

Revisiting «Traces of Induced Radioactivity Produced by a Lightning Strike» (1904): A Modern Interpretation of Chistoni's Electroscope Measurements on Fused Bricks

February 25, 2026

This is a draft manuscript that the author has paused. If you are interested in continuing this research and publishing a paper, please email a collaboration proposal to:

Alessandro Soranzo – soranzo@units.it

Abstract

In 1904, *Ciro Chistoni* reported persistent (multi-day) electroscope discharge enhancements when fused portions of bricks and lime debris, collected after a lightning strike on the bell tower of the church of *La Staggia* (near *Modena*, Italy), were placed in a simple parallel-plate geometry coupled to an *Exner* electroscope. The original work interpreted the observations as «induced radioactivity» associated with the lightning-affected material. Here we reconstruct *Chistoni's* experimental arrangement and normalization procedure from the archival scans, digitize the reported time series, and reassess plausible mechanisms using current understanding of thunderstorm-related radiation (gamma-ray flashes and secondary neutrons), atmospheric deposition of radon progeny, and surface/porosity effects in thermally altered masonry. We discuss which signatures could sustain enhanced ionization over days and outline a modern replication protocol based on gamma spectrometry and controlled surface cleaning tests.

1 Introduction

Lightning and thunderstorms are now known to be associated with high-energy radiation and particle bursts, including short gamma-ray flashes and secondary processes in air. Historical laboratory observations, however, provide rare ground-truth constraints on how thunderstorm-related phenomena may couple to real materials (masonry, lime mortar, metals). This paper revisits paper [1], an early Italian report of sustained electroscope discharge effects in bricks bearing visible fusion traces after a documented lightning event.

Contributions. We aim to: (i) summarize and clarify the original protocol and controls, (ii) present a cleaned English reconstruction of the measurement definition and dataset, (iii) propose physically consistent modern explanations for the reported multi-day persistence, and (iv) provide a roadmap for a low-cost modern replication study.

2 Historical source and event description

2.1 Bibliographic note

Chistoni’s note [1], in Italian, titled *Tracce di radioattività indotta prodotta da una fulminazione* (Traces of Induced Radioactivity Produced by a Lightning Strike) was published in 1904. Throughout, we refer to this work as paper [1]. The original paper is available as a scanned document on Archive.org. The scan quality is imperfect and contains minor lacunae; however, the experimental setup, measurement procedure, and main results can be reconstructed with sufficient clarity.

Figure 1 shows an excerpt from the scanned original, including the data table and the surrounding text.

2.2 Lightning event (23 March 1904)

According to paper [1], on the afternoon of 23 March 1904 a thunderstorm affected the Po valley; a lightning strike at approximately 16:10 hit the bell tower at La Staggia (near Modena), damaging the bell rope assembly and part of the roof. Days later, fused traces were reportedly identified on some bricks and in lime debris from the masonry associated with the struck structure.

Giorno	A	B	C	D	Ercole di calce
6	2,75	3,53	3,19	2,20	2,78
9	1,25	2,50	1,92	1,96	2,00
10	1,00	1,92	1,24	1,67	1,94
11	—	1,43	1,00	1,64	1,00
12	—	1,13	—	1,00	—
12 (ore 17)	—	1,00	—	—	—

Questi risultati mi pare che mostrino che le piante seguite alla fulminazione avevano in sé della radioattività e di lunga durata.

Figure 1: An excerpt from the scanned original [1]

3 Reconstruction of Chistoni's experimental method

3.1 Instrument: Exner electroscope

Chistoni used an Exner electroscope, charged positively (and in some checks also negatively), monitoring the rate of leaf collapse as a proxy for air ionization near the instrument. (*? Add a short historical description and expected sensitivities; include references.*)

3.2 Controls against electrostatic charging

A key concern in paper [1] is whether the observed discharge acceleration could be due to simple electrification of the samples. Chistoni reports multiple checks, including:

- placing a sensitive fused region close to the electroscope plate without contact,
- handling/contact tests (immediate discharge when direct contact occurs vs. no effect under non-contact configurations),
- placing the sample inside a «Faraday box» arrangement to test for charge acquisition and relaxation.

These controls motivated the conclusion that the persistent effect was not merely static charge on intact brick material, but was associated with the lightning-altered (fused) portion.

3.3 Parallel-plate geometry coupled to the electroscope

Chistoni then assembled a primitive ionization chamber:

- a thin copper disk electrode of diameter 5.5 cm connected to the electroscope top terminal,
- a second, similar disk placed 3.5 cm above, electrically connected to ground,
- the fused brick edges positioned in the gap between the two plates.

When fused edges were placed between the plates, Chistoni reports an enhanced electroscope discharge relative to background and relative to intact (non-fused) portions from the same brick.

3.4 Measurement definition and normalization

Chistoni defines four characteristic times, labeled t_1, t_2, t_3, t_4 , corresponding to leaf divergence transitions between marked scale positions (denoted in the original as $(a-1)$, $(a-1/2)$, $(a-2)$, etc.). A derived time $\frac{t_1+t_2}{2}$ is used as the «activity criterion», and a *ratio* is then formed with t_4 .

Action item (digitization). Because the scan is partially lacunose, we keep the ratio definition symbolic here and will provide (i) the original formula as reconstructed and (ii) a consistent modern re-expression:

$$R \equiv \frac{\text{(reference discharge time)}}{\text{(sample discharge time)}} \quad \text{or equivalently} \quad R \equiv \frac{t_4}{(t_1 + t_2)/2}, \quad (1)$$

with the direction chosen to match the reported values (e.g., $R > 1$ indicating faster discharge than background). (*Finalize after careful rereading of the formula line in the scan.*)

4 Reported dataset (April 1904)

4.1 Samples

Chistoni distinguishes brick fragments labeled A, B, C, and D, each showing fusion traces, plus «lime crumbs» (*briccioli di calce*) exhibiting similar traces.

4.2 Time series

Measurements are reported for 6–12 April 1904 (with an additional entry at 12 April, 17:00), with notes about missing days due to travel (7–8 April). The reported values are ratios according to eq. (1) (direction to be confirmed).

Table 1: Digitized ratios reported by paper [1] for fused brick fragments and lime debris. Values reproduced from the scan; dashes indicate missing entries.

Day (April 1904)	A	B	C	D	Lime crumbs
6	2.75	3.53	3.19	2.20	2.78
9	1.25	2.50	1.92	1.96	2.09
10	1.00	1.92	1.24	1.67	1.94
11	—	1.43	1.00	1.64	1.00
12	—	1.13	—	1.00	—
12 (17:00)	—	1.00	—	—	—

4.3 Qualitative follow-up: induction tests on new bricks

In a later paragraph, paper [1] describes additional trials (23, 25, 28, 29 April) in which otherwise unstruck bricks were held near electrodes of a «spinterometro» (spark-gap apparatus), suggesting a weak, short-lived effect (reported to vanish roughly within ~30 minutes) and a dependence on which polarity was used. We treat this portion as an interesting but methodologically distinct set of observations requiring careful interpretation (e.g., electrostatic effects vs. genuine radiological signatures).

5 Modern interpretation

5.1 What Chistoni’s electroscope measures

An electroscope discharge rate reflects net ion pair production in the surrounding air volume, integrating contributions from: (i) external γ and energetic β emission, (ii) radon progeny deposition on nearby surfaces, (iii) triboelectric/field effects that modify leakage currents, and (iv) (in the 1904 context) variable humidity and insulator surface leakage. We discuss which mechanisms could plausibly reproduce the magnitude and decay pattern in table 1.

5.2 Atmospheric deposition of radon progeny on porous, fused surfaces

A leading hypothesis for multi-day persistence is deposition and retention of radon-daughter aerosols on the thermally altered, porous, chemically reactive surface layer created by the lightning-induced fusion. We outline how:

- a thunderstorm can concentrate and deposit charged aerosols and radon progeny,
- fused/partially vitrified mortar and brick surfaces can trap particles within microcracks,
- a mixture of short- and longer-lived progeny could yield an initial fast decay plus a days-scale tail.

(? Add a schematic and expected half-life-driven temporal signatures.)

5.3 Radon progeny chains and expected temporal signatures

A key point in reassessing Chistoni's observations is the characteristic time scale of the reported effect. The electroscopes discharge enhancement associated with fused brick and lime samples persists for several days and gradually relaxes toward background values (Table 1). This temporal behavior provides a strong constraint on the underlying mechanism.

Short-lived radon progeny (minutes to hours). Radon-222 (^{222}Rn), continuously released from soil and building materials, decays in air to a sequence of short-lived solid daughters that readily attach to aerosols and surfaces. Among these, ^{214}Pb (half-life ~ 27 min) and ^{214}Bi (half-life ~ 20 min) are efficient sources of beta and gamma radiation capable of enhancing air ionization near an electroscope. However, activity dominated by these nuclides is expected to decay on time scales of hours at most, and therefore cannot by itself account for multi-day persistence unless replenished continuously.

Longer-lived components: the ^{210}Pb – ^{210}Bi bridge. Further down the radon decay chain, ^{210}Pb (half-life ~ 22 years) plays a distinct role. Once deposited on or embedded within a surface, ^{210}Pb acts as a long-lived reservoir that generates ^{210}Bi (half-life ~ 5 days) and, later, ^{210}Po (half-life ~ 138 days). While ^{210}Pb itself produces only weak immediate signatures, the in-growth and decay of ^{210}Bi can sustain an elevated ionization rate over several days.

This mechanism naturally introduces a “slow tail” in the temporal response: an initial enhancement (potentially dominated by short-lived daughters) followed by a gradual relaxation on a days-scale governed by the ^{210}Bi half-life. Such a behavior is qualitatively consistent with the monotonic decrease of Chistoni’s activity ratios from values of order $R \approx 2\text{--}3$ toward unity over approximately one week.

Role of fused and porous surfaces. Lightning-induced fusion and thermal damage can locally modify masonry materials by increasing surface roughness, porosity, and chemical reactivity. These altered regions are expected to be particularly effective at capturing and retaining aerosol-bound radon progeny, including ^{210}Pb -bearing particles. This provides a natural explanation for Chistoni’s control experiment in which intact portions of the same brick showed no effect, while fused regions consistently enhanced the electroscopes discharge.

Implications for the historical measurements. Within this framework, the “radioactivity” reported by Chistoni need not correspond to bulk nuclear activation of the brick material. Instead, it can be interpreted as air ionization driven by surface-bound natural radionuclides, whose decay chain includes components with characteristic time scales ranging from minutes to days. The absence of isotope discrimination in early electroscopes techniques prevented this distinction at the time, but the observed persistence is fully compatible with modern understanding of radon progeny deposition and retention on lightning-altered building materials.

5.4 Photonuclear and neutron-activation pathways

Thunderstorm-related high-energy photons and secondary neutrons could, in principle, activate trace elements in brick/clay (Na, Al, Si, Fe, Mn, etc.). We discuss whether any plausible activation products have half-lives compatible with days-scale decay and whether the required neutron fluence is realistic for a single strike at ground level. (*Present order-of-magnitude estimates and cite modern lightning-radiation literature.*)

5.5 Non-radiological explanations to exclude

We explicitly consider and propose tests to exclude:

- electrostatic charging and slow relaxation on insulating surfaces,
- humidity-driven leakage variation and contamination of insulating supports,
- chemical luminescence or corona discharge effects in sharp fused edges.

6 How to replicate the study today (minimal protocol)

6.1 Sampling strategy

1. Collect paired specimens from a struck structure: fused/alterd vs. intact material from the same masonry unit.
2. Record location, depth, porosity, and visible melting/blackening.
3. Store in sealed, radon-tight containers to control post-collection deposition.

6.2 Measurements

- Portable dose-rate meter and GM counter (screening only).
- High-purity germanium (HPGe) or NaI(Tl) gamma spectrometry for isotope identification.
- Surface cleaning/abrasion series to separate surface deposition from bulk activation.
- Time series over minutes–days to compare with paper [1].

6.3 Decision logic

We provide criteria for distinguishing hypotheses:

- **Surface deposition:** activity decreases substantially after washing/abrasion; gamma lines consistent with radon progeny.
- **Bulk activation:** activity persists after abrasion; gamma lines match activation products; depth profile is non-surface-limited.

7 Discussion

7.1 Interpreting the multi-day persistence

We interpret the monotonic approach toward $R \approx 1$ over several days (Table 1) as consistent with (*choose and justify*) a mixed-component decay model: short-lived component (hours) plus a days-scale component.

7.2 Limitations of the archival evidence

Key uncertainties include: (i) exact ratio direction and timing definition, (ii) environmental conditions (humidity, temperature), (iii) unknown background control procedures and instrument leakage, (iv) incomplete scan fragments. We therefore treat quantitative claims conservatively and focus on mechanism plausibility.

8 Conclusions

Chistoni's 1904 note provides a surprisingly careful early attempt to isolate a persistent ionization signature associated with lightning-altered masonry. A modern reinterpretation suggests that atmospheric deposition of radon progeny on porous, thermally modified surfaces is a plausible pathway for days-scale persistence, while neutron activation remains an open but likely subdominant mechanism pending isotope-resolved measurements. Reproducing the experiment with gamma spectrometry and surface-removal controls would allow a definitive separation of mechanisms.

A Archival scans and transcription notes

A.1 Figures

A.2 Critical transcription items to finalize

- Confirm the exact ratio definition around the line giving the criterion: «Come criterio di misura dell'attività ho preso il rapporto . . . »
- Confirm the meaning of the scale marks $(a - 1)$, $(a - 1/2)$, $(a - 2)$ used to define the discharge times.
- Clarify whether the reported numbers are R as in eq. (1) or its inverse.

References

- [1] C. Chistoni, *Tracce di radioattività indotta prodotta da una fulminazione*, Rend. della R. Accad. dei Lincei, Vol. 13, 1°sem., 1904. <https://archive.org/details/ilnuovocimento08fisigoog/page/223/mode/2up>

TRACCE DI RADIOATTIVITÀ INDOTTA PRODOTTA DA UNA FULMINAZIONE.
Nota di CIRO CHISTONI ¹⁾.

Nel pomeriggio del 23 Marzo 1904 buona parte della vallata del Po è stata percorsa da un temporale costituito da nubi cariche di elettricità in modo eccezionale. Lasciando ad altri lo studio complessivo della meteora, mi limiterò a dire che in vicinanza della Staggia (a 20 chilometri circa da Modena verso MNE) si è accertato lo scoppio di 19 fulmini in dieci minuti circa. Tutto però lascia credere che in verità il numero dei fulmini caduti in quella plaga (così da notizie che ebbi da persone rispettabilissime) sia stato quasi doppio del numero dei fulmini accertato. Uno dei fulmini, alle ore 16,10^m, investì il campanile della Chiesa della Staggia, facendo crollare la guglia del campanile e parte del tetto della Chiesa. Nel giorno 25 mi recai alla Staggia e trovai le linee seguite dal fulmine per scaricarsi al suolo. La folgore, come sempre avviene, aveva dato luogo ad un intenso campo magnetico; ed in certi tratti del suo passaggio, aveva prodotto una temperatura elevatissima. Non mi fu dato in quel giorno, causa il tempo pessimo, di poter fare smuovere parte delle macerie, per vedere se si trovavano dei mattoni con tracce di fusione. Avvertii però il signor D. A. Piccinini, parroco del luogo, che stesse attento quando si sarebbero smosse le macerie, che probabilmente si sarebbero trovate delle tracce di fusione su alcuni mattoni. Dopo alcuni giorni il signor D. Piccinini mi fece avvertire che i mattoni con tracce di fusione si erano trovati.

Tornai alla Staggia il 5 Aprile portando con me alcuni apparecchi, e fra questi un elettroscopio di Exner. Accostando all'elettroscopio, carico positivamente, i mattoni che portavano le tracce di fusione, mi accorsi di un accelerato abbassamento delle foglie dell'elettroscopio, e credetti perciò oppor-

¹⁾ Rend. della R. Accad. dei Lincei, Vol. 13, 1^a ser. 1904.

TRACCE DI RADIOATTIVITÀ, ECC.

i tempi t_1 , t_2 , t_3 che occorreano perchè una foglia scasse dalla divisione α alla $(\alpha - 1)$; dalla $(\alpha - 1)$ alla $(\alpha - 2)$ e dalla $(\alpha - 2)$ alla $(\alpha - 3)$. Nel primo e nel terzo elettroscopio era abbandonato a sè, nel secondo invece sotto l'azione della parte fusa di un mattone, ed collocata fra i due dischetti. Come criterio di misura di attività ho preso il rapporto

$$\frac{t_1 + t_2}{2} : t_3.$$

Con questo sistema ho tenuto in osservazione pezzi di mattone, che distinguerò con A, B, C e D; e di calce portanti tracce di fusione, ed un pezzo di stava di rinforzo nel masso di muratura che sosteneva del campanile e sul quale ho trovato delle tracce del genere di quelle osservate nei bricioli di calce. di questi materiali è stato eseguito in Aprile, ne' giorni segnati, dalle ore 10 alle 11, meno che nel giorno 10, nel quale le osservazioni si fecero dalle ore 17. Nei giorni 7 ed 8 dovetti recarmi per ragioni alla Zocca nella montagna modenese, ed è per queste misure mancano in detti giorni. I numeri di questi rappresentano il rapporto suindicato.

Giorno	A	B	C	D	Bricioli di calce
6	2,75	3,53	3,19	2,20	2,78
9	1,25	2,50	1,92	1,96	2,00
10	1,00	1,92	1,24	1,67	1,94
11	—	1,43	1,00	1,64	1,00
12	—	1,13	—	1,00	—
12 (ore 17)	—	1,00	—	—	—

Questi risultati mi pare che mostrino che le parti seguite alla fulminazione avevano in sè della radioattività e di lunga durata.

Ho anche verificato che la parte fusa dei mattoni ha radioattività. Toccando infatti l'elettroscopio

uno di portare meco i mattoni a Modena per esaminarli accuratamente.

Il giorno 6 Aprile, dopo avere caricato l'elettroscopio di Exner, ora positivamente, ora negativamente, toccava con un piccolissimo piano di prova le parti più salienti delle fusioni, e poi portava il piano vicino all'elettroscopio per vedere se l'effetto verificato sull'elettroscopio fosse dovuto ad una carica elettrica che avevano acquistato le parti silicee ¹⁾ durante la improvvisa fusione e la successiva rapida solidificazione. Notai nessun effetto, quantunque puntassi alle foglie un buon cannocchiale panfocatico munito di reticolo micrometrico. Ho anche toccato col piano di prova successivamente le parti più salienti della fusione e poi il bottone dell'elettroscopio, quando era scarico, per vedere se accennasse a caricarsi, e non avvertii alcun effetto. Posi anche i pezzi di mattone in un vaso di Faraday, del quale la parte esterna era in comunicazione coll'elettroscopio e non notai indizio alcuno di carica elettrica.

Disposi allora le cose un po' diversamente. Unii al bottone superiore dell'elettroscopio un dischetto sottilissimo di rame, con diametro di centimetri 5,5 e con spigolo arrotondato, ed alla distanza di centimetri 3,5 posti superiormente un piattino uguale, messo in comunicazione col suolo. Collocando nell'intervallo fra i due piattini gli spigoli fusi dei mattoni, per verificare che si trattava di un fenomeno di radioattività. Venutomi il dubbio che questo effetto di radioattività fosse dovuto al materiale che componeva i mattoni, separai con una sega a parte intatta di un mattone, dalla parte che portava le tracce di fusione, e mentre con quest'ultima ottenevo evidentemente l'abbassamento delle foglie dell'elettroscopio, colla prima non si verificava alcun effetto. Dovetti perciò concludere che l'effetto di radioattività era dovuto alla parte fusa del mattone.

Per giudicare in certo modo del grado di radioattività, eguili il metodo seguente, che, per quanto primitivo, dovetti adottare in mancanza d'altro. Caricato l'elettroscopio segnava

¹⁾ La parte fusa è composta di silicati. Esaminata, disse alla parte del mattone lo scheletro caratteristico della silice.

coi vari mattoni tenuti colla mano, facendo in modo che il bottone dell'elettroscopio venisse a contatto colla parte del mattone, si otteneva la scarica immediata dell'elettroscopio; invece se si ponevano a contatto del bottone dell'elettroscopio le parti fuse dei mattoni, la scarica durava dai 5 agli otto secondi.

Nei giorni 23, 25, 28 e 29 Aprile ho provato a tenere per 24 ore (da quattro a sei) i pezzi di mattone A, B e C in comunicazione colla parte negativa dello spinterometro di induzione, mentre la parte positiva era messa a terra. I pezzi di mattone, sui bordi della fusione, hanno mostrato di acquistare una debole radioattività, che però perdette completamente dopo circa mezz'ora. Tenendo i mattoni a contatto colla parte positiva dello spinterometro della bobina d'induzione non ho verificato alcun indizio di radioattività.

I risultati di queste ultime esperienze mostrano ancora una volta che stiamo ancora ben lontani dal formarci un concetto dell'entità degli effetti che può produrre una fulminazione, in confronto di quelli che possiamo ottenere coi nostri laboratori. Ed in quella guisa che un pezzo di ferro comune perde quasi completamente la polarità magnetica, appena viene sottratto all'induzione di un intenso campo magnetico prodotto artificialmente, mentre tale polarità è conservata a lungo dai ferri che si trovarono nei campi magnetici prodotti dallo scoppio della folgore, così ora vediamo che, mentre le parti fuse dei mattoni, dopo una ventina di giorni circa dalla fulminazione, per un'ora, se viene portato a contatto colla parte negativa dello spinterometro, perdono l'induzione.