

LUCA BINDI

# Le ceneri di Trinity

La nascita di nuovi materiali  
dall'apocalisse atomica

prefazione di Roberto Battiston

**SAGGI**

# Indice

- p. 7 Prefazione di Roberto Battiston
- 10 Nota dell'autore
- 11 Introduzione
- 16 Il Trinity test
- 23 Esplosione atomica: uno sguardo più da vicino
- 30 L'alba di nuovi materiali
- 37 Proprietà e caratteristiche
- 46 Implicazioni e applicazioni scientifiche
- 57 Considerazioni etiche
- 67 Impatto permanente
- 78 Conclusioni
- 84 Consigli di lettura e approfondimento
- 87 Crediti delle immagini

## Prefazione

Il primo test atomico, noto come Trinity, ebbe luogo il 16 luglio 1945 nel deserto di Jornada del Muerto, New Mexico, inaugurando un'epoca di soprannaturale potenza quanto di inquietante incertezza. Il bagliore di quella detonazione, visibile a centinaia di chilometri di distanza, segnò non soltanto la svolta nella Seconda guerra mondiale, ma cambiò in profondità la percezione sociale della scienza di Galileo, nonché degli scienziati, sacerdoti di un rito moderno in grado di condurre la società umana al mistero della natura e della sua straordinaria, sconosciuta potenza.

Una delle conseguenze poco conosciute della conquista del fuoco prometeico, sul cammino di quella che sarebbe stata di lì a poco l'apocalisse atomica, fu la scoperta dell'esistenza di materiali inediti per la tecnologia umana, prodotti in condizioni mai raggiunte prima di temperatura, pressione e radiazione, condizioni non solo rarissime a livello umano, ma molto probabilmente anche in natura, in quanto un'esplosione nucleare su un pianeta "freddo" come la Terra è un processo fortemente artificiale. Questo libro nasce dal desiderio di esplorare le ceneri di Trinity – in particolare la trinitite e gli altri materiali nati nel cuore dell'esplosio-

ne – come laboratorio non convenzionale per lo studio di fenomeni fisici e chimici non riproducibili in laboratori tradizionali.

Come l'autore sottolinea in modo indiscutibile, questa sana curiosità scientifica non giustifica in nessun modo l'utilizzo bellico delle bombe nucleari né può stemperarne l'orrore; ogni uso bellico dell'energia atomica è condannato e deve essere evitato. Tuttavia, ignorare i risultati del primo test atomico, significherebbe rinunciare a un'opportunità unica per comprendere la materia in condizioni estreme. È proprio da un'analisi, che riguarda un tema tanto terribile quanto affascinante, scaturisce l'urgenza di un racconto scientifico e al contempo etico: comprendere le trasformazioni atomiche e cristalline generate dall'esplosione, senza mai dimenticare l'altissimo prezzo, umano e ambientale pagato dalla società civile e dal pianeta stesso.

Il libro parte da una descrizione del contesto politico e militare del Progetto Manhattan, trasportando il lettore nel clima di segretezza, timori e ambizioni che spinsero migliaia di scienziati, tecnici e militari a preparare il *Gadget*, dimostrando una profondità scientifica senza eguali accompagnata da un impareggiabile rigore ingegneristico. In seguito vengono illustrati i primi riscontri scientifici, basati su sistemi di misura, telecamere ad alta velocità e rivelatori di radiazione, seguiti dall'immediata raccolta dei primi frammenti di vetro fuso – la trinitite – che avrebbe poi catalizzato studi sui nuovi isotopi e sulle microstrutture generate dall'onda d'urto radioattiva.

L'autore non si limita però agli aspetti scientifici, particolarmente affascinanti per un esperto mineralogista e cristallografo come lui, ma pone al lettore alcune domande e

riflessioni particolarmente coinvolgenti. Come si intreccia la grande narrazione politica con i dettagli microscopici dei materiali? In che misura le scoperte su fenomeni di shock estremo possono offrire insegnamenti di innovazione tecnologica e, al contempo, moniti etici sulla responsabilità della ricerca? Nell'alternare panoramiche storiche, spiegazioni scientifiche e considerazioni filosofiche, il testo si apre a un interessante dialogo pluridisciplinare. Solo così, tra cronaca e critica, possiamo cogliere fino in fondo la duplice eredità di Trinity: una lezione di fisica dei materiali ma allo stesso tempo un ammonimento morale, tuttora presente nella sfida per un uso responsabile dei risultati della ricerca scientifica e tecnologica.

*Roberto Battiston*<sup>1</sup>

1. Professore ordinario di fisica sperimentale presso il Dipartimento di fisica dell'Università di Trento, già presidente dell'Agenzia Spaziale Italiana.

## Nota dell'autore

Nel raccontare la storia del Trinity test e delle sue conseguenze per la scienza dei materiali, desidero chiarire fin da subito che questo libro non intende glorificare né giustificare l'uso delle armi nucleari. Al contrario, condanno fermamente ogni forma di violenza e distruzione. Tuttavia, non si può negare che l'evento abbia aperto nuove strade per la ricerca scientifica, influenzando profondamente il progresso in campi che oggi ci permettono di costruire un futuro più sicuro e sostenibile.

# Introduzione

## Contesto storico del primo test atomico

L'alba dell'era nucleare ebbe luogo il 16 luglio 1945, nel deserto di Jornada del Muerto, New Mexico, con il primo test atomico della storia, noto come Trinity. Questo evento non solo cambiò il corso della Seconda guerra mondiale, ma gettò anche le basi per una nuova era scientifica, caratterizzata dalla scoperta di materiali mai visti né conosciuti prima e da innovazioni tecnologiche inimmaginabili.

Il Trinity test si colloca in un contesto storico di frenesia scientifica e politica, una vera e propria corsa contro il tempo. Gli Stati Uniti e i loro alleati del Progetto Manhattan, infatti, erano impegnati nello sviluppo di un'arma che potesse porre fine alla guerra e, allo stesso tempo, dimostrare la loro superiorità tecnologica rispetto agli avversari, in particolare la Germania nazista e l'Unione Sovietica, che stava emergendo fortemente come futura potenza mondiale.

Quest'impresa scientifica e ingegneristica fu senza precedenti. Coinvolse migliaia di scienziati, ingegneri e tecnici, coordinati da figure di spicco come Robert Oppenheimer, Edward Teller ed Enrico Fermi. Con il sostegno del gover-

no degli Stati Uniti, gli scienziati impegnati nel Progetto Manhattan riuscirono a sviluppare due diverse tipologie di ordigni atomici: una basata sull'uranio-235 (*Little Boy*) e una sul plutonio-239 (*Fat Man*). Proprio il secondo fu testato durante il Trinity test, banco di prova per una tecnologia così potente che nessuno ne aveva immaginato la reale portata, neanche gli scienziati che l'avevano pensata e costruita.

L'esplosione, equivalente a circa 21 kilotoni di TNT, generò un'intensa luce visibile a oltre 300 chilometri di distanza e una colonna di fuoco e detriti che si sollevò per migliaia di metri nell'atmosfera. Ma non furono solo gli effetti immediati a catturare l'attenzione degli scienziati. Il calore e la pressione estrema della detonazione produssero una serie di fenomeni fisici mai osservati prima, tra cui la formazione di nuovi materiali, come la trinitite, un vetro verde-rossastro formatosi dalla fusione del suolo desertico sotto l'intensa energia della bomba.

L'impatto e gli effetti del test Trinity andarono ben oltre i confini della scienza militare e si sentirono così forte e così a lungo, sia in termini di spazio che di tempo, da far risuonare ancora oggi la loro eco. Da un lato, accelerò la fine della guerra, quando i due ordigni furono utilizzati nei bombardamenti atomici sulle città di Hiroshima e Nagasaki, nell'agosto 1945; dall'altro, pose considerevoli interrogativi etici, ambientali e politici che avrebbero influenzato il mondo per decenni. Ma anche il contesto scientifico fu profondamente scosso: la genesi di composti unici come la trinitite inaugurò una nuova frontiera nella scienza dei materiali, stimolando la curiosità dei ricercatori sulle condizioni estreme di temperatura e pressione che potevano essere sfruttate per creare sostanze mai viste in natura.

Trinity segnò così il punto di incontro tra la devastazione e la scoperta, tra la fine di una guerra e l'inizio di una rivoluzione scientifica. Il contesto storico che lo circonda è essenziale per comprendere non solo la portata delle innovazioni che seguirono, ma anche le profonde implicazioni morali e filosofiche che ancora oggi continuano a interrogare l'umanità.

## L'importanza di esplorare materiali inediti

La formazione di nuovi materiali in condizioni estreme rappresenta una delle frontiere più affascinanti della scienza. Il primo test atomico, con le sue temperature e pressioni transienti senza precedenti, non solo inaugurò l'era nucleare, ma rivelò processi geologici e chimici impossibili da replicare con le tecnologie convenzionali. L'esplorazione dei composti che si formarono non è solo un esercizio accademico, è una finestra aperta sul potenziale innovativo della natura e sull'ingegnosità umana.

Uno dei più noti, generato dal test Trinity, è proprio la trinitite, un vetro silicatico formatosi quando il calore dell'esplosione – stimato in migliaia di gradi Celsius – fuse il suolo desertico, riorganizzando gli atomi in strutture cristalline uniche. Studi successivi hanno rivelato in questo materiale inclusioni di elementi rari, tracce di reazioni nucleari e modifiche strutturali che sfidano i paradigmi tradizionali della chimica e della mineralogia. Esaminare tali campioni ha significato capire meglio i processi fisici e chimici che avvengono in condizioni estreme, paragonabili a quelle presenti nelle profondità del nostro pianeta o nella vastità dello spazio nell'impatto tra meteoriti.

L'esplorazione di materiali inediti ha un'importanza fondamentale, che va ben oltre il contesto storico del test atomico; infatti, ha il potenziale di trasformare interi settori tecnologici. Le proprietà meccaniche, termiche e ottiche di questi composti possono trovare applicazioni in ambiti che vanno dall'ingegneria aerospaziale alla microelettronica, dalla medicina avanzata all'energia sostenibile. La scoperta di materiali più resistenti, più leggeri o con caratteristiche uniche, come la superconduttività a temperature elevate o la capacità di immagazzinare energia, potrebbe rivoluzionare il nostro modo di vivere.

Oltre agli aspetti pratici, studiare quanto generato da eventi estremi offre una profonda comprensione dell'universo. Le condizioni che si vengono a creare durante una detonazione atomica simulano, su scala ridotta, quelle che si verificano in fenomeni cosmici come le esplosioni di supernove, la formazione di pianeti o la collisione tra asteroidi nello spazio. Analizzando i residui prodotti durante il Trinity test, gli scienziati hanno trovato parallelismi con alcune meteoriti, suggerendo che processi simili potrebbero aver avuto un ruolo nella formazione del sistema solare.

Tuttavia, quest'esplorazione non è priva di implicazioni etiche e ambientali. Il rilascio di materiali radioattivi durante i test atomici ha causato danni significativi all'ecosistema e alle comunità locali, imponendo la necessità di confrontarsi, non solo con l'entità delle scoperte scientifiche, ma anche con le conseguenze delle azioni sul pianeta, offrendo l'opportunità di sviluppare pratiche più responsabili e sostenibili.

In conclusione, l'esplorazione della formazione di nuovi materiali non è solo una curiosità scientifica, ma una sfida

multidisciplinare che unisce fisica, chimica, geologia, ingegneria e persino filosofia. Dai deserti devastati di Trinity alle moderne strutture di ricerca, la comprensione delle “ceneri di Trinity” continua a spingere i confini della conoscenza, offrendo risposte a domande fondamentali sulla natura e sul nostro futuro.



Figura 22. Esplosione su Hiroshima.

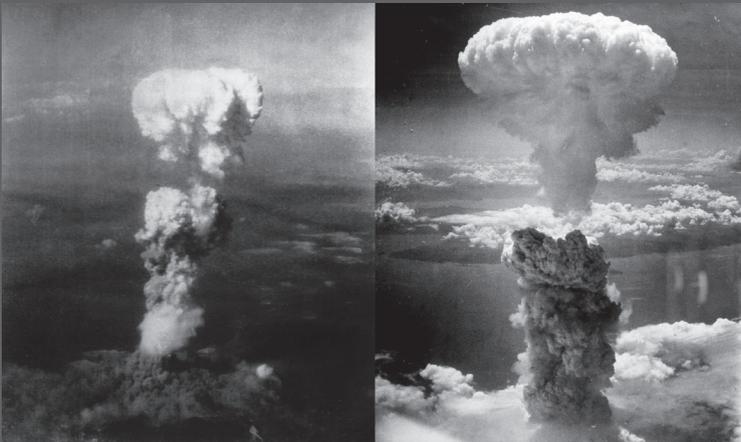


Figura 23. Fungo atomico di Hiroshima (sinistra) e Nagasaki (destra).



Figura 24. Esplosione *Baker*, 25 luglio 1946, parte dell'Operazione *Crossroads*, test nucleare dell'esercito americano nell'atollo di Bikini, Micronesia.



Figura 25. Test nucleare statunitense *Ivy Mike*, 1 novembre 1952, sull'atollo di Enewetak nel Pacifico, il primo test di un'arma termoneucleare (bomba all'idrogeno).