

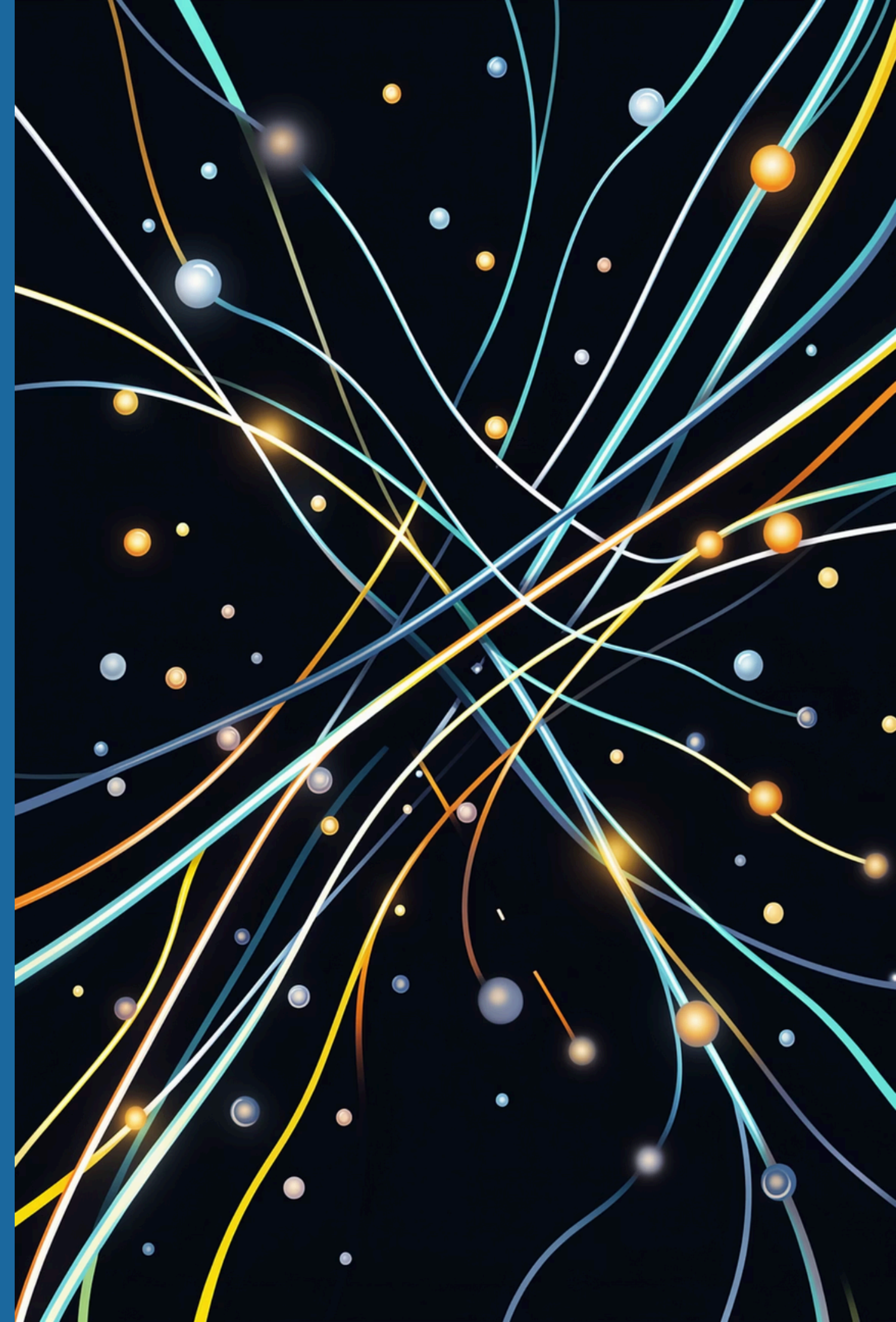
GLI STRUMENTI SCIENTIFICI:
una fisica da Nobel con spago e ceralacca

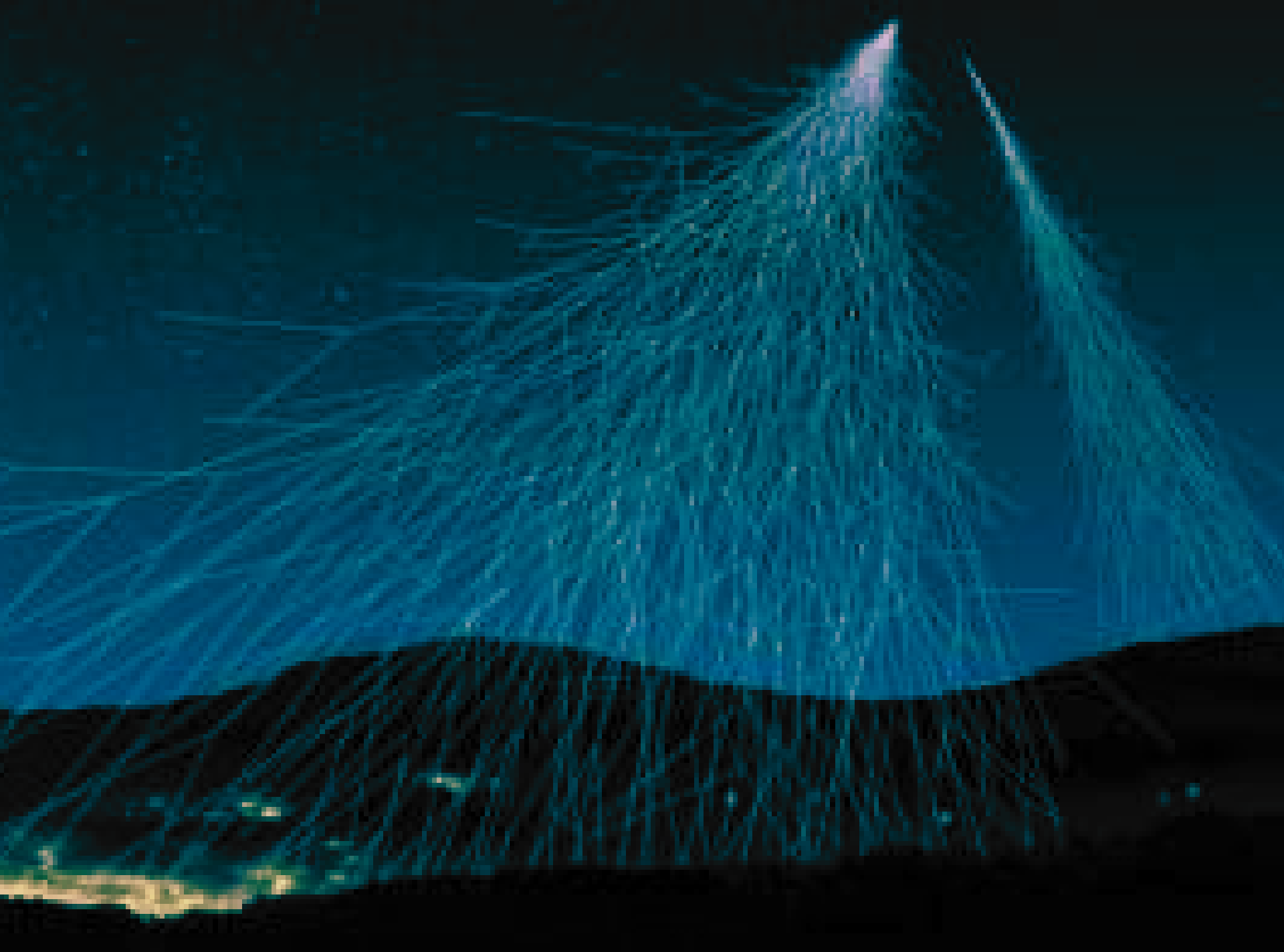
LA CAMERA A NEBBIA

FSL Via Panisperna e la fisica: a Roma tra passato e presente

Francesco Borraccino
Benedetta Bravo
Sophia Pastore
Ludwig Solanes

Liceo Statale Maria Montessori
a.s. 2025-26





Introduzione

Presenteremo il lavoro svolto sullo studio della camera di Wilson, uno strumento fondamentale per l'osservazione delle particelle ionizzanti.

Verranno illustrati i principi fisici alla base del suo funzionamento e il suo valore storico e scientifico nella ricerca sperimentale.

Successivamente descriveremo l'esperimento che abbiamo realizzato personalmente per costruire una camera di Wilson funzionante, evidenziando materiali utilizzati, difficoltà incontrate e risultati ottenuti.

L'obiettivo è mostrare come un esperimento pratico possa rendere visibili fenomeni normalmente invisibili all'occhio umano.

Step



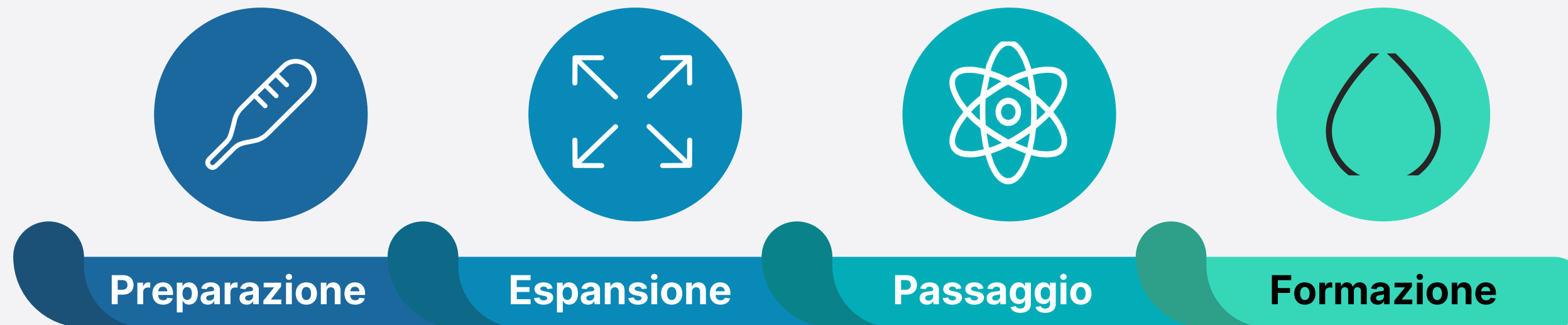
Che cos'è la camera a nebbia

La camera a nebbia, o camera di Wilson, è uno strumento utilizzato in fisica per rendere visibile il passaggio di particelle cariche.

Ideato da Charles Thomson Rees Wilson nel 1899, fu successivamente perfezionato nel 1912.

Come Funziona

Consiste in una scatola a tenuta ermetica che contiene aria satura di vapore acqueo o di alcool collegata, mediante un condotto, ad un cilindro entro il quale scorre un pistone.



La soprasaturazione

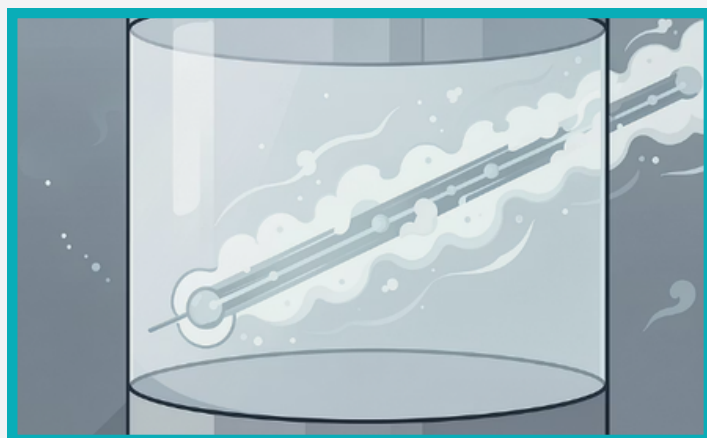
Il vapore soprasaturo è una condizione metastabile in cui il vapore non ha ancora condensato nonostante la temperatura sia inferiore al punto di rugiada. Qualsiasi perturbazione locale è sufficiente a innescare la condensazione. Questo stato viene ottenuto attraverso un'espansione adiabatica rapida o, nelle versioni moderne, mediante un forte gradiente termico verticale (piano caldo in alto, piano freddo in basso con ghiaccio secco o azoto liquido).

Il ruolo del campo elettrico

Nelle camere moderne si applica spesso un campo elettrico interno per rimuovere continuamente gli ioni liberi presenti nel vapore, evitando condensazioni spurie non legate al passaggio di particelle. Questo accorgimento aumenta la sensibilità e la nitidezza delle tracce, rendendo le immagini più leggibili e fotografabili con precisione.

La Magia della Condensazione

Il momento centrale del funzionamento della camera a nebbia è quello in cui una particella subatomica — invisibile all'occhio umano — attraversa il vapore soprasaturo e lascia dietro di sé una scia luminosa di goccioline. Questo processo rivela in modo diretto la natura e le proprietà delle particelle.



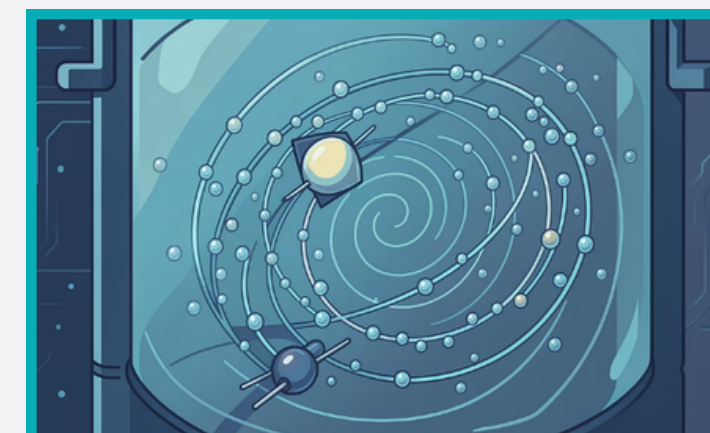
Ionizzazione del percorso

Quando una particella carica attraversa il vapore, interagisce elettromagneticamente con gli elettroni degli atomi circostanti, strappandoli dalle orbite atomiche. Questo processo si chiama **ionizzazione**: lungo tutto il percorso della particella si forma una catena di coppie ione-elettrone, distribuite con una densità che dipende dalla carica e dalla velocità della particella stessa.



Nucleazione e condensazione

Gli ioni positivi prodotti dalla ionizzazione fungono da **nuclei di condensazione preferenziali**: il vapore soprasaturo, in cerca di qualsiasi punto di appoggio per condensare, si agglutina attorno a questi ioni formando minuscole goccioline liquide. La scia si forma in pochi millisecondi dopo il passaggio della particella, rendendo il percorso direttamente osservabile e fotografabile.



Leggere la traccia

La morfologia della traccia fornisce informazioni preziose sulla particella che l'ha prodotta. Una traccia **spessa e dritta** indica una particella pesante e lentamente deviata (come una particella alfa); una traccia **sottile e curvilinea** suggerisce un elettrone o un positrone.



C.T.R. Wilson

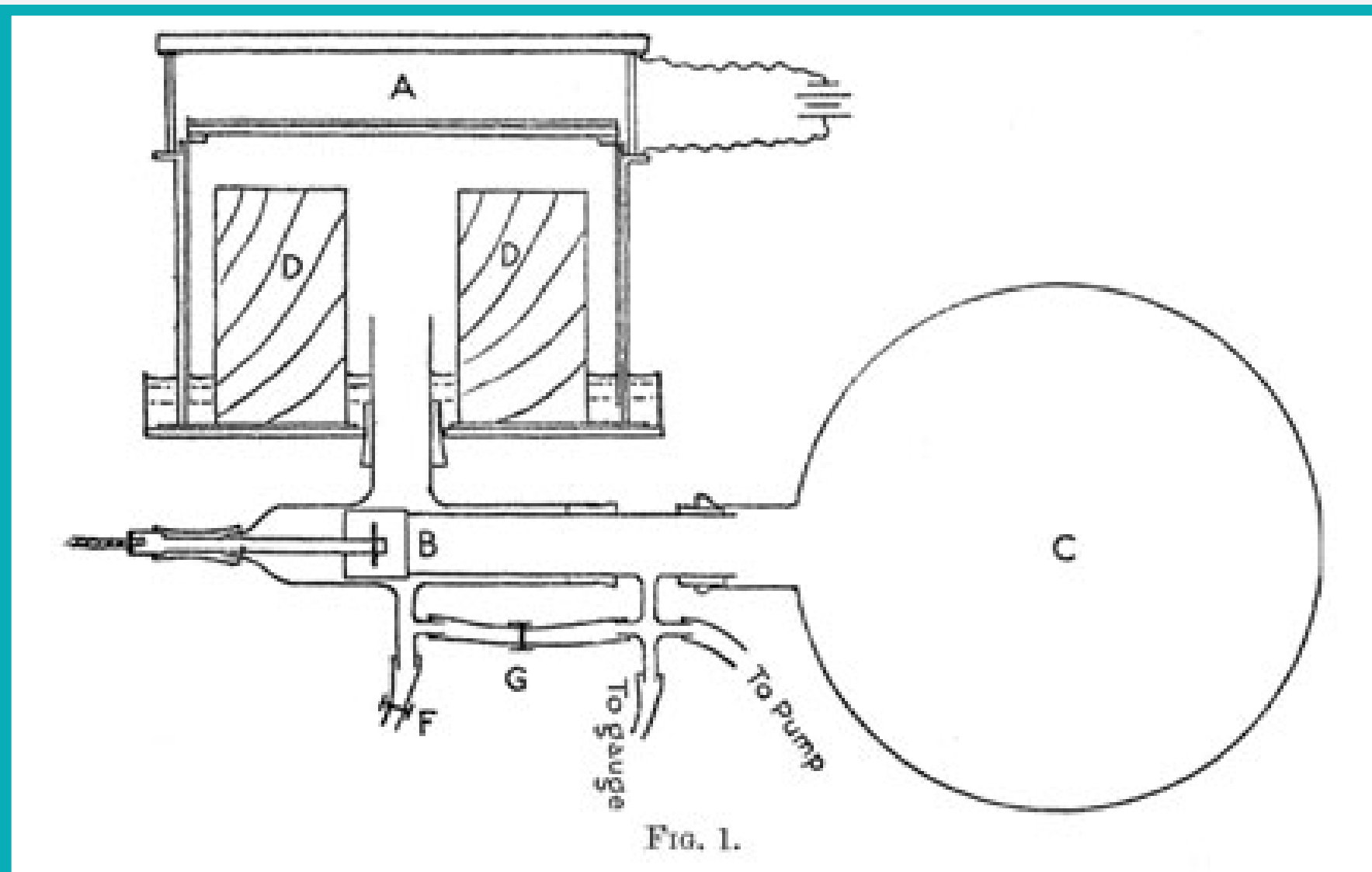
La scoperta di Wilson

Nel 1911 Charles Wilson costruisce una macchina, che chiamerà cloud chamber (tradotto in camera a nebbia) per studiare la formazione delle nubi e la conduttività dell'aria in laboratorio.

I suoi esperimenti iniziano nel 1894, sparando dei raggi X in questo suo apparecchio dove l'aria è satura di vapore si accorge che le particelle ionizzate funzionano come centro di agglomerazione per le goccioline di acqua.

La scoperta di Wilson

Il funzionamento è il seguente: lo scopo è di creare un ambiente sovrassaturo di vapore ovvero in cui è presente il vapore in uno stato in cui normalmente non dovrebbe esistere, per fare questo Wilson accumulava in una camera di vetro del vapore acqueo, in una seconda camera veniva formato del vuoto per mezzo di una pompa, aprendo una valvola tra le due camere, improvvisamente la pressione, della prima camera precipitava aumentando così il volume dell'ambiente diventando sovrassaturo di vapore.



Camera a nebbia di Wilson (schema)



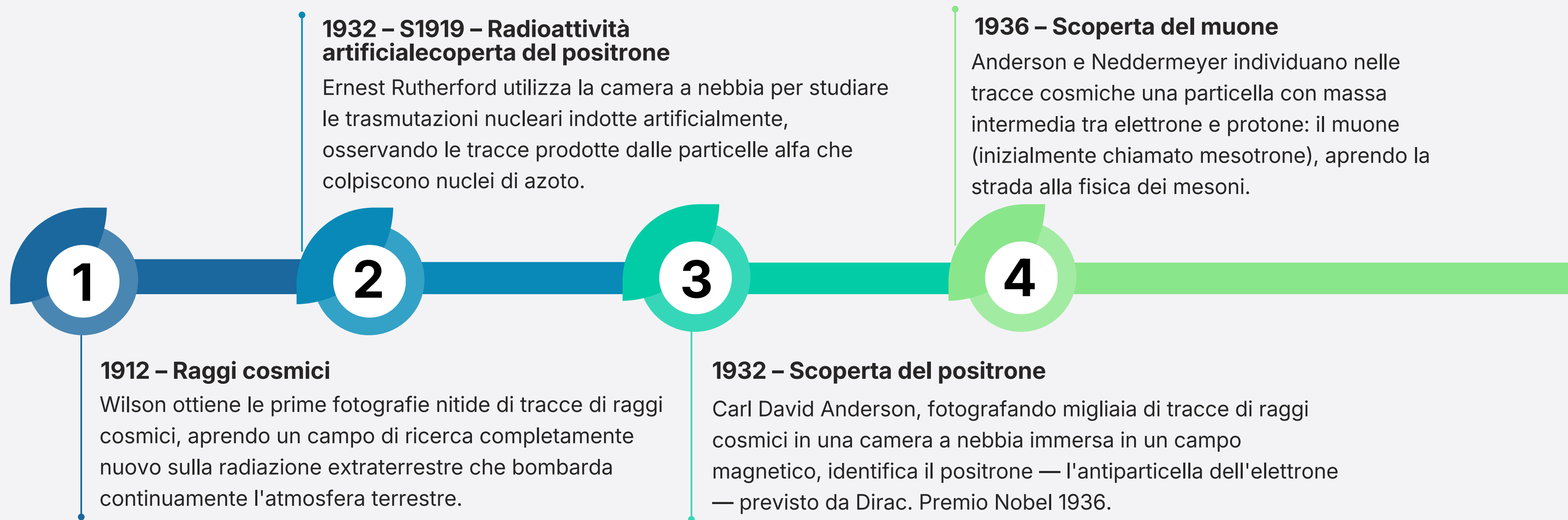
La camera a nebbia di Wilson, era ad espansione, il metodo fu escogitato da Paul-Jean Coulier e John Aitken per creare nubi artificiali in laboratorio, la realizzazione finale di Wilson del 1911 è conservata al museo Cavendish di Cambridge.

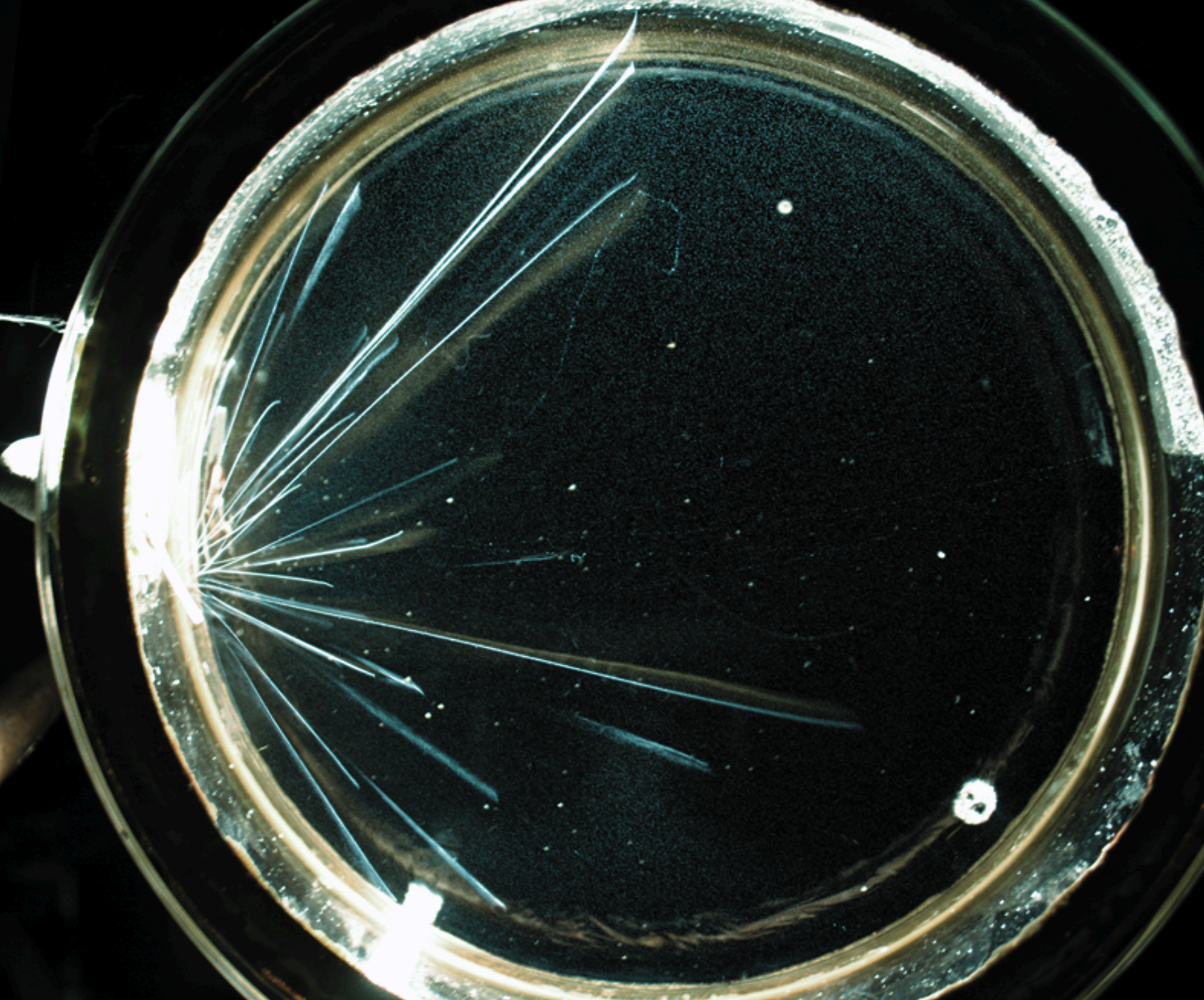
La scia della materia

Il problema è proprio quello che le gocce cioè la nebbia si forma solo nel momento in cui avviene l'espansione improvvisa della camera che per il fatto che non ci sono scambi termici è definita espansione adiabatica. Il punto è che le tracce lasciate dalle particelle si vedono solo in quel breve momento e riuscire a percepirle ad occhio nudo è molto difficile. Fotografarle non è che sia tanto più semplice, e questo ancora una volta fa riflettere su quanto lavoro abbiano svolto i fisici di cento anni fa. Powell ha scritto anche uno splendido libro, *The study of elementary particles by the photographic method*, proprio sui metodi impiegati per riuscire a registrare al meglio le tracce delle particelle.

Vedere l'Invisibile: Le Prime Scoperte

La camera a nebbia di Wilson divenne il principale motore di scoperte fondamentali nella fisica delle particelle durante i decenni centrali del Novecento. Prima dell'avvento degli acceleratori di particelle e dei rivelatori elettronici, essa rappresentava l'unico mezzo per osservare direttamente il comportamento delle particelle subatomiche.





Costruzione della camera a nebbia

Abbiamo provato a creare una moderna camera a nebbia "didattica" e a metterla in funzione.

Materiale necessario

Materiali da costruzione

- ▶ **vaschetta**: una vaschetta di plastica o vetro (tipo acquario) di 30 cm*30 cm*25 cm
- ▶ **stoffa di feltro nera**
- ▶ **lastra sottile di alluminio**
- ▶ **nastro isolante nero**
- ▶ **supercolla**



Materiale necessario

Materiali per il funzionamento

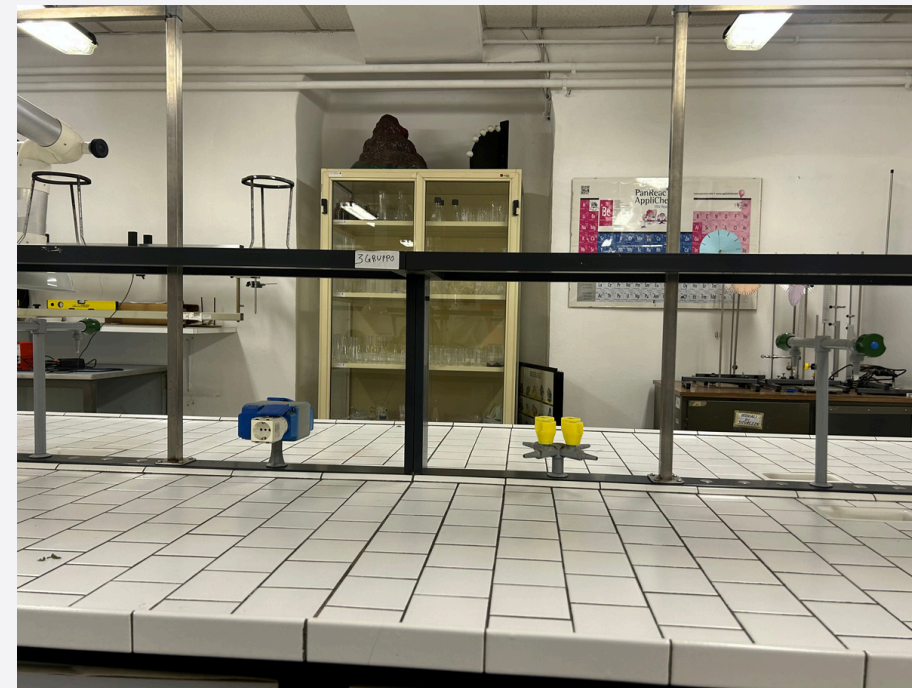
- ▶ **alcool isopropilico:** alcool usato come detergente industriale. Puro >95%.
- ▶ **ghiaccio secco:** anidride carbonica congelata alla temperatura di -78°C .



Materiale necessario

Materiali per lavorare in sicurezza

- ▶ Guanti per azoto liquido
- ▶ Occhiali di protezione



La sicurezza nei laboratori di fisica e chimica del liceo è regolata dal D.Lgs. 81/2008, che equipara gli studenti ai lavoratori per la tutela della salute.

Costruzione





Fenomeni osservati

Prima analisi

Inserimento dell'alcool etilico denaturato bianco al posto dell'alcool isopropilico

Seconda analisi

Inserimento di un quantitativo ridotto di ghiaccio secco e poi di un quantitativo troppo abbondante

Terza analisi

Inserimento delle giuste componenti



Protoni



Muone



Particelle Alfa



Elettroni

Risultati aspettati

Nel dettaglio cosa ci si aspetta di osservare:

Scie di microgoccioline: Si vedono sottili tracce bianche, simili a scie di aerei in miniatura, che appaiono nel vapore di alcool sovra-saturato e spariscono dopo pochi secondi.

Particelle Alfa: Tracce spesse, corte e dritte.

Particelle Beta: Tracce sottili, lunghe e talvolta tortuose.

Raggi Cosmici (Muoni): Tracce molto lunghe, dritte e sottili, che attraversano l'intera camera.

Risultati

Esiti del progetto



Formazione della condensa sulla
lastra di alluminio



Formazione della nebbia nella scatola

L'Eredità di Wilson

L'impatto della camera a nebbia sulla storia della fisica va ben oltre le singole scoperte che ha reso possibili. Essa ha cambiato profondamente il metodo e la cultura della ricerca sperimentale sulle particelle, aprendo una tradizione di **rivelatori visuali** che si è evoluta per decenni.



Camera a nebbia → Camera a bolle (1952)

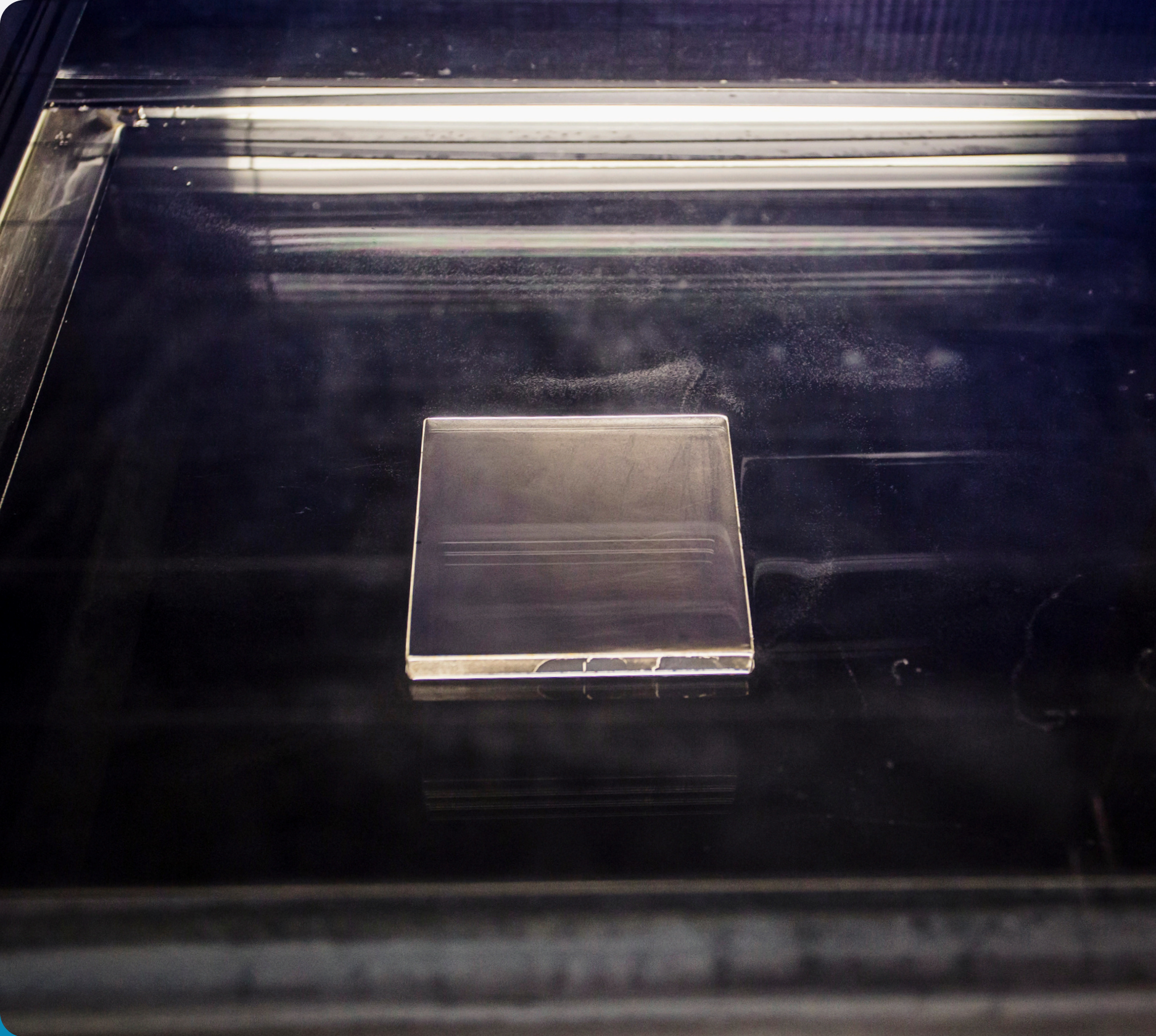
Donald Glaser, ispirato direttamente dal principio della camera a nebbia, inventò la **camera a bolle** — basata su liquido surriscaldato invece di vapore soprasaturo — che consentiva densità molto maggiori e rivelazione di particelle ad alta energia. Glaser ricevette il Nobel nel 1960.



Camera a bolle → Rivelatori elettronici

La necessità di elaborare automaticamente l'enorme mole di fotografie produsse lo sviluppo dei primi sistemi di analisi automatica delle immagini. Camere a scintilla, rivelatori a microstrip al silicio e calorimetri elettromagnetici discendono concettualmente da questa tradizione.





Conclusioni

Cosa abbiamo imparato?

**Una lezione di metodo
scientifico**

La camera a nebbia è anche un esempio di come una **curiosità apparentemente marginale** — lo studio delle nubi montane scozzesi — possa, attraverso rigore intellettuale e creatività sperimentale, trasformarsi in uno strumento che cambia la comprensione della materia.

L'intuizione di Wilson ci insegna che nella scienza non esistono osservazioni banali: ogni fenomeno, se studiato con attenzione, può rivelare qualcosa di fondamentale.

Bibliografia

- 01 Camera a nebbia INFN
- 02 <https://www.astroparticelle.it/wilsoncloudchambers.asp>
- 03 <https://www.lombardiabeniculturali.it/scienza-tecnologia/schede/ST110-00836/>
- 04 Wilson cloud chamber
- 05 C.T.R. Wilson, On an Expansion Apparatus for Making Visible the Tracks of Ionising Particles in Gases and Some Results Obtained by Its Use, Proc. Roy. Soc. A87, 277 (1912) - Pubblicazione originale fondamentale.
- 06 R.B. Leighton, Principles of Modern Physics, McGraw-Hill, 1959 (sezione sulla camera a nebbia).



Grazie!

Ci sono domande?