dell'oceano gli Americani entravano in guerra contro il Giappone, l'Italia e la Germania, in seguito all'attacco a Pearl Harbor del 7 dicembre 1941.

Dopo quell'attacco, Stati Uniti, Inghilterra, Francia e Russia si ritrovarono alleati nella guerra contro Hitler.

Mentre il presidente Roosevelt si affrettava ad affidare ai politici e ai militari le decisioni importanti riguardanti la bomba, gli scienziati continuavano a fare nuove scoperte fondamentali per la sua costruzione. Nel 1940 i fisici avevano identificato un vero transuranico, ovvero uno di quegli elementi che nel 1934 Fermi credeva di avere ottenuto durante gli esperimenti che avevano portato alla scoperta della fissione. L'elemento chimico in questione era il plutonio, che fu una «gradita novità», perché permetteva di aggirare l'ostacolo che aveva fatto dubitare tutti della fattibilità dell'atomica, ovvero il problema di riuscire a ottenere il materiale fissile necessario per costruirla. Sebbene il plutonio, a differenza dell'uranio, non esista in natura, si può ottenere a partire da quest'ultimo. E non solo è fissile, come l'isotopo 235 dell'uranio (e quindi può essere usato per costruire la bomba), ma può essere estratto dall'uranio da cui viene ottenuto senza l'impiego di tecniche estremamente costose, come la separazione degli isotopi. Tuttavia, il plutonio va prodotto e per produrlo in quantità sufficienti per una bomba serve un reattore nucleare, che, una volta costruito, può essere utilizzato per scopi civili o militari, ovvero per produrre energia o per fabbricare, appunto, plutonio per la bomba.

Tutto questo era stato capito sia dai fisici che lavoravano negli Stati Uniti, sia da quelli tedeschi.

In ogni caso, però, oltre a capire gli aspetti della fisica, bisognava saper costruire materialmente un reattore, ed Enrico Fermi ci riuscì: il 2 dicembre 1942, con il reattore di Fermi l'umanità entrò nell'era nucleare. Tuttavia, in quell'impresa fu

*La bomba
atomica
statunitense*

Il transuranico

fondamentale anche il contributo dell'irrequieto Leo Szilard. Ma per capire il suo contributo è necessario introdurre brevemente il reattore.

Il processo alla base del reattore nucleare, come della bomba atomica, è la reazione a catena, in cui, come già detto, un nucleo dell'atomo dell'uranio colpito da un neutrone si spacca ed emette neutroni, che a loro volta colpiscono altri nuclei e li spezzano e così via. Questo processo di moltiplicazione delle fissioni nucleari nella reazione a catena porta al rilascio di un'enorme quantità di energia, che può essere emessa in un intervallo di tempo brevissimo, in quella che viene chiamata *reazione a catena incontrollata* e dà luogo a un'esplosione, oppure in modo lento e controllato, come avviene nel reattore nucleare. Per far funzionare un reattore è necessario, tra le altre cose, un moderatore, ovvero una sostanza capace di rallentare i neutroni emessi nelle fissioni senza assorbirli, perché altrimenti, tolti di mezzo i neutroni che la provocano, la reazione a catena non avviene. Esistono varie sostanze che possono fare da moderatore: l'acqua pesante, per esempio, è eccellente, ma è rara e deve essere estratta a costi notevoli dall'acqua comune. La grafite, invece, è un buon moderatore ed è un materiale facilmente reperibile. Tuttavia, quella normalmente prodotta dalle industrie presenta un problema serio: contiene impurità che fermano i neutroni. Non solo Szilard capì il problema e convinse l'industria a produrre una forma di grafite purissima da usare come moderatore, ma persuase Fermi che le informazioni sulle impurità della grafite dovevano rimanere segrete e non andavano pubblicate sulle riviste scientifiche.

Nel frattempo, i servizi segreti inglesi erano entrati in allarme: la produzione industriale dell'azienda norvegese Norsk-Hydro - che allora era l'unico impianto del mondo che produceva acqua pesante - era aumentata. E la Norvegia era sotto l'occupazione nazista. Nel giugno del 1942 il progetto americano per la costruzione della bomba atomica passò interamente sotto la direzione dell'esercito degli Stati Uniti, prese il nome di Progetto Manhattan e fu affidato ad un ufficiale: Leslie Groves, l'ingegnere dell'esercito che aveva diretto la costruzione del Pentagono. Poiché era stato deciso di costruire sia la bomba all'uranio, sia quella al plutonio, Groves acquistò terreni, concluse contratti con i giganti della chimica per la produzione del plutonio e per la separazione degli isotopi dell'uranio, fece costruire il laboratorio segreto di Los Alamos, ne scelse il direttore e fece contattare tutti gli scienziati che potevano essere determinanti per l'impresa. Ma se è vero che la costruzione dell'atomica richiese un enorme sforzo industriale, è altrettanto vero che richiese soprattutto un'enorme schiera di cervelli: tutto ciò che era stato concepito, capito e teorizzato fino a quel momento doveva essere tradotto in pratica, mentre ciò che non era stato previsto andava compreso e risolto in fretta. Per esempio, il plutonio, che all'inizio era sembrato una vera manna

*Reattori: l'acqua
pesante come
moderatore*

*Il progetto
Manhattan*

perché permetteva di aggirare la difficoltà di separare gli isotopi dell'uranio, in realtà dette problemi a non finire. Ciò richiese enormi energie intellettuali, e, all'atomica, lavorarono praticamente tutti i maggiori scienziati del tempo, a eccezione di Albert Einstein, che aveva scritto la famosa lettera a Roosevelt, e Lise Meitner, che con Hahn, Strassmann e Frisch aveva scoperto il processo alla base della costruzione della bomba: la fissione nucleare. Einstein, infatti, non fu coinvolto nel Progetto Manhattan per tutta una serie di ragioni: era un pacifista e un fisico di straordinaria visibilità e, ammesso che avesse accettato di partecipare all'impresa, avrebbe potuto come minimo creare problemi per la segretezza del Progetto. Lise Meitner, invece, fu contattata, ma nonostante tutto quello che aveva subito nella Germania nazista, rifiutò di partecipare al Progetto, poiché non voleva avere niente a che fare con la realizzazione di una bomba.

Le bombe furono costruite nel laboratorio di Los Alamos, nel deserto del New Mexico, dove gli scienziati vivevano con le loro famiglie.

Il 12 aprile 1945 il presidente americano Roosevelt morì. Hitler ricevette la notizia nel bunker sotto la Cancelleria del Reich in cui si era rifugiato, mentre l'Armata rossa avanzava. La situazione della Germania era disperata e mancava tutto: munizioni, uomini, ma soprattutto il senno. Intrappolato in quel bunker, quasi dieci metri sotto terra, il cervello del Führer prese a funzionare peggio del solito, mandando al macello truppe stremate, gruppi sbandati di ragazzini o, addirittura, impartendo ordini ad armate inesistenti. Ma a Roosevelt successe Harry Truman, la coalizione tra Stati Uniti e Russia andò avanti e il Terzo Reich crollò rovinosamente. Con la resa incondizionata della Germania, l'8 maggio 1945 in Europa si chiuse una guerra che aveva portato all'annientamento di milioni di vite e alla devastazione di un continente. Tra la fine di aprile e gli inizi di maggio del 1945 Heisenberg, von Weizsäcker, Hahn, Diebner e altri importanti scienziati tedeschi, tra cui il Nobel Max von Laue, che non aveva mai avuto a che fare con il programma nucleare, furono tutti catturati, e, nel luglio del 1945, furono portati in Inghilterra. Ma, mentre l'Europa usciva dal conflitto, la guerra nel Pacifico non era finita, perché il Giappone resisteva e in America la costruzione dell'atomica procedeva a ritmo frenetico.

Erano le nove di sera del 6 agosto 1945, in Inghilterra, quando la BBC annunciò che una bomba atomica era stata già “lanciata su una base militare giapponese”.

La bomba in questione era l'atomica all'uranio, costruita a Los Alamos, e la «base militare giapponese» citata dalla BBC era Hiroshima, una città in cui, fino al giorno prima del lancio della bomba, vivevano circa 290.000 civili e 43.000 militari. Di fronte a un dato del genere è piuttosto arduo parlare di Hiroshima come di una base militare.

E di fatto, bombardando Hiroshima, non solo non furono

*La caduta del
reich*

distrutti obiettivi militari importanti, ma quegli obiettivi non furono neppure seriamente danneggiati. Si sapeva infatti, già prima del bombardamento, che tutte le industrie militari rilevanti non si trovavano a Hiroshima, ma nei dintorni, che la bomba non danneggiò seriamente. L'atomica infatti azzerò la città, ma non arrivò a distruggere i sobborghi.

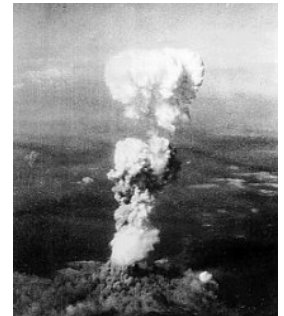
Il 9 agosto 1945, ovvero tre giorni dopo il bombardamento di Hiroshima, anche la città di Nagasaki fu colpita da una bomba atomica. E anche Nagasaki era un obiettivo civile, non militare. Prima dell'attacco, sia Hiroshima che Nagasaki erano tra le pochissime città giapponesi sufficientemente grandi rimaste ancora integre. Anche per questo furono scelte come obiettivi: infatti, se le due atomiche fossero state usate contro aree urbane piccole o già pesantemente bombardate, non sarebbe stato possibile «apprezzare» l'effettiva capacità distruttiva dei due ordigni.

La bomba usata contro Nagasaki era l'atomica al plutonio, che aveva dato parecchi problemi agli scienziati del Progetto Manhattan che l'avevano costruita. Per superare il problema della fissione spontanea del plutonio, infatti, era stato necessario inventare un metodo di detonazione completamente nuovo: l'implosione, che, sebbene avesse richiesto le energie intellettuali di quasi tutti i grossi cervelli del Progetto, non era chiaro che funzionasse.

Perciò, la bomba al plutonio fu testata il 16 luglio 1945, nel cosiddetto «Trinity Test», che si tenne nel deserto di Alamogordo. Il lampo di Alamogordo fu al tempo stesso un punto di arrivo e un punto di partenza. Da una parte chiudeva una fase di lavoro difficile, nel quale la più grande concentrazione di scienziati mai vista aveva trovato e risolto difficoltà apparentemente insormontabili. Dall'altra, il difficile cominciava allora e i primi a rendersene conto furono proprio gli scienziati, fin dal momento dell'esplosione di Alamogordo. “Nessuno che l'abbia visto potrà dimenticare quel laido e terribile spettacolo”, fu il commento di Bainbridge, il quale aggiunse, rivolto a Oppenheimer: “Adesso siamo tutti figli di p...”. Più tardi Oppenheimer avrebbe commentato che questa fu “La cosa migliore che fosse stata detta dopo la prova”. Probabilmente, il Trinity fu uno spettacolo impressionante, visto che il direttore di Los Alamos Robert Oppenheimer lo descrisse con questo verso “Ora, sono diventato Morte, il distruttore dei mondi”.

Ecco come in seguito Enrico Fermi ricostruì le sue impressioni: “La mattina del 16 luglio mi trovavo al Campo Base, a circa dieci miglia dal luogo dell'esplosione. [L'esplosione] ebbe luogo intorno alle 5 e 30 del mattino. La mia faccia era protetta da una tavola in cui era incastrato un vetro per saldatori. La prima impressione dell'esplosione fu un intensissimo lampo di luce, e una sensazione di calore in tutte le parti del corpo che erano esposte [all'esplosione]. Anche se non guardai direttamente verso l'obiettivo, ebbi l'impressione che

*Hiroshima e
Nagasaki*



Il trinity test



d'improvviso il paesaggio circostante divenisse più luminoso che in pieno giorno, alla luce del sole. Guardando poi verso l'esplosione attraverso il vetro, potei vedere qualcosa che somigliava a un ammasso di fiamme che si sollevava rapidamente. Dopo pochi secondi le fiamme persero il loro bagliore e apparvero come un'enorme colonna di fumo con la sommità allargata come un gigantesco fungo che si sollevava rapidamente al di sopra delle nubi probabilmente a un'altezza di 30000 piedi [circa 9000 metri]. Dopo aver raggiunto la massima altezza, il fumo rimase immobile per un po', prima che il vento cominciasse a disperderlo. Circa 40 secondi dopo l'esplosione lo spostamento d'aria mi raggiunse. Cercai di stimarne la forza lasciando cadere da circa sei piedi di altezza dei pezzetti di carta prima, durante e dopo il passaggio dell'onda dell'esplosione. Poiché non c'era vento, potei osservare con precisione e, di fatto, misurare lo spostamento dei pezzi di carta che cadevano durante il passaggio dell'onda. Lo spostamento fu di due metri e mezzo, che a quell'epoca stimai corrispondente all'esplosione prodotta da circa diecimila tonnellate di tritolo".

Nella testimonianza di Fermi non vi è alcun accenno al rumore dell'esplosione, che pure fu terrificante. Un'ora dopo lo scoppio della bomba, Fermi indossò una tuta protettiva e si recò sul luogo dell'esplosione, a bordo di un carro armato schermato con lastre di piombo. Il traliccio metallico sul quale si trovava la bomba era sparito. Alla sua base la sabbia era stata trasformata in vetro. Furono raccolti campioni di materiali da analizzare. Lo scopo era raccogliere il plutonio rimasto e gli altri prodotti di reazione.

La decisione

La sera del 24 luglio Truman informò Stalin dell'esistenza di un'arma nuova e potentissima in mano agli Stati Uniti. Stalin rispose con noncuranza, dando a Truman la sensazione di non rendersi conto del senso della rivelazione. In realtà già sapeva. Sin dal 1942 agenti sovietici - uno dei quali era il fisico di origine tedesca Klaus Fuchs, che lavorava al progetto Manhattan - mandavano informazioni sui progetti nucleari americani. Quella stessa sera Stalin chiese ai suoi collaboratori di accelerare le operazioni del programma nucleare sovietico. Il 26 luglio Truman chiese al Giappone di arrendersi incondizionatamente "o di andare incontro alla distruzione". Non menzionò l'esistenza di una nuova arma. Il 28 il Giappone rifiutò. Truman, al quale toccava l'ultima parola, decise di dar corso alla risoluzione maturata poco dopo la notizia di Alamogordo, che prevedeva di usare la bomba in caso di mancata resa del Giappone.

Fino al 1° settembre, a Hiroshima si contarono 70.000 morti, e 140.000 alla fine del 1945. Nel giro di cinque anni, il numero di morti ricollegabili alla bomba salì a 200.000. Il 9 agosto l'Unione Sovietica entrò in guerra contro il Giappone. Il 10, il giorno dopo Nagasaki, si diffusero voci di resa. Il 14 agosto il Giappone accettò le condizioni degli Stati Uniti per la

cessazione delle ostilità e il 15 l'imperatore lesse il messaggio di
resa «a una nazione in lacrime».^{14 15} -

¹⁴ Cfr. De Bernardi- Guarraccino, La conoscenza storica, vol. 3, Milano, Mondadori, 2000.

¹⁵ <http://www.polito.it/didattica/polymath/html>

3.2 IL MANIFESTO RUSSELL-EINSTEIN

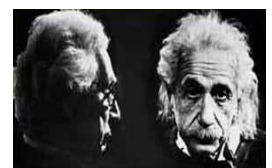
Come abbiamo visto, nel 1933, quando Hitler assunse il potere in Germania, Albert Einstein diede le dimissioni dall'Accademia di Prussia e si stabilì nel New Jersey, a causa dell'ondata antisemita provocata dall'intolleranza nazista. Albert Einstein aveva già 60 anni quando nel 1939 scoppiò il secondo conflitto mondiale ed è in quello stesso anno che il fisico Bohr, giunto in America, annunciava che a Berlino gli scienziati Hahn e Strassmann avevano scoperto la «scissione nucleare».

Il 2 agosto di quell'anno Einstein, quindi, insieme ad un gruppo di scienziati, temendo che, se Hitler fosse riuscito a costruire per primo la bomba atomica, l'avrebbe usata per porre il mondo ai suoi piedi, scrisse la lettera indirizzata al Presidente degli Stati Uniti Franklin Roosevelt chiedendo l'interessamento del governo americano alle ricerche nucleari. Roosevelt, dopo una certa titubanza iniziale, non si limitò a prevenire la costruzione della bomba atomica da parte di Hitler, ma riunì nel deserto di Los Alamos un gruppo di fisici che riuscì nell'intento.

Paradossalmente colui che mise in moto la terribile macchina della bomba atomica era lo stesso uomo che aveva affermato:

«Il mio pacifismo è un sentimento istintivo, un sentimento che mi domina, perché l'assassinio dell'uomo mi ispira disgusto. Il mio atteggiamento non deriva da qualche teoria intellettuale, ma si fonda sulla mia profonda avversione per ogni specie di crudeltà e di odio.»

Ecco perché Einstein, fino alla sua morte, non dimenticò mai quella lettera e non si stancò di ripetere: «*Se avessi saputo... non avrei mai scritto quella lettera*» e per la stessa ragione, nel 1955, in collaborazione con il filosofo inglese Bertrand Russell ed altre menti del tempo, concepì un manifesto per sensibilizzare gli scienziati del mondo intero riguardo i pericoli di una guerra nucleare. È una profonda analisi delle conseguenze che la bomba atomica causò nel contesto della seconda guerra mondiale e che potrebbe causare nell'immediato dopoguerra, dominato dalla continua rivalità tra Stati Uniti ed Unione Sovietica. Infatti, con quel nuovo tipo di armi è diventata veramente impossibile una guerra mondiale perché in tale evenienza il rischio sarebbe quello di determinare una catastrofe per tutto il nostro pianeta. Senza dubbio il concetto di violenza veniva a cambiare radicalmente: con le bombe atomiche non aveva e non ha più senso parlare di una violenza locale, poiché si ha sempre a che fare con una violenza globale, tale da coinvolgere tutta l'umanità. Era una violenza globale, dunque, che aveva però anche la capacità di far cambiare i rapporti tra le grandi potenze mondiali, per cui era necessario invitare la gente a guardare in faccia la realtà, senza coltivare alcuna illusione sul



fatto che la vittoria, in un conflitto nucleare, non avrebbe arrecato alcun vantaggio agli stessi vincitori. Se dunque sul piano immediatamente politico connesso con la fine della seconda guerra mondiale si trattava unicamente di «chiudere» un certo ciclo di lotte (ormai sostanzialmente definito), con questo atto si inaugurò però anche un nuovo periodo in cui le guerre non avrebbero più avuto senso alcuno poiché una guerra, se proseguita, avrebbe comportato necessariamente una sconfitta di tutta l'umanità.¹⁶

¹⁶ <http://www.polito.it/didattica/polymath/html>

4.1 Hegel: la filosofia della natura.

La filosofia della natura, illustrata nell' *Enciclopedia delle scienze filosofiche*, è la seconda parte del sistema hegeliano. La prima parte di esse, la logica, riguarda l'Idea in sé, considerata nella forma del pensiero puro. Per oggettivarsi, per essere oggetto a se stessa, l'Idea deve quindi uscire dall'"in sé", esteriorizzarsi, diventare "altro" rispetto al pensiero puro. Questa "Idea nella forma dell'essere altro" è la natura. Se il pensiero puro (l'Idea in sé) è universalità, necessità, unità, la natura (l'Idea fuori dal sé) è, al contrario, particolarità, accidentalità, dispersione, "per sé". La natura è infatti caratterizzata dall'estraneità non solo nel senso che essa è "altro" rispetto al pensiero puro, ma anche nel senso che è estrinsecità in se stessa, ossia dispersione di momenti particolari che non trovano un principio e una legge unitari. Dimostrazione di ciò è l'infinita ricchezza di forme che non è un segno di libertà creatrice, bensì un segnale di impotenza: l'inesauribile varietà di individui anomali dimostra che la produzione dei singoli si sottrae a chiare regole razionali ed è determinata da circostanze esterne ed accidentali.

Però anche la natura, come le altre parti del sistema, obbedisce ad uno schema dialettico. Infatti, essa si presenta come un sistema di gradi ciascuno dei quali deriva dal precedente senza tuttavia che si possa parlare di passaggio da un grado all'altro tra i diversi livelli della natura. Ogni grado della natura deriva dal sottostante nel senso che i processi chimici sono un mezzo indispensabile del prodursi della vita; ma ciò non dà luogo ad alcun passaggio o evoluzione dalla sfera inorganica a quella organica. La vita, in altre parole, non può prodursi per semplice evoluzione di un contesto che ne sia privo (ad esempio un animale o una pianta dall'acqua). Vale, invece, esattamente il contrario: sono i livelli superiori a spiegare e giustificare quelli inferiori.

Il primo grado della natura è la meccanica: essa è il piano della pura exteriorità dei fenomeni e culmina nella gravitazione universale. Il secondo momento è la fisica, ovvero lo studio della materia sul piano qualitativo, considerata cioè attraverso le proprietà che la caratterizzano. Il terzo grado è la fisica organica, in cui si afferma, per Hegel, una forma superiore di organizzazione, ovvero l'organismo. Solo negli organismi viventi la natura manifesta apertamente il carattere finalistico dei suoi processi. In essi, infatti, il fine è la vita ed è in vista di questo fine che operano e funzionano i diversi organi.

I tre momenti interni alla fisica organica (natura geologica, natura vegetale, natura animale) sono interpretati *in chiave teologica e vitalistica*. Hegel è fortemente polemico con le concezioni romantiche della natura. Egli non accetta, infatti, l'identificazione della natura con Dio (o comunque in riconoscimento di un carattere divino della natura). Questo equivarrebbe a identificare la natura con la sostanza infinita,

La natura: "Idea nella forma dell'essere altro da sé".

I gradi della natura.

Ogni aspetto della realtà è caratterizzato da un **movimento dialettico** che si svolge attraverso tre momenti fondamentali: tesi, antitesi e sintesi.

Identificazione Dio - natura.

mentre per Hegel essa rappresenta soltanto una "caduta", una "negazione" rispetto alla purezza dell'Idea in sé.

“La maggior parte delle divinità greche” scrive infatti Hegel *“sono individui spirituali; ma il loro primo punto di partenza era un momento naturale. L’uomo è il vero artefice[...]. L’uomo dunque esprimeva il significato della natura; l’interpretazione appartiene quindi solo all’uomo. Non era la natura che rispondeva al Greco, ma era l’uomo, incitato dalla contemplazione della natura, che rispondeva a se stesso.”*¹⁷

In comune con la filosofia romantica della natura, Hegel ha invece la profonda ostilità alla tradizione newtoniana che aveva imparato nel Settecento. La fisica newtoniana (e, prima ancora, galileiana) era fondata sulla convergenza di due metodi: metodo empirico e metodo matematico. Nessuno dei due piace ad Hegel. All'esperienza egli oppone il metodo speculativo, che non si limita a connettere le testimonianze della sensibilità, ma definisce ogni aspetto particolare della realtà mediante il suo rapporto con il tutto inteso come sostanza infinita ed assoluta. Al metodo matematico, che impone agli oggetti una razionalità astratta, Hegel sostituisce il metodo dialettico, che mostra l'intrinseco derivare di un aspetto dall'altro in una reciproca relazione di opposizione e di unità.

Inoltre, tanto l'esperienza quanto la matematica hanno il comune difetto di accontentarsi del caso, sia esso sensibile (come nel caso dell'esperienza), sia esso intuitivo (come nel caso della matematica), che esse assumono ingiustificatamente come punto di partenza: al contrario la filosofia speculativa, con il suo metodo dialettico, fornisce un fondamento assoluto ad ogni aspetto della realtà, riconducendolo, attraverso successive mediazioni, alla totalità infinita (che ovviamente, per Hegel, è fondata su se stessa).¹⁸

*Il metodo:
speculativo e
dialettico.*

¹⁷ Cfr. Hegel G.W.F., *Lezioni sulla filosofia della storia*, vol. II.3, pp.46-47 (tr.it. di G. Calogero e C. Fatta), La Nuova Italia, Firenze, 1963.

¹⁸ Cfr. Cioffi- Luppi, *I filosofi e le idee*, Milano, Mondadori, 2005

5.1 L'impressionismo.

"Questa pozza d'acqua evoca l'idea dell'infinito; in essa si rispecchiano, come in un microcosmo, l'esistenza degli elementi e l'instabilità dell'universo"

Claude Monet

L'Impressionismo è un movimento che segna una svolta decisiva nella storia della pittura, la sua nascita è data intorno all'anno 1861, quando un gruppo di artisti iniziano a frequentarsi per porre le basi di una pittura più libera e meno accademica. Come sempre avviene, il movimento inizia a svilupparsi, poiché molti di questi artisti non vengono accettati ad esporre nei luoghi "ufficiali", tanto che nel 1863 Napoleone III istituisce il "Salon des Refusés" (Il salone dei Rifiutati). Sarà proprio in questo salone che Manet esporrà il suo "Déjeuner sur l'herbe (colazione sull'erba), quadro che desta grande scandalo sia per il soggetto che per la nuova tecnica di pittura. Sarà tuttavia solo nel 1872 che il movimento assumerà il nome di Impressionismo ed esattamente quando il critico Louis Leory, scrive su un celebre giornale satirico un articolo nel quale definisce questo gruppo di pittori "impressionisti", prendendo la parola da un quadro esposto da Monet, che si intitolava "Impression soleil levant".

Il 1886 è l'anno dell'ottava ed ultima mostra impressionista e da questa data l'impressionismo può già considerarsi una esperienza chiusa. Tuttavia, lascia una eredità con cui faranno i conti tutte le esperienze pittoriche successive. Non è dunque azzardato dire che è l'impressionismo ad aprire la storia dell'arte contemporanea. Se il pittore precursore dell'impressionismo è Edouard Manet, il pittore più impressionista è certamente stato Claude Monet, ma ovviamente hanno dato un notevole contributo alla corrente impressionista anche artisti come Auguste Renoir, Edgar Degas, e Paul Cézanne, la cui opera per prima supera l'impressionismo.

Per gli impressionisti, inoltre, da un punto di vista "tecnico", saranno il colore e la luce la base per rappresentare la realtà percepita attraverso l'occhio dell'artista.

La grande specificità del linguaggio pittorico impressionista sta, infatti, nell'uso del colore e della luce: l'occhio umano percepisce inizialmente la luce e i colori, dopo di che, attraverso la sua capacità di elaborazione celebrale distingue le forme e lo spazio in cui sono collocate. Distinguendosi inoltre dai precedenti artisti, gli impressionisti, amavano dipingere all'aria aperta (en plein air) e preferibilmente vicino a specchi d'acqua, ovvero là dove vi è un particolare gioco di riflessi di luce. Nella varietà di temi cari all'Impressionismo, l'acqua occupa, infatti, un posto privilegiato. La sua trasparenza, il suo potere riflettente e la sua condizione di moto continuo ne fanno un modello unico per studiare le variazioni di luce, legate alle mutazioni atmosferiche e al trascorrere del tempo. In relazione al paesaggio circostante l'acqua assume toni cromatici che incessantemente cambiano: il pittore li fissa sulla tela

Impressionismo

*luce e colore
sulle tele.*

*L'acqua: tema
impressionista*

accostando diverse gradazioni di colore molto ravvicinate, che l'occhio dell'osservatore legge sovrapposte ed omogeneamente fuse, recuperando effetti di brillantezza e lucentezza assolutamente inediti.

L'artista che si identifica maggiormente con l'impressionismo è Claude Monet.

Egli matura il suo interesse per la luce lavorando "en plein air"; è sempre attento alla rappresentazione della natura nel suo infinito variare e nel suo continuo ed incessante moto di crescita. Egli cerca, nei suoi dipinti, di rendere sulla tela le sensazioni che l'ambiente gli suggerisce. Dipinge sulle spiagge di Normandia o sulle rive della Senna, dove la luce non è univoca come negli atelier.

Il paesaggio, nella sua ricchezza di forme e colori, soggetto a continue mutazioni climatiche ed atmosferiche, è l'oggetto dell'indagine di Monet, per verificare come l'occhio umano possa percepire rapide impressioni captate dall'ambiente, e fermare così sulla tela un istante dell'eterno fluire delle cose. Monet cerca di trasmettere sensazioni visive: i suoi soggetti sono ripetuti innumerevoli volte, ripresi dalla medesima angolatura, ma in diverse condizioni atmosferiche e a diverse ore del giorno, per registrare le infinite varianti temporali, e di conseguenza quelle luministiche e coloristiche. Questa tendenza nasce dal suo interesse per le modificazioni che il soggetto subisce sotto l'effetto delle diverse condizioni meteorologiche e delle diverse ore del giorno. Il soggetto in se, per l'artista, rappresenta il supporto che registra le trasformazioni della luce e del colore. Ogni quadro, pertanto, risulta diverso dall'altro, anche se rimane riconoscibile la forma di base. Nei quadri di Monet sono rappresentati paesaggi naturali, principalmente fiumi o mari, e la natura in tutta la sua bellezza, mentre raramente appaiono figure di persone. Egli è affascinato dall'acqua, che risulta mobile e riflettente. Tutto ciò che la circonda e la sovrasta vi si specchia con i suoi diversi colori, i quali si influenzano, si fondono e vengono respinti. Secondo questo pittore, l'acqua rappresenta la relatività dell'essere di ogni persona, in quanto non è mai la stessa. Nella serie delle Cattedrali di Rouen, Monet non è interessato alla riproduzione della struttura architettonica, ma solo alla resa del gioco di luci e ombre che il sole disegna sulla facciata della chiesa, creando un'armonia di toni che va dal giallo oro, all'azzurro, al blu del cielo.

Allo stesso modo nella serie delle Ninfee, che dipinge fino alla morte, la realtà del fiore quasi non sussiste più se non come pretesto per dar voce a un mondo di sensazioni cromatiche e luministiche. Lo stagno con ninfee è un suo tema prediletto a partire dal 1890. A quella data risale l'acquisto della proprietà di Giverny comprendente un giardino che il pittore dota subito di un piccolo lago artificiale, protetto da alberi frondosi, colorato da moltissime varietà di ninfee e solcato da un ponte di legno di gusto giapponese. Il luogo è perfetto per gli esperimenti

Claude Monet

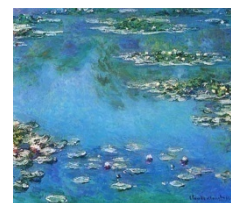


La cattedrale di Rouen

dell'artista: l'acqua garantisce vibranti riflessi luminosi che filtrano dal cielo attraverso le piante mosse dal vento. Si crea un paesaggio che ha la fondamentale caratteristica di essere continuamente soggetto a variazioni di luce e quindi di colore col succedersi delle stagioni e delle ore del giorno. L'obiettivo di Monet è dipingere questo soggetto naturale, quasi metafora della vita stessa, nella sua infinita varietà, mai uguale a se stessa. "Questa pozza d'acqua evoca l'idea dell'infinito; in essa si rispecchiano, come in un microcosmo, l'esistenza degli elementi e l'instabilità dell'universo". Queste parole dell'autore sembrano voler sottolineare il fatto che lo stagno delle ninfee appare quasi un pretesto per evocare la variabilità del reale e la tensione all'infinito.¹⁹



Ninfee



Ninfee



Ninfee

¹⁹ Cfr. Di Teodoro- Cricco, *Itinerario nell'arte*, vol. 3, Bologna, Zanichelli, 2000.

6.1 Introduzione.

L'acqua, per le sue caratteristiche e proprietà tipiche, è sempre stata oggetto di ispirazione per i poeti di ogni nazionalità. Questi letterati, prima di scrivere le loro opere, sono stati colpiti forse dal fatto che l'acqua è una di quelle poche "cose" ancora in grado di ispirare purezza e avente la funzione di rievocare alla mente lontani ricordi, lieti o tristi; essa inoltre è uno degli strumenti più potenti della natura in grado di uccidere e distruggere, ma senza la quale la vita non sarebbe possibile. Le funzioni assegnate all'acqua dai poeti si dividono principalmente in due categorie: quelle positive, tra cui la purificazione e la rievocazione di circostanze liete; e quelle negative come l'essere causa di morte e distruzione. Tra i poeti che esaltano le qualità positive dell'acqua i più importanti sono sicuramente Ungaretti, Foscolo, Pascoli e Dante tra gli Italiani, Lucrezio e Seneca tra i latini. Ungaretti, nella poesia "I Fiumi", racconta come un bagno ristoratore compiuto nell'Isonzo durante la Grande Guerra abbia la capacità di fargli ritornare alla mente i ricordi dell'infanzia anch'essi legati a tre importanti fiumi, l'Isonzo, il Serchio e il Nilo. Foscolo, nel sonetto "A Zacinto", rievoca l'immagine mitologica di Venere nata dalle acque, la stessa Venere che cantò Lucrezio nel celebre "Inno a Venere", ad apertura del "De rerum Natura". Nella "Divina Commedia" di Dante, date le dimensioni, i significati dati all'acqua sono molteplici. Pascoli, invece, è l'autore dei versi che nella loro musicalità, fanno sentire nella mente il morbido avanzare dell'acqua, nel "canto secondo" dei "Primi poemetti", ma anche in "Mare", pubblicata in Mirycae. Goethe, il più importante poeta della letteratura tedesca, nella poesia "Gesang der Geister über den Wassern", mette a confronto i moti tumultuosi dell'acqua con quelli dell'anima, mostrando come quest'ultima provenga dal cielo e si comporti nelle prime fasi della vita come un torrente e una cascata diventando con il passare del tempo sempre più quieta, venendo paragonata ad un tranquillo lago montano, e raggiunga lentamente la fine del proprio viaggio ritornando in cielo. Seneca, infine, trattò l'acqua, come Lucrezio e Plinio, in un trattato incentrato sulla natura, ovvero le "Naturales quaestiones".

Potremmo andare all'infinito in queste citazioni e non riusciremmo a concludere l'argomento. La letteratura, tutte le volte che si immerge nel concetto dell'acqua, ci ricorda anche che siamo esseri fragili: il mare ci circonda da ogni parte. Seguire, dunque, tutte le tracce che l'idea dell'acqua, del mare, della pioggia ha lasciato nella letteratura di tutto il mondo è praticamente impossibile. La materia è immensa come un oceano.

*L'acqua come
fonte
d'ispirazione dei
poeti*



Non c'è romanzo, poesia e perfino musica che non risalga in un modo o nell'altro a questa immagine. L'immagine dell'acqua che la grande letteratura è riuscita a catturare può essere talvolta anche sconvolgente, poiché riconosciamo che l'acqua è dentro la nostra mente, dentro le nostre origini, dentro i nostri ricordi. I romanzi abbondano di tempeste e di uragani, di gorgi marini e di fulmini. Si potrebbe mettere insieme un' antologia di annegati tratti dalle pagine di tutti i romanzi, e potremmo perfino versare sul loro tragico destino lacrime abbondanti. Vi sono probabilmente più annegati di innamorati.²⁰

²⁰ Cfr. Bruscagli- Tellini, *Itinerario nell'invenzione*, Milano, Sansoni editore, 2002.

6.2 Lucrezio (98/96a.C-55 a.C.)

L'immagine dell'acqua quale elemento naturale principio base della vita emerge nella letteratura latina durante il primo secolo avanti Cristo ad opera di Lucrezio. Il "De rerum natura", infatti, è un componimento "Sulla natura", volto ad analizzarne tutte le caratteristiche fondamentali. Si tratta di un poema epico-didascalico scritto in esametri, suddiviso in sei libri e rimasto incompiuto per la morte prematura del poeta. L'oggetto è l'esposizione della filosofia epicurea che, verso la metà del primo secolo avanti Cristo, aveva già raggiunto un'ampia diffusione nel mondo romano e che il poeta si propone di diffondere ulteriormente poiché è sicuro che solamente questa possa assicurare agli uomini la soluzione dei propri problemi esistenziali.

Il titolo del poema, inoltre, richiama le opere di numerosi filosofi greci ed anche l'opera più importante di Epicuro, che ne costituisce senz'altro la fonte principale. Lucrezio di propone, dunque, il compito di diffondere a Roma la dottrina epicurea, non scegliendo il genere del trattato, come di tradizione latina, bensì il poema, ricollegandosi alla tradizione greca della poesia epico-didascalia appunto.

Il poema si apre con un ampio proemio costituito da una solenne preghiera rivolta a Venere, la dea progenitrice e protettrice dei romani. È evidente la concessione fatta dal poeta alle convenzioni del genere epico, che prevedono nel proemio l'invocazione alla divinità; ma è altrettanto evidente che la presenza di Venere assume un significato non religioso in senso tradizionale ma simbolico: Venere, dea dell'amore, del piacere, della fecondità, nata dalle acque, è simbolo della forza generatrice della natura e, insieme, della pace e della felicità che derivano all'uomo nella conoscenza delle leggi naturali.

Dopo l'inno a Venere, all'interno del quale è inserita la dedica a Memmio, troviamo un breve elogio ad Epicuro, esaltato come l'eroe salvatore dell'umanità, che ha saputo distruggere l'orribile mostro della religione. Per dimostrare quest'ultimo concetto Lucrezio narra il celebre episodio del sacrificio di Ifigenia, figlia di Agamennone. Dunque dà grandissimo risalto alla polemica antireligiosa che costituisce uno dei principali motivi conduttori del poema.

Ha poi inizio nel libro I la trattazione della teoria degli atomi e del clinamen. Il libro II, invece, si apre con un proemio in cui la serenità imperturbabile del saggio è contrapposta alla stoltezza e all'infelicità della maggior parte degli uomini, travagliati dall'avidità di ricchezze, dall'ambizione e dalla paura. Lo scopo del libro III è quello di liberare gli uomini dalla paura della morte negando, come di tradizione epicurea, l'esistenza di pene infernali in un mondo ultraterreno per i malvagi. Si prosegue inoltre con la distinzione tra animus, quale sede delle facoltà razionali, ed anima, quale principio vitale diffuso in tutto il corpo.

Il "De rerum natura"

Prologo dedicato a Venere

Struttura del poema

Clinamen:
inclinazione, o
deviazione che
interviene a
modificare le
traiettorie verticali
degli atomi.

Nel IV libro il poeta spiega come funzionano la vista, l'udito, il gusto e l'odorato, per poi passare alla trattazione delle visioni mentali e dei sogni.

Il V libro è a sfondo cosmologico. Lucrezio, infatti, descrive la formazione dell'universo e i movimenti dei corpi celesti.

Nel VI libro, infine, sono descritti i fenomeni meteorologici che provocano nell'uomo il terrore superstizioso degli dei, da smentire attraverso la spiegazione scientifica delle cause di questi fenomeni. Sono illustrati, dunque, tutti i fenomeni terrestri: i terremoti, i vulcani, le piene del Nilo, le acque sotterranee, la calamità.

La struttura del poema è chiara ed ordinata ed ogni libro, riprendendo l'uso dei poemi didascalici di Virgilio, presenta un prologo ed un finale.

Ma il "De rerum natura" non è solamente una semplice divulgazione del pensiero epicureo, in esso, infatti, sono contenuti altri temi. Primo fra tutti, nella polemica lucreziana, vi è il concetto che alla base della creazione del mondo e dell'universo, non vi sia un disegno provvidenziale divino. La realtà appare, inoltre, a Lucrezio tormentata dalla paura dell'ignoto e da una tragica imperfezione del cosmo: parla di *culpa naturae*, ovvero il "difetto della natura". Emergono inoltre:

- l'antireligiosità radicale;
- la mortalità dell'anima insieme al corpo;
- la condanna alle atrocità della guerra;
- l'elogio della ragione, unica salvezza dell'uomo;
- la paura e il turbamento di fronte ai fenomeni naturali;

Da un punto di vista formale lo stile è solenne, mentre vengono introdotte delle innovazioni lessicali e semantiche poiché vengono introdotti termini scientifici e filosofici latini che traducono per la prima volta significati prima espressi con vocaboli greci. Allo stesso modo vengono affiancati a tali vocaboli termini di uso comune, popolare e quotidiano.²¹

I temi

Lo stile

²¹ Cfr. Giovanna Garbarino, "Letteratura latina", vol.2, Paravia editore, 1993

Inno a Venere.

*Aeneadum genitrix, hominum divomque voluptas,
alma Venus, caeli subter labentia signa
quae mare navigerum, quae terra frugiferentis
concelebras, per te quoniam genus omne animantum
concipitur visitque exortum lumina solis:
te, dea, te fugiunt venti, te nubila caeli
adventumque tuum, tibi suavis daedala tellus
summittit flores, tibi rident aequora ponti
placatumque nitet diffuso lumine caelum.*²²



*Genitrice degli Eneadi, piacere degli uomini e degli dei,
alma Venere, tu che sotto gli astri trascorrenti del cielo
popoli il mare solcato dalle navi e le terre feconde
di messi, perché grazie a te ogni essere vivente è concepito
e, una volta nato, vede la luce del sole:
te, o dea, te fuggono i venti, te e il tuo arrivo
le nubi del cielo, per te la terra feconda produce
i dolci fiori, per te ridono le distese del mare
e il cielo tranquillo risplende di luce diffusa.*²³

²² Cfr. Casillo- Urraro, “L”uomo latino”vol.2, Napoli, Loffredo editore 2000

²³ trad. a cura di F.Rosa,

6.3 Seneca (4 a.C. – 65 d.C.)

Gli argomenti meteorologici vennero ripresi anche in epoca successiva da Seneca nelle “*Naturales quaestiones*”.

Quest’opera risale agli anni del ritiro, quando Seneca ebbe il tempo di dedicarsi meticolosamente alla filosofia.

Le “*Naturales quaestiones*”, ovvero le “questioni naturali”, sono un trattato di scienze naturali diviso in sette libri e dedicato a Lucilio, lo stesso destinatario delle “*Epistole*”.

L’opera senecana tratta, appunto, argomenti meteorologici e precisamente:

- nel libro I dei fuochi celesti, quali gli arcobaleni, le meteore ecc...;
- nel libro II dei lampi, dei fuochi e dei fulmini;
- nel libro III delle acque terrestri;
- nel libro IV delle piene del Nilo, della pioggia, della grandine e della neve;
- nel libro V dei venti;
- nel libro VI dei terremoti;
- nel libro VII, infine, delle comete.

Il trattato ha un carattere dossografico: l’autore cioè svolge i singoli argomenti riportando e discutendo le posizioni dei vari filosofi.

Seneca si propone, anche in quest’opera, uno scopo essenzialmente morale; egli mira, infatti, come Lucrezio, a liberare gli uomini dai timori che nascono dall’ignoranza dei fenomeni naturali e ad insegnare il giusto uso dei beni messi a disposizione dalla natura.

In particolare Seneca ammonisce e prova compassione per la stragrande maggioranza delle persone che trascurano lo studio della natura per occuparsi di cose moralmente inutili, quali i vizi.

Viene esaltata, inoltre, la ricerca scientifica considerata il mezzo con cui l’uomo può innalzarsi al di sopra di ciò che è puramente umano ed elevarsi fino alla conoscenza delle realtà divine. Conclude, infine, esprimendo la certezza che in un futuro, sia molto lontano, il progresso scientifico porterà alla luce le verità ancora ignote.

I temi centrali dell’opera, dunque, sono:

- le digressioni di carattere moralistico;
- la fiducia nel progresso scientifico;
- l’antireligiosità, come in Lucrezio.

In tutta la produzione di Seneca è costante l’atteggiamento dell’autore che, parlando sempre direttamente in prima persona e rivolgendosi sempre ad un destinatario, mira non solo a persuadere il destinatario, fittizio, dell’opera, ma, anche, a coinvolgerlo affettivamente.

I mezzi di cui si serve il filosofo sono naturalmente quelli della retorica. Lo stile presenta numerose analogie, antitesi, parallelismi e anafore, ed è incentrato sulla *sententia*, la frase ad

Le “Naturales quaestiones”

La struttura

I temi

Lo stile

effetto. Egli predilige la paratassi all'ipotassi, attraverso l'utilizzo di periodi brevi e concisi, lasciando impliciti, a volte, i nessi logici tra un periodo e l'altro.²⁴

La piena del Nilo

Hunc nobilissimum amnium natura extulit ante humani generis oculos et ita disposuit, ut eo tempore inundaret Aegyptum quo maxime usta feruoribus terra undas altius traheret, tantum usura quantum siccitati annuae sufficere possit. Nam in ea parte, quae in Aethiopiam uergit, aut nulli imbres sunt aut rari et qui insuetam aquis caelestibus terrain non adiuuent.

La natura ha innalzato davanti agli occhi del genere umano questo fiume, il più famoso di tutti, e ha fatto sì che inondasse l'Egitto nel periodo in cui la terra, bruciata da un caldo torrido, assorbe più profondamente le acque, per utilizzarne tanto quanto possa essere sufficiente ad affrontare la siccità che ricorre ogni anno. Infatti, in quella regione rivolta verso l'Etiopia, le piogge o sono completamente assenti o cadono raramente, e non bastano per giovare a una terra non abituata alle acque provenienti dal cielo.

Naturales quaestiones, libro IV, 2,1



²⁴ Cfr. Giovanna Garbarino, "Letteratura latina", vol.3, Paravia editore, 1993

6.4 Dante (1265-1321)

Nella “Poetica” di Aristotele, opera che verrà tradotta e diffusa in modo più consistente solo nel 1536, si evidenzia una suddivisione di stili di scrittura e di appartenenza al genere. Aristotele, infatti, delinea uno stile:

- Basso o umile, tipico della commedia, che presenta la caratteristica di avere un triste inizio ed un lieto fine;
- Medio, tipico dell’elegia e dell’epica, la prima di argomento prettamente amoroso, la seconda, a scopo morale, nell’esaltazione dei valori e delle virtù dell’eroe;
- Alto o sublime, tipico della tragedia, che, al contrario della commedia, presenta un lieto inizio e un finale drammatico.

A seconda dei diversi stili corrisponde, naturalmente, una diversa proprietà linguistica che varia, appunto, da un linguaggio “basso” o volgare ad uno “alto” o aulico.

È a questa suddivisione tematica che si rifà l’opera dantesca. Dante, infatti, divide l’opera in tre libri o “cantiche”, suddivise a loro volta in 33 canti ciascuna, più un canto che funge da prologo o prefazione di tutta l’opera nel primo libro dell’inferno. Ciò solamente come conseguenza del fatto che, nella religione cristiana, i numeri tre e dieci e i loro multipli costituiscono i numeri perfetti in quanto rappresentativi della suddivisione gerarchica divina della “trinità” e del numero dei comandamenti dettati da Dio ad Abramo.

Ad ogni libro, però, corrisponde uno stile differente. Pertanto Dante inizia il suo viaggio immaginario verso il paradiso dall’inferno in cui utilizza uno stile basso, per poi passare ad uno stile medio nel purgatorio, arrivando all’adozione di uno stile sublime nel paradiso, e delineando così quello che la critica ha definito “pluristilismo dantesco”.

L’opera, inoltre, presenta una struttura in climax in cui anche l’invocazione alla divinità per un “aiuto” nella stesura e nel completamento del componimento, derivata dalla tradizione epica di Omero prima e di Virgilio poi, va “crescendo”. Dante, infatti, nel “cantare” l’inferno fa riferimento a tutte le muse, nel purgatorio, in maniera più specifica, invoca Calliope, la musa del bel canto, e nel paradiso, infine, chiede l’aiuto di Apollo, dio dei poeti.

La suddivisione di un “al di là” ripartito in inferno, destinato ai dannati ed ai peccaminosi, purgatorio, in cui alcune anime possono rimediare ai propri errori, e paradiso, in cui pervengono e risiedono le anime più alte, che godono della luce e della presenza divina, non è di invenzione dantesca, bensì deriva dalla tradizione popolare del Medioevo.

Il poeta usa l’espedito dell’ascesa simbolica verso il paradiso sia per denunciare la corruzione della società medievale ed, in particolare, della chiesa, sia per esaltare la figura dell’impero quale forma più alta di governo, sia per sensibilizzare una società contemporanea travolta ogni giorno di più nel peccato.

*Suddivisione
aristotelica dei
generi letterari*

*Struttura della
Divina
Commedia*

*Funzione
simbolica del
poeta*

Dante, dunque, si assume il compito, simbolico, di salvare la propria anima dal peccato e, più in generale, tutto il genere umano.

L'inizio dell'opera, in un contesto oscuro, in cui vige ovunque il senso del peccato, ed un finale in cui il poeta riesce nel suo intento di salvare la propria anima fanno sì che l'opera venga classificata, dall'autore stesso, come appartenente al genere letterario della commedia, e porti fino al 1555 il titolo programmatico di "Commedia". Solo nel 1555, infatti, Ludovico Dolce vi aggiunge l'aggettivo "divina" che accompagnerà tutte le successive pubblicazioni.

I compiti o i significati simbolici attribuiti all'acqua in quest'opera sono innumerevoli. Nel canto VI del purgatorio Dante infligge ai golosi la punizione di rimanere in eterno sotto una pioggia "eterna, maladetta, fredda e greve" mescolata a grandine e neve che provoca in loro enorme dolore ("Urlar li fa la pioggia come cani..."). L'acqua, inoltre, ha la funzione di separare il regno dei vivi da quello dei morti (il fiume Acheronte attraverso il quale naviga Caronte) e da fungere da via che le anime devono percorrere per raggiungere l'Aldilà.

Il titolo...

*Significato
simbolico
dell'acqua.*

Inferno canto II

*(...)Poi si ritrasser tutte quante insieme
forte piangendo, a la riva malvagia
ch'attende ciascun uom che Dio non teme. (...)²⁵*

Purgatorio canto I

*Per correr miglior acqua alza le vele
ormai la navicella del mio ingegno
che lascia dietro a sé mar sì crudele
e canterò di quel secondo regno
dove l'umano spirito si purga
e di salir al ciel diventa degno(...)²⁶*



²⁵ Cfr. Dante Alighieri, "La divina commedia"(a cura di Natalino Sapegno)
"La nuova Italia"editore, 1990

²⁶ Cfr. Dante Alighieri, "La divina commedia"(a cura di Tommaso Di Salvo),
"Zanichelli"editore, 1993

6.5 Ugo Foscolo (1778- 1827)

La formazione di Foscolo si svolge su premesse prettamente settecentesche e, pertanto, è basata sulle componenti materialistiche e meccanicistiche tipiche dell'illuminismo. Foscolo, inoltre, aderisce in modo consapevole alla teoria vichiana dei corsi e ricorsi storici, deducendo che la vita del mondo si riduce ad una vicenda di continue trasformazioni materiali in cui non è possibile individuare un motivo che possa giustificare i processi che, di volta in volta, si ripropongono con sfumature differenti.

La storia, dunque, è solo un ripetersi ciclico e meccanico degli avvenimenti mentre la vita stessa trova base nei principi estremamente razionali e materialisti, in una concezione pessimistica della realtà ed, inoltre, precludendo ogni elemento teologico- divino. Come conseguenza, Foscolo attribuisce l'esistenza non ad una religione "trascendente", bensì al valore di alcuni ideali, i miti e le illusioni, nella formulazione di una "religione laica". Pertanto la poetica di Foscolo viene ad essere definita "delle illusioni" o "religione laica delle illusioni" in cui emerge sia la fede negli ideali quali la libertà, la giustizia, e la fede nell'armonia dell'universo - secondo il medesimo modello meccanicistico - sia la fede nel valore supremo, ovvero la poesia, che "raccolge" tutti gli ideali e "li sublima", e che è posta al vertice della sua complessa esperienza di uomo e pensatore. Per Foscolo, infatti, nella poesia si risolvono le contraddizioni, i turbamenti e le ansie dell'animo umano. Quest'ultima, oltre a rasserenare e allietare l'uomo, svolge anche la funzione fondamentale di "eternare il ricordo" e "la memoria dei secoli", temi centrali del carne dei "Sepolcri".

In generale tutte le opere di Foscolo, ad eccezione delle scritture critiche ("Discordi sulla lingua" e "Saggi sul Petrarca") e dei componimenti a tema politico- sociale, presentano delle "immagini" comuni e ricorrenti, quali le illusioni che esprimono significati simbolici molto forti, e i miti, ereditati dalla tradizione classica. I miti definibili principali, sui quali verte tutta la composizione foscoliana sono: il mito della tomba; il mito della bellezza; il mito dell'esilio e, infine, il mito della poesia, che, come precedentemente citato "tutti li sublima e li raccoglie".

Il mito della tomba rappresenta il nucleo centrale del carne dei Sepolcri che si articola in due sequenze, una maggiore, in cui viene spiegata l'importanza del culto dei morti nelle varie etnie e la funzione stessa del sepolcro, non prettamente funzionale ma volta ad eternare il ricordo dei morti ma anche, e soprattutto, eternare la memoria degli eroi e le loro nobili imprese; una sequenza minore, invece, che ne delinea su un piano mitologico l'universalità del culto "dei morti", "utile" non ai morti, bensì ai vivi stessi che soddisfano così la necessità di sentire ancora vicino e concreto, direi, chi non c'è più, in una foscoliana, appunto, "corrispondenza di amorosi sensi". Questo mito inoltre

Prima formazione

*La poetica delle
"illusioni"*

I miti

ricorre nei sonetti "Alla sera", come rievocazione alla morta, metafora della morte, ed "In morte del fratello Giovanni" come sopravvivenza alla morte per mezzo del ricordo dei vivi.

Il mito dell'esilio, direttamente collegato al mito della patria, si rifà alla condizione sociale in cui si trova il poeta, esiliato, con il rimpianto di avere, pertanto, un' "illacrimata sepultura" lontano dalla terra natia. Il tema dell'esilio emerge fortemente nel sonetto "A Zacinto" in cui, inoltre, di derivazione classica, emerge il mito della bellezza, ideale e morale, e a cui è attribuito dal poeta il compito di rasserenare gli animi.

In "A Zacinto", in particolare, si individua una massiccia presenza di elementi femminili e materni: oltre all'espressione "materna mia terra", è presentata Venere, dea dell'amore e della creazione ("genitrice" dice il poeta latino Lucrezio, "degli dei e degli uomini"), e Zante, isola piena di luce e di vita. Ci sono, inoltre, moltissimi riferimenti all'acqua, senza la quale non c'è vita: ci sono le "onde del greco mar" e c'è Omero che canta "le acque fatali" di Ulisse.

Ma, oltre a questi riferimenti espliciti, ci sono quelli impliciti, che si nascondono dentro altre parole: tutte le parole in rima dei primi otto versi, infatti, o sono termini che indicano direttamente l'oggetto ("onde", "acque"), o sono termini che contengono il nome dell'oggetto (sp-onde; gi-acque; n-acque; fec-onde; t-acque; fr-onde).

Foscolo, inoltre, nato sull'isola di Zante, non usa il nome moderno della sua terra, ma quello con il quale la chiamavano gli antichi Greci, Zacinto.

Automaticamente il nome classico evoca il mondo dell'antica Grecia e dei suoi miti: Zacinto è situata proprio nello stesso mare in cui, secondo la leggenda, nacque Venere, la dea dell'amore che ha reso feconda e felice l'isola; è lo stesso mare di cui parla Omero mentre racconta le avventure drammatiche di Ulisse; quell'Ulisse che, come il poeta, era esule in cerca della patria e che alla fine del suo peregrinare riuscì ad approdare ad Itaca, la sua pietrosa ma amata terra natia.

Il poeta, invece, non avrà la gioia di tornarci, perché il destino gli ha riservato di morire in terra straniera, dove nessuno andrà a visitare la sua tomba.

Egli compare solo nell'ultima terzina, dove, con il sopravvento di un elemento "preromantico", si può notare un sentimento di pessimismo e di tristezza, del tutto assente negli altri dodici versi, in cui invece predomina una visione tutta classicistica, con un paesaggio fatto di sole, di cieli azzurri, di boschi verdeggianti e in cui la figura di Ulisse ci si presenta nel momento della felicità, quando finalmente approda alla sua isola.

Ulisse, inoltre, "bello di fama e di sventura" rappresenta l'immagine del poeta, anch'egli esule, di animo nobile, avversato dal destino e dagli uomini, rappresenta soprattutto il nuovo concetto dell'eroe romantico, grande per la forza e la dignità con cui sopporta le ingiurie della sventura (l'esito

"A Zacinto"

dell'esilio però, sarà diverso: Foscolo a differenza di Ulisse sarà sepolto in terra straniera). Omero rappresenta la poesia eternatrice dell'eroismo e dei valori più alti e Venere, nata secondo il mito dalla spuma del mare, è simbolo della natura fecondatrice, della bellezza e dell'armonia, e con il suo sorriso ha reso fertile e rigogliosa la patria del poeta

Vi è un'intrecciarsi, inoltre, non solo a livello contenutistico, ma anche a livello formale tra neoclassicismo e romanticismo, tra sentimenti prettamente romantici ed equilibrio classico, tra pessimismo e mitologia. Il brano è un sonetto (14 versi, distribuiti in due quartine e in due terzine), ovvero una composizione "classica" della letteratura italiana. In genere ogni verso del sonetto ha senso compiuto e ogni strofa finisce col punto fermo, invece, nel sonetto foscoliano vi è una rivoluzione ritmica: quasi tutti i versi travalicano, mediante gli *enjambement*, dall'uno all'altro; è impossibile fermarsi alla fine del verso, perché il senso della frase si conclude spesso nel verso successivo.

Tutto l'andamento ritmico del sonetto ne è sconvolto. Anche la suddivisione in strofe non funziona più, perché abbiamo un unico lungo periodo sintattico che va dal primo al dodicesimo verso.²⁷

A Zacinto

*Né più mai toccherò le sacre sponde
ove il mio corpo fanciulletto giacque,
Zacinto mia, che te specchi nell'onde
del greco mar da cui vergine nacque*

*Venere, e fea quelle isole feconde
col suo primo sorriso, onde non tacque
le tue limpide nubi e le tue fronde
l'inclito verso di colui che l'acque*

*cantò fatali, ed il diverso esiglio
per cui bello di fama e di sventura
baciò la sua petrosa Itaca Ulisse.*

*Tu non altro che il canto avrai del figlio,
o materna mia terra; a noi prescrisse
il fato illacrimata sepoltura.*



²⁷ Cfr. Bruscagli- Tellini, *Itinerario nell'invenzione*, Sansoni editore 2002

6.6 Giovanni Pascoli (1855- 1912)

Contesto storico

Tra la fine del 1800 e i primi anni del '900, nasce in Europa un' esigenza di rinnovamento letterario sui piani contenutistici e stilistici. Tale esigenza viene generata innanzi tutto dalla caduta dei valori positivisti, che hanno stabilito il primato della scienza e del metodo sperimentale in ogni ambito della realtà, ma hanno anche distrutto l'illusione religiosa dell'uomo, uno dei fondamenti della società sin dai tempi più remoti.

Si aggiunge inoltre la crescente insofferenza nei confronti della crisi degli ideali della borghesia italiana, il rifiuto dell'ottimismo progressista tipico del romanticismo, e il diffondersi di una corrente filosofica e letteraria nuova, quale il decadentismo.

In questo contesto, in cui emerge una generale condizione di smarrimento ed insoddisfazione perenne da parte dei poeti e dei letterati, si colloca la personalità di Pascoli, uno dei maggiori esponenti simbolisti, a cui viene attribuita dalla critica un'importanza rilevante nell'aver anticipato gli elementi contenutistici e stilistici che accompagneranno il nuovo secolo. Pascoli comincia a scrivere nel 1891 pubblicando una raccolta che si accresce nelle varie pubblicazioni, ovvero "Myricae", il cui titolo rimanda ad un'opera virgiliana. Già dalla prima opera si delinea un linguaggio nuovo, moderno, in cui il "movimento" del discorso viene spezzato, e la sintassi "tormentata", la cui caratteristica peculiare è costituita dalla musicalità della parola, del verso. Nasce da ciò il "frammento lirico", che si identifica come un testo non lungo in cui è racchiusa non solo la sostanza di un significato intenso ma, anche, l'emozione del sentimento che l'ha generato. Come conseguenza la poesia si delinea come espressione, immediata, delle sensazioni, configurandosi in un atteggiamento anti-letterario e non rispettando, dunque, i canoni classici di equilibrio e compostezza dell'opera.

Il "frammento lirico"

Non si possono evidenziare, invece, dei temi specifici sui quali trova fondamento la poetica pascoliana, se non le cose semplici che riescono a scaturire nel poeta, come nel fanciullo, curiosità e meraviglia. Pertanto la poetica stessa di Pascoli viene definita "del fanciullino", in richiamo all'opera omonima, scritta in prosa e pubblicata nel 1897, in cui il poeta esprime i canoni principali del suo pensiero.

La poetica del "fanciullino"

"Il fanciullino risiede in ognuno di noi"-scrive- "ma non tutti sono in grado di percepirla la presenza; (...)solo le persone più sensibili sono in grado di ascoltarlo".

Come conseguenza la poesia cessa di essere prettamente fondata sull'intelletto e l'erudizione, ma trova la base nei sentimenti e negli stati d'animo, poiché, conseguenza di una diffusa sensibilità decadente, anche per Pascoli tanto più essa non è letteratura, tanto più è vera. Egli difende, dunque, non una poesia artificiosa e costruita sui canoni letterari tradizionali, come in Petrarca e Leopardi, bensì una poesia "pura", non

intellettualistica, ricca di emozioni espresse per associazione di immagini e simboli. Gli oggetti, infatti, e le cose semplici considerate, cantate, da Pascoli, non vengono delineate nel loro aspetto utilitaristico reale, ma descritte secondo le sensazioni che suscitano e, pertanto, l'oggetto assume un valore in più, un plus-valore. Questo, infatti, rievocato nella memoria, si arricchisce di una serie di segrete corrispondenze, di sensazioni simultanee che generano in nel poeta quella che la critica ha definito “*poetica dell’oggetto*”.

*La poetica dell’
oggetto.*

Da un punto di vista sintattico Pascoli fa uso di periodi brevi, in una struttura paratattica del componimento, generata dalla “frantumazione” del verso, che prende il nome di “impressionismo pascoliano”. Il simbolismo, inoltre, non emerge solamente su un piano contenutistico, nel “sovrasenso” delle cose e nella molteplicità dei campi semantici (polisemia) ma, anche, a livello fonico, attraverso l'utilizzo di figure retoriche di suono quali assonanze, consonanze, suoni allitteranti, onomatopee, rime ipermetre o interne. Il lessico, infine, si suddivide, come evidenziato da critico Contini, in pre-grammaticale, in cui il poeta utilizza termini prettamente tecnici e/o raffinati, e post- grammaticale, in cui, invece, fa uso di vocaboli di uso comune e, a volte, anche dialettali.

Un tema dominante che ricorre nella poesia di Pascoli è quello della vanità della vita e dell'impossibile protrarsi di momenti felici. Ciò emerge dalla lettura de “*Il ponte*”, che compare nella raccolta *Myricae*.

“L’acqua che scorre sotto il ponte, mentre sorge la luna, lo indirizza al consueto simbolismo: la vita è come un fiume che da una sorgente ignota scorre verso una fine altrettanto ignota, e nel mormorio dell’acqua contro il ponte c’è come un pianto per l’oscurità del nostro destino.”²⁸

*Il fiume analogia
della vita.*

La vita è simboleggiata dal fiume che corre verso il mare.

Nell'opera la natura, triste e malinconica, è descritta in vari momenti del ciclo naturale e stagionale, dall'alba al tramonto dalla primavera all'autunno.

Nella poesia in questione il momento rappresentato è la notte, ma essa è sentita sempre come una madre dolce e benigna che pur nel variare delle stagioni rassicura l'uomo della sua bontà.²⁹

Il ponte

*La glauca luna lista l’orizzonte
E scopre i campi nella notte occulti
E il fiume errante. In suono di singulti
L’onda si rompe al solitario ponte.*



²⁸ Cfr. Franco Melotti *Il ponte*, nella presentazione libro *Myricae*, BUR

²⁹ Cfr. Brusciagli- Tellini, *Itinerario nell’invenzione*, Sansoni editore 2002

*Dove il mar, che lo chiama? E dove il fonte,
ch'esita mormorando tra i virgulti?
Il fiume va con lucidi sussulti
Al mare ignoto dall'ignoto monte.*

*Spunta la luna: a lei sorgono intenti
Gli alti cipressi dalla spiaggia triste,
movendo insieme come un pio sussurro.*

*Sostano, biancheggiando, le fluenti
Nubi, a lei volte, che saline non viste
Le infinite scalée del tempio azzurro.³⁰*

Il tema del mare, e dell' acqua in genere, quale metafora della vita, viene ripreso in Pascoli anche nei componimenti "Mare", "Fiumi" e in "Ultimo sogno" pubblicati in "Myricae" e, anche, nel canto secondo dei "Primi poemetti".

³⁰ Cfr. Franco Melotti *Il ponte*, nella presentazione libro *Myricae*, BUR

6.7 Giuseppe Ungaretti (1888- 1970)

Ungaretti vive nel periodo in cui la borghesia non porta avanti gli ideali di giustizia e libertà, ma si chiude in se stessa, temendo di perdere la propria egemonia, e affida la risoluzione delle proprie contraddizioni sociali prima al colonialismo-imperialismo, poi alla guerra mondiale, al fascismo e alla seconda guerra mondiale. Apprezza il simbolismo e la filosofia di Bergson, ma lo interessano, anche, le esperienze di rinnovamento della forma e della parola poetica, operate dai crepuscolari e dai futuristi.

Giunto in Italia nel 1914, entra subito in contatto con i giovani intellettuali che facevano capo alle riviste "*La Voce*" (antidannunziana) e "*Lacerba*" (su quest'ultima -di indirizzo futurista- pubblica le sue prime poesie, anch'esse influenzate dai modi crepuscolari e futuristi), e, successivamente, viene chiamato alle armi.

E' l'esperienza della guerra che rivela al poeta la povertà dell'uomo, la sua fragilità e solitudine, ma anche la sua spontaneità e semplicità (primitivismo) che viene ritrovata nel dolore. L'esistenza è un bene precario ma anche prezioso. In guerra egli si è sottratto ad ogni vanità e orgoglio; nella distruzione e nella morte ha però riscoperto il bisogno di una vita pura, innocente, spontanea, primitiva. Ha acquisito compassione per ogni soldato coinvolto nell'assurda logica della guerra: ha maturato, per questo, un profondo senso di fraterna solidarietà. La sua visione esistenziale è dolorosa perché egli pensa che l'uomo non abbia la possibilità di concretizzare le sue aspirazioni conoscitive e morali. Egli, inoltre, non crede nelle filosofie razionali e cerca di cogliere la realtà attraverso una poetica che s'incentri sull'analogia, cioè sul rapido congiungimento di ordini fenomenici diversi, di immagini fra loro molto lontane che la coscienza comune non metterebbe insieme.

Questa esperienza lo porta a rifiutare – soprattutto nell' "*Allegria*"- ogni forma metrica tradizionale: rifiuta il lessico letterario, le convenzioni grammaticali, sintattiche e retoriche: crea un ritmo totalmente libero, con versi scomposti, brevissimi, scarni, fulminei, dove la singola parola acquista un valore assoluto, dove il titolo è parte integrante del testo. La poetica è, dunque, frammentaria e allusiva.

Ne "*Il porto sepolto*" Ungaretti lascia intendere che poesia significa possibilità di contemplare la purezza in un mondo caotico e assurdo, ma la poesia deve anche essere espressione di un'esperienza particolare, intensamente vissuta: la ricerca del vocabolo giusto, dunque, è faticosa, perché l'uomo deve liberarsi del male che è in lui e fuori di lui.

Ungaretti tuttavia non è ateo: si limita semplicemente a chiedersi che senso ha Dio in un mondo di orrori e perché gli uomini continuano a desiderarlo quando ciò non serve loro ad evitare gli orrori. Il contrasto è fra una religiosità tradizionale,

Prima formazione

*L'esperienza
della guerra*

La poesia

*Concezione
divina*

superficiale, e una religiosità più intima e sofferta.

Egli è, inoltre, il maestro riconosciuto dell'**Ermetismo**. Il termine "ermetico" significa "chiuso", "oscuro". La definizione venne adottata per la prima volta dalla critica nel '36, in riferimento soprattutto alla sua poesia. Successivamente si inclusero negli ermetici anche Montale, Saba e in parte Quasimodo. L'Ermetismo si oppone soprattutto al Decadentismo di D'Annunzio, cioè agli atteggiamenti estetizzanti e superomistici, e a quello di Pascoli, giudicato troppo malinconico, soggettivo e poco universale; si oppone, inoltre, ai crepuscolari, ai futuristi, non accontentandosi di una riforma stilistica e non sopportando la retorica.

Questo movimento è una forma d'individualismo "sofferente", più profondo del decadentismo di Pascoli e di tutte le correnti ad esso contemporanee. Non contiene, inoltre, messaggi etico-politici significativi. Anzi, con Ungaretti (che era partito dal socialismo anarchico), esso giunge a desiderare la dittatura politica, nell'illusione di poter risolvere i mali sociali.

Il suo ermetismo, apprezzato da Mussolini, esprime il bisogno di recuperare la purezza originaria degli individui, la loro primitiva semplicità e forza d'animo. L'intenzione, di per sé, è lodevole, ma se in politica si cerca di affermare un principio del genere, senza realizzare, nel contempo, una rivoluzione sociale e culturale, lo sbocco verso l'ideologia fascista diventa inevitabile. Da un punto di vista prettamente tecnico, invece, le innovazioni apportate da Ungaretti nella poesia si identificano nel:

- l'abolizione della punteggiatura, lasciando solo il punto interrogativo: per far fare al lettore una pausa lascia degli spazi bianchi.
- l'eliminazione di tutte le parole strettamente poetiche, sostituite con quelle che vengono parlate e capite da tutti.
- lo sconvolgimento della sintassi, consistente nella rottura dei "sintagmi", cioè dei gruppi di parole legati logicamente tra loro. In tal modo le parole, staccate da ogni contesto logico, assumono un proprio significato attirando su di esse l'attenzione del lettore come vuole il poeta.
- il rifiuto delle forme metriche tradizionali, scrivendo in versi liberi.
- nell'uso di frammenti di immagini ed espressioni scarse però vive nell'anima.

I temi fondamentali si possono individuare, infine, in sintesi nel:

- le sofferenze patite in guerra;
- la caducità della vita;
- l'angoscia della morte che incombe;
- la fratellanza umana;
- la solitudine;
- il dolore;

L'ermetismo

Dittatura politica

*Innovazioni
tecniche*

I temi

- il desiderio di pace , di serenità, di sentirsi in armonia con la natura;

Una tra le più belle e intense poesie di Ungaretti è “*I Fiumi*”, appartenente alla raccolta l’ “*Allegria*”, tra i componimenti di guerra. In essa traspare la condizione umana dell’uomo semplice che lotta contro il suo destino spesso avverso.

Il primo tema trattato è il recupero del passato attraverso la memoria e il secondo tema è, invece, il ristabilimento di un rapporto di armonia con Dio, che l’esperienza della guerra sembra aver infranto.

*“Bagnandosi nelle acque dell’Isonzo, il poeta ha la sensazione di essere in piena sintonia con l’universo e con sé stesso. Ciò l’induce a ripensare a tutti i fiumi che ha conosciuto, simbolo delle diverse tappe della sua vita: il Serchio, legato alle vicende dei suoi avi, il Nilo, che lo ha visto crescere negli anni della giovinezza egiziana, La Senna, che ha accompagnato la sua maturazione durante il periodo parigino”*³¹.

Nella prima parte della poesia il poeta descrive se stesso immerso nella sua condizione esterna, ambientale, presso una dolina. Quindi descrive il suo stato d’animo di reduce dalla guerra.

Disteso nel letto del fiume Isonzo si sente come una reliquia, un frammento superstite, un resto mortale, si sente come uno dei sassi levigati su cui cammina con movimenti d’acrobata sotto il sole.

Ora, affidato alle “mani” amorevoli dell’Isonzo, il poeta si riconosce parte dell’universo, cosciente che il suo rammarico è frutto sempre di una disarmonia con il creato. Le acque del fiume lo lavano e lo purificano e gli danno una rara felicità. Ungaretti rammenta i fiumi che hanno accompagnato la sua vita. Il Serchio, fiume della toscana, dove ha attinto l’acqua la sua stirpe. Il Nilo, che lo ha visto nascere e crescere adolescente. La Senna, il fiume di Parigi, dove il poeta ha “conosciuto” se stesso. Il ricordo di questi fiumi affolla la memoria di Ungaretti, ora che la sua vita è oscura e che sembra una susseguirsi di tenebre.

*“L’immersione nelle acque, secondo il simbolismo che è ad esse proprio, comporta una morte iniziatica, cui segue una rinascita, una riconquista dell’identità perduta ed un’espansione dell’Io a tutte le modalità dell’esistenza: Ungaretti perde la specificità di essere umano per trasformarsi in “una docile fibra / dell’universo”, per sentirsi, al di là di ogni contrasto, sé nel tutto e il tutto in sé e raggiungere in quei sacri momenti una difficile e sofferta armonia con se stesso e con il cosmo, soffusa di un “ rara felicità””*³²

“*I fiumi*”

Dolina: formazione tipica del paesaggio carsico, una cavità di forma circolare che si è creata ad opera dell’acqua che scorre o precipita sulla roccia calcarea.

³¹ Cfr. Francesco Puccio “*Testi e intertesi del Novecento*” pag.441

³² Cfr. Marzio Dardano “*I testi, le forme, la storia*”, Palombo editore pag. 789

I fiumi

- 10 *Stamani mi sono disteso
in un'urna d'acqua
e come una reliquia
ho riposato*
- 14 *L'Isonzo scorrendo
mi levigava
come un suo sasso*
- 17 *Ho tirato su
le mie quattr'ossa
e me ne sono andato
come un acrobata
sull'acqua*
- 22 *Mi sono accoccolato
vicino ai miei panni
sudici di guerra
e come un beduino
mi sono chinato a ricevere
il sole³³*

³³ Cfr. Brusagli- Tellini, *Itinerario nell'invenzione*, Sansoni editore 2002

7.1 War Poets

When the First World War broke out, many young people were enlisted. Most of them joined the war for noble ends. But the life in trench was hell because of the rain and the mud, the decaying bodies, the rats fed on, and the repeated bomb attacks. Besides soldiers were often recovered for shell shock or died.

In this situation many of them, like Ungaretti and Wilfred Owen, improvised verses describing the obscenity of the war. These poets are known as “the War Poets”.

In “The preface of disables and other poems”, Owen affirmed that he didn’t describe the sense of dominion, power and glory during the first world war or the pity of the war, but the war itself.

In particular, in “Dulce et decorum est” (the title is a quotation of the Latin poet Orazio), Owen described the death of a young boy caused by a gas bomb. The poem is divided into four parts in which he described the life in trench, the bomb attacks, the death of his friend, and he concluded the poem with a question: Is it sweet and honorable to die for own country?

By a rhetorical point of view, Owen used Para rhymes, assonances, alliterations and onomatopoeias and wrote in free verse in order to remark the gravity of situations in which people suffer and die.

I don't agree in principle with the choice of war poets who, joining the war for noble ends lastly became a social ideal. I think that the war causes only death, violence and sufferance: although the mistakes made in the past the war is still a current problem.³⁴

³⁴ Spiazzi- Tavella, *Lit&Lab*, vol.3, Milano, Zanichelli, 2005.

Dulce et Decorum est

*Bent double, like old beggars under sacks,
Knock-kneed, coughing like hags, we cursed
through sludge,
Till on the haunting flares we turned our backs
And towards our distant rest began to trudge.
Men marched asleep. Many had lost their boots
But limped on, blood-shod. All went lame; all
blind;
Drunk with fatigue; deaf even to the hoots
Of tired, outstripped Five-Nines that dropped
behind.*

*GAS! GAS! Quick, boys! An ecstasy of
fumbling,
Fitting the clumsy helmets just in time;
But someone still was yelling out and stumbling
And flound'ring like a man in fire or lime ...
Dim, through the misty panes and thick green
light,
As under a green sea, I saw him drowning.*

*In all my dreams, before my helpless sight,
He plunges at me, guttering, choking, drowning.*

*If in some smothering dreams you too could
pace
Behind the wagon that we flung him in,
And watch the white eyes writing in his face,
His hanging face, like a devil's sick of sin;
If you could hear, at every jolt, the blood
Come gurgling from the froth-corrupted lungs,
Obscene as cancer, bitter as the cud
Of vile, incurable sores on innocent tongues,
My friend, you would not tell with such high zest
To children ardent for some desperate glory,
The old Lie: Dulce et decorum est
Pro patria mori.*

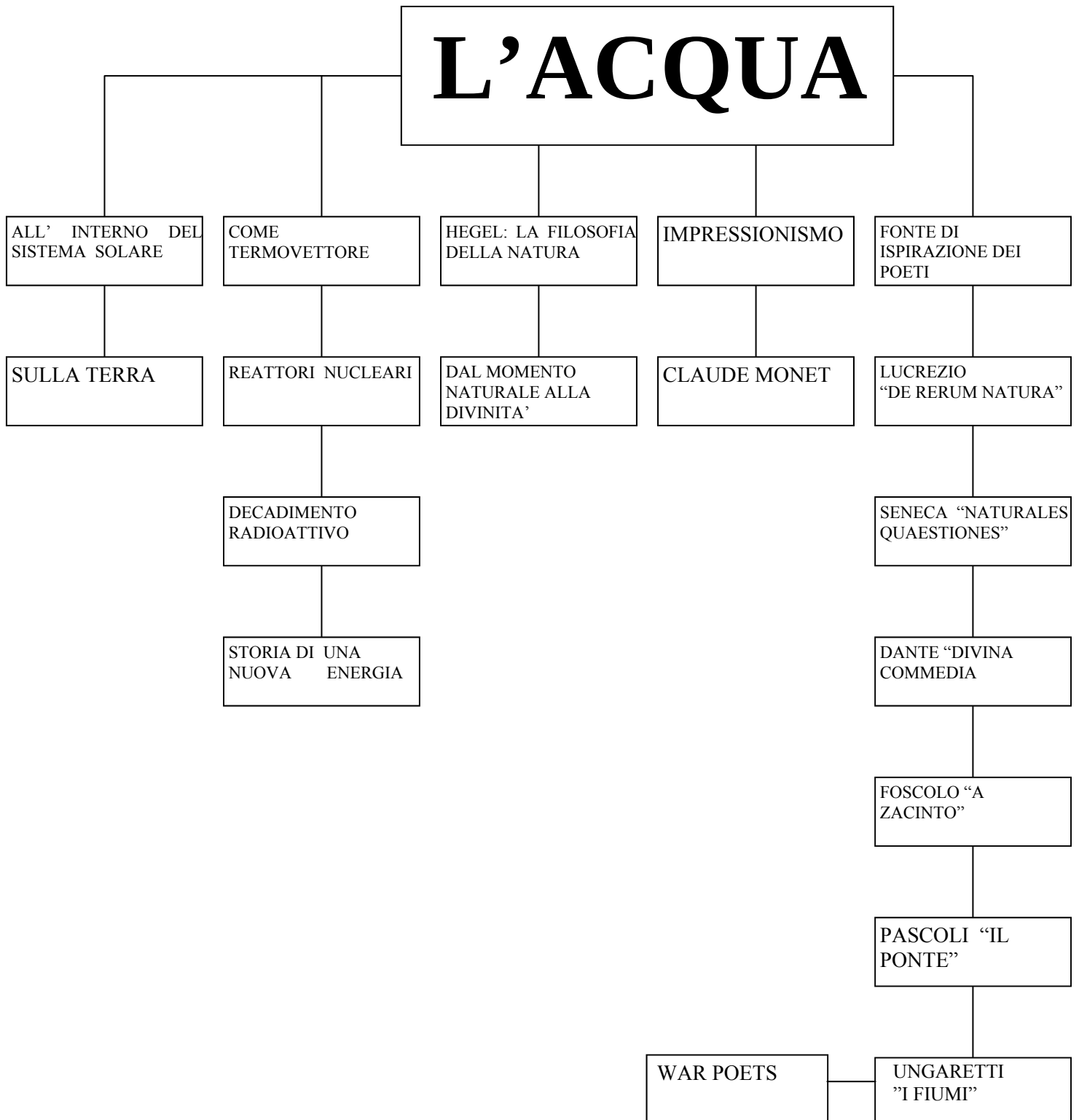
Piegati in due, come vecchi straccioni, sacco in spalla, le ginocchia ricurve, tossendo come megere, imprecavamo nel fango, finché volgemo le spalle all'ossessivo bagliore delle esplosioni e verso il nostro lontano riposo cominciammo ad arrancare. Gli uomini marciavano addormentati. Molti, persi gli stivali, procedevano claudicanti, calzati di sangue. Tutti finirono azzoppati; tutti orbi; ubriachi di stanchezza; sordi persino al sibilo di stanche granate che cadevano lontane indietro.

Il GAS! IL GAS! Svelti ragazzi! - Come in estasi annasparono, infilandosi appena in tempo i goffi elmetti; ma ci fu uno che continuava a gridare e a inciampare dimenandosi come in mezzo alle fiamme o alla calce... Confusamente, attraverso l'oblò di vetro appannato e la densa luce verdastra come in un mare verde, lo vidi annegare.

In tutti i miei sogni, davanti ai miei occhi smarriti, si tuffa verso di me, cola giù, soffoca, annega.

Se in qualche orribile sogno anche tu potessi metterti al passo dietro il furgone in cui lo scaraventammo, e guardare i bianchi occhi contorcersi sul suo volto, il suo volto a penzoloni, come un demonio sazio di peccato; se solo potessi sentire il sangue, ad ogni sobbalzo, fuoriuscire gorgogliante dai polmoni guasti di bava, osceni come il cancro, amari come il rigurgito di disgustose, incurabili piaghe su lingue innocenti - amico mio, non ripeteresti con tanto compiaciuto fervore a fanciulli ansiosi di farsi raccontare gesta disperate, la vecchia Menzogna: Dulce et decorum est Pro patria mori.

8. Percorso



9. Carta Europea dell'Acqua

(promulgata a Strasburgo il 6 Maggio 1968 dal Consiglio d'Europa)

1. Non c'è vita senza acqua. L'acqua è un bene prezioso, indispensabile, a tutte le attività umane.
2. Le disponibilità di acqua dolce non sono inesauribili. E' indispensabile preservarle, controllarle e, se possibile, accrescerle.
3. Alterare la qualità dell'acqua significa nuocere alla vita dell'uomo e degli altri esseri viventi che da lui dipendono.
4. La qualità dell'acqua deve essere tale da soddisfare tutte le esigenze delle utilizzazioni previste, ma deve soprattutto soddisfare le esigenze della salute pubblica.
5. Quando l'acqua, dopo essere stata utilizzata, è restituita, al suo ambiente naturale, essa non deve compromettere i possibili usi, tanto pubblici che privati che in questo ambiente potranno essere fatti.
6. La conservazione di una copertura vegetale appropriata, di preferenza forestale, è essenziale per la conservazione delle risorse idriche.
7. Le risorse idriche devono formare oggetto di inventario.
8. La buona gestione dell'acqua deve formare oggetto di un piano stabilito dalle autorità competenti.
9. La salvaguardia dell'acqua implica uno sforzo importante di ricerca scientifica, di formazione di specialisti e di informazione pubblica.
10. L'acqua è un patrimonio comune, il cui valore deve essere riconosciuto da tutti.
11. La gestione delle risorse idriche dovrebbe essere inquadrata nel bacino naturale piuttosto che entro frontiere amministrative e politiche.
12. L'acqua non ha frontiere. Essa ha una risorsa comune, che necessita di una cooperazione internazionale.

10. Bibliografia

- Aristotele, *Metafisica*, vol.II, vv.26-264 (a cura di G. Reale), Milano, Vita e Pensiero, 1993.
- Aristotele, *La generazione e la corruzione*, vv.88-200, (a cura di M. Migliori), Napoli, Loffredo, 1976.
- Hegel G.W.F., *Lezioni sulla filosofia della storia*, vol. II.3, pp.46-47 (tr.it. di G. Calogero e C. Fatta), La Nuova Italia, Firenze, 1963.
- Melville H., *Moby Dikb o la Balena*, pag.38(tr.it. di C. Pavese), Adelphi, Milano,1987.
- N. Abagnano, G. Poerio, *Le tracce del pensiero*, pp.22-23, Torino, Paravia, 2005.
- Palmieri- Parotto, *La Terra nello spazio e nel tempo*, Bologna, Zanichelli editore, 2002
- Palmieri- Parotto, *La Terra nello spazio e nel tempo*, Bologna, Zanichelli editore, 2002
- Walker. *Fisica*, Bologna, Zanichelli, 2004
- Walker. *Fisica*, pag. 84, Bologna, Zanichelli, 2004
- Brandi- Salvadori, *Matematica&Realtà*, vol. 3, Università degli studi di Perugia, 2006.
- De Bernardi- Guarraccino, *La conoscenza storica*, vol. 3, Milano, Mondadori, 2000.
- Hegel G.W.F., *Lezioni sulla filosofia della storia*, vol. II.3, pp.46-47 (tr.it. di G. Calogero e C. Fatta), La Nuova Italia, Firenze, 1963.
- Cioffi- Luppi, *I filosofi e le idee*, Milano, Mondadori, 2005
- Di Teodoro- Cricco, *Itinerario nell'arte*, vol. 3, Bologna, Zanichelli, 2000.
- Bruscaagli- Tellini, *Itinerario nell'invenzione*, Milano, Sansoni editore, 2002.
- Giovanna Garbarino, "*Letteratura latina*", vol.2,Paravia editore, 1993
- Casillo- Urraro, "*L'uomo latino*"vol.2, Napoli, Loffredo editore 2000
- Giovanna Garbarino, "*Letteratura latina*", vol.3,Paravia editore,1993
- Dante Alighieri, "*La divina commedia*"(a cura di Natalino Sapegno) "La nuova Italia"editore, 1990
- Dante Alighieri, "*La divina commedia*"(a cura di Tommaso Di Salvo), "Zanichelli"editore, 1993
- Bruscaagli- Tellini, *Itinerario nell'invenzione*, Sansoni editore 2002
- Franco Melotti *Il ponte*, nella presentazione libro *Myricae*, BUR
- Bruscaagli- Tellini, *Itinerario nell'invenzione*, Sansoni editore 2002
- Franco Melotti *Il ponte*, nella presentazione libro *Myricae*, BUR
- Francesco Puccio "*Testi e intertesi del Novecento*" pag.44
- Marzio Dardano "*I testi, le forme, la storia*", Palombo editore pag. 789
- Spiazzi- Tavella, *Lit&Lab*, vol.3, Milano, Zanichelli, 2005.
- www.corriere.it/Primo_Piano/Scienze_e_Tecnologie/2006/03_Marzo/09/saturno.shtml
- www.galileonet.it/Magazine/mag060/060_.html
- www.esa.int/esaCP/SEMLKD8Y3E_IItaly_0.html
- www.polito.it/didattica/polymath

