

L'EFFETTO ČERENKOV

*Quando contemplo i tuoi cieli,
opera delle tue dita,
la luna e le stelle che tu hai fissato.
Che cos'è l'uomo, perché te ne ricordi,
e un figlio dell'uomo, perché te ne prendi cura?*

*Salmo 8 (Bibbia), citato da Buzz Aldrin, 21 luglio
1969*



Premessa e contesto storico

- Il lavoro si apre con un brano del Salmo 8, recitato da Buzz Aldrin il 21 luglio 1969, mentre orbitava attorno alla Luna
- È significativo che un astronauta, simbolo di scienza e tecnologia, si sia interrogato sul senso dell'universo e sul ruolo dell'uomo
- Questa riflessione introduce il tema della capacità umana di comprendere e descrivere i fenomeni naturali
- L'effetto Čerenkov è un fenomeno fisico osservato quando particelle cariche si muovono in un mezzo materiale a velocità superiore a quella della luce nel mezzo
- Fu osservato per la prima volta nel 1934 dal fisico russo **Pavel Alekseevič Čerenkov**
- La spiegazione teorica fu sviluppata da Igor Tamm e Il'ja Frank
- Nel 1958, i tre scienziati ricevettero il **Premio Nobel** per la Fisica

CHE COS'È L'EFFETTO ČERENKOV



- È l'emissione di luce visibile (generalmente blu) da parte di un mezzo attraversato da una particella carica molto veloce
- Avviene solo se la particella supera la velocità della luce nel mezzo, non nel vuoto
- La velocità della luce nel vuoto è un limite invalicabile per i corpi dotati di massa
- Nei mezzi materiali la luce rallenta
- Il fenomeno è simile alla rottura della barriera del suono



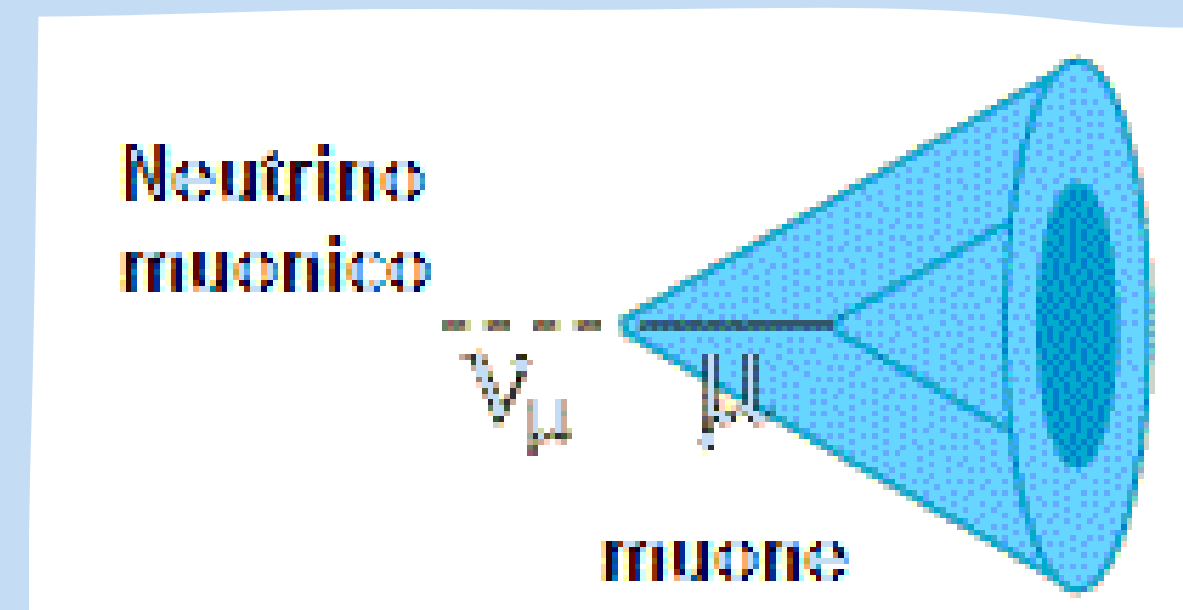
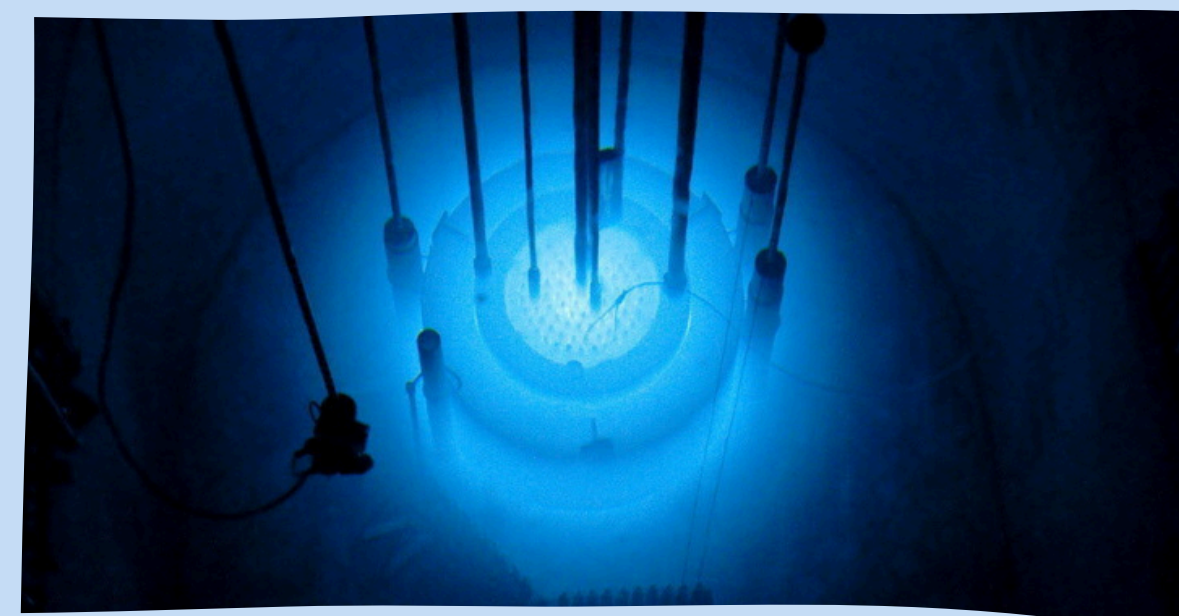
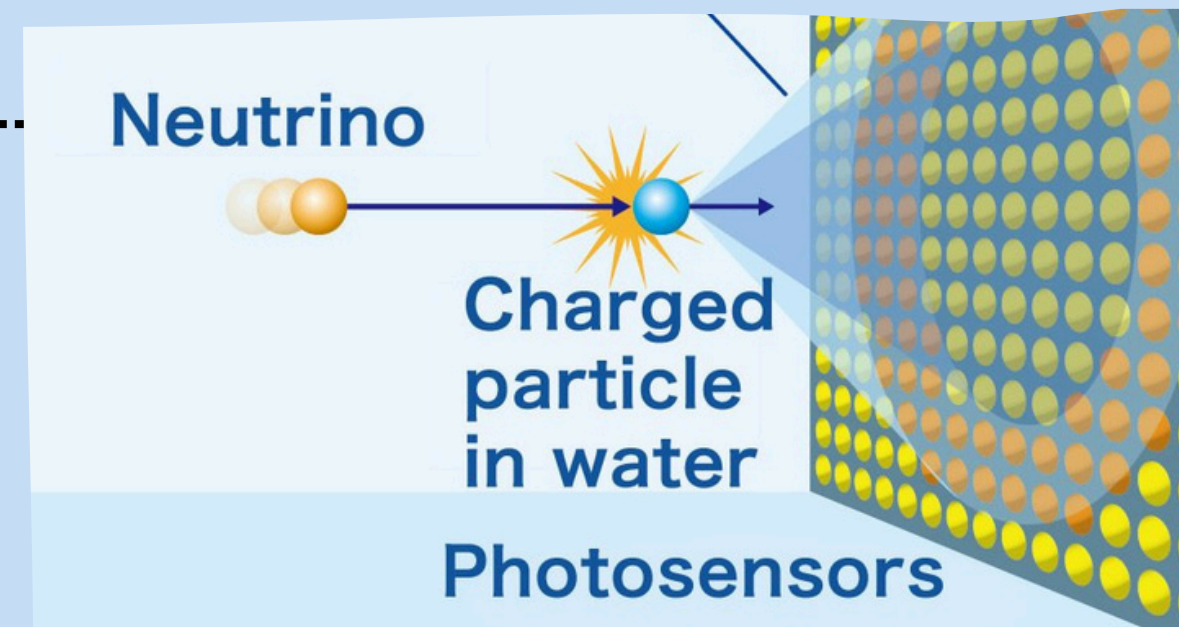
ANALOGIA CON LA BARRIERA DEL SUONO

- Quando un aereo supera la velocità del suono, si crea il **boom sonico**
- Questo avviene perché l'oggetto si muove più velocemente delle onde che genera nel mezzo
- Nell'effetto Čerenkov:
 - l'aereo → particella carica
 - l'aria → mezzo materiale (acqua, vetro, ecc.)
 - il boom → luce blu
- Dal punto di vista formale, il fenomeno è lo stesso

PERCHÉ LA LUCE È BLU?

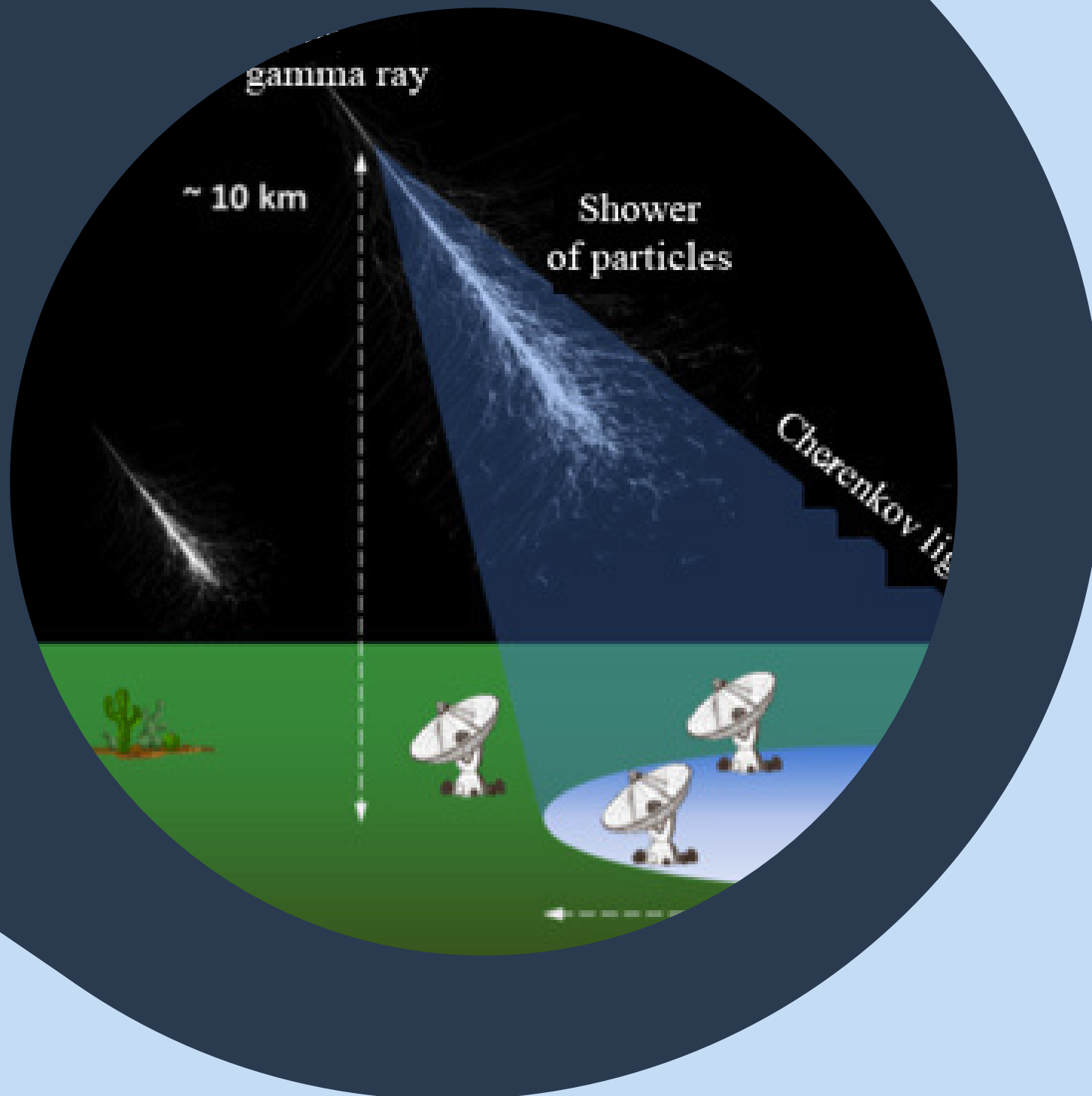
- La luce emessa ha una lunghezza d'onda più corta → blu/violacea
- Ciò è dovuto alla **dispersione del mezzo**
- Le frequenze più alte vengono emesse con maggiore intensità
- Per questo l'effetto è spesso chiamato "**bagliore blu**"

Le particelle cariche che generano la radiazione Čerenkov sono i **muoni**. Infatti i muoni, a parità di energia, sono parecchio più penetranti degli elettroni e quindi percorrono uno spazio considerevole prima di essere fermati del tutto.



SPIEGAZIONE TEORICA

- Una particella carica che attraversa un mezzo polarizza le molecole
- Se la particella è lenta, il mezzo si riassume senza emissione visibile
- Se la particella è più veloce della luce nel mezzo, le perturbazioni si accumulano
- Questo accumulo genera un' **onda elettromagnetica coerente**
- Il risultato è un cono di luce, simile al cono d'urto sonico

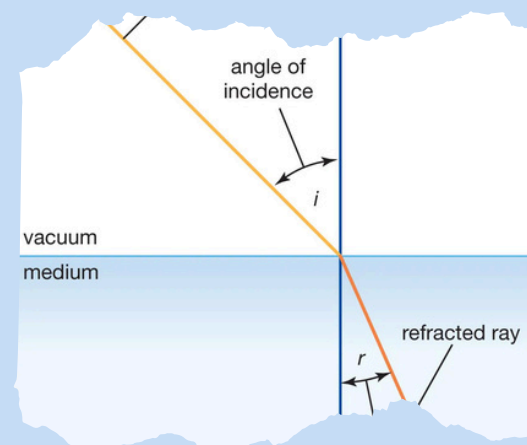


FORMULAZIONE FISICA ESSENZIALE

- La condizione per l'effetto Čerenkov è:
→ $v > c/n$

dove:

- v = velocità della particella
- c = velocità della luce nel vuoto
- n = indice di rifrazione del mezzo
- In mezzi come l'acqua, la luce rallenta, così l'effetto diventa possibile



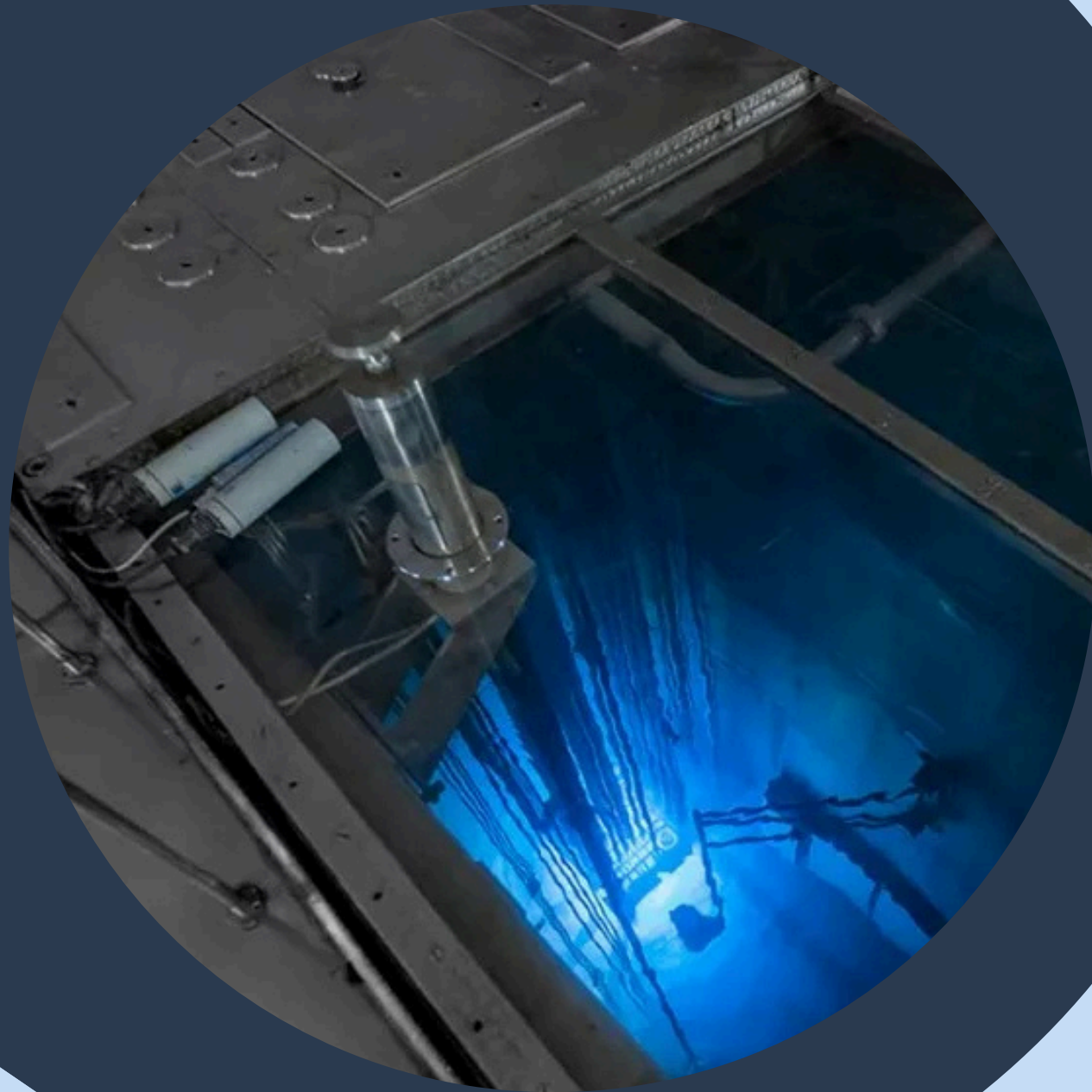
INDICE DI RIFRAZIONE

- L'indice di rifrazione è definito come:
→ $n = c/v$

Materiale	Indice di rifrazione
Vuoto	1
Aria (in condizioni normali)	1,0002926
Elio	1,000036
Acqua (a 20 [°C])	1,31
Ghiaccio	1,333
Diamante	2,419

→ $P = 1 \text{ atm}$
 $T = 0 \text{ °C}$

- Quando la luce attraversa un mezzo materiale, la sua velocità diminuisce
- Più l'indice di rifrazione è grande, più la luce rallenta
- Questo rende possibile che una particella carica superi la velocità della luce nel mezzo



PROCEDIMENTO SPERIMENTALE

- Si utilizza una **sorgente radioattiva** che emette particelle cariche
- Il mezzo più comune è **acqua distillata**
- Le particelle attraversano l'acqua a **velocità elevata**
- Si osserva direttamente il bagliore blu
- Esperimento visibile anche a occhio nudo in condizioni controllate

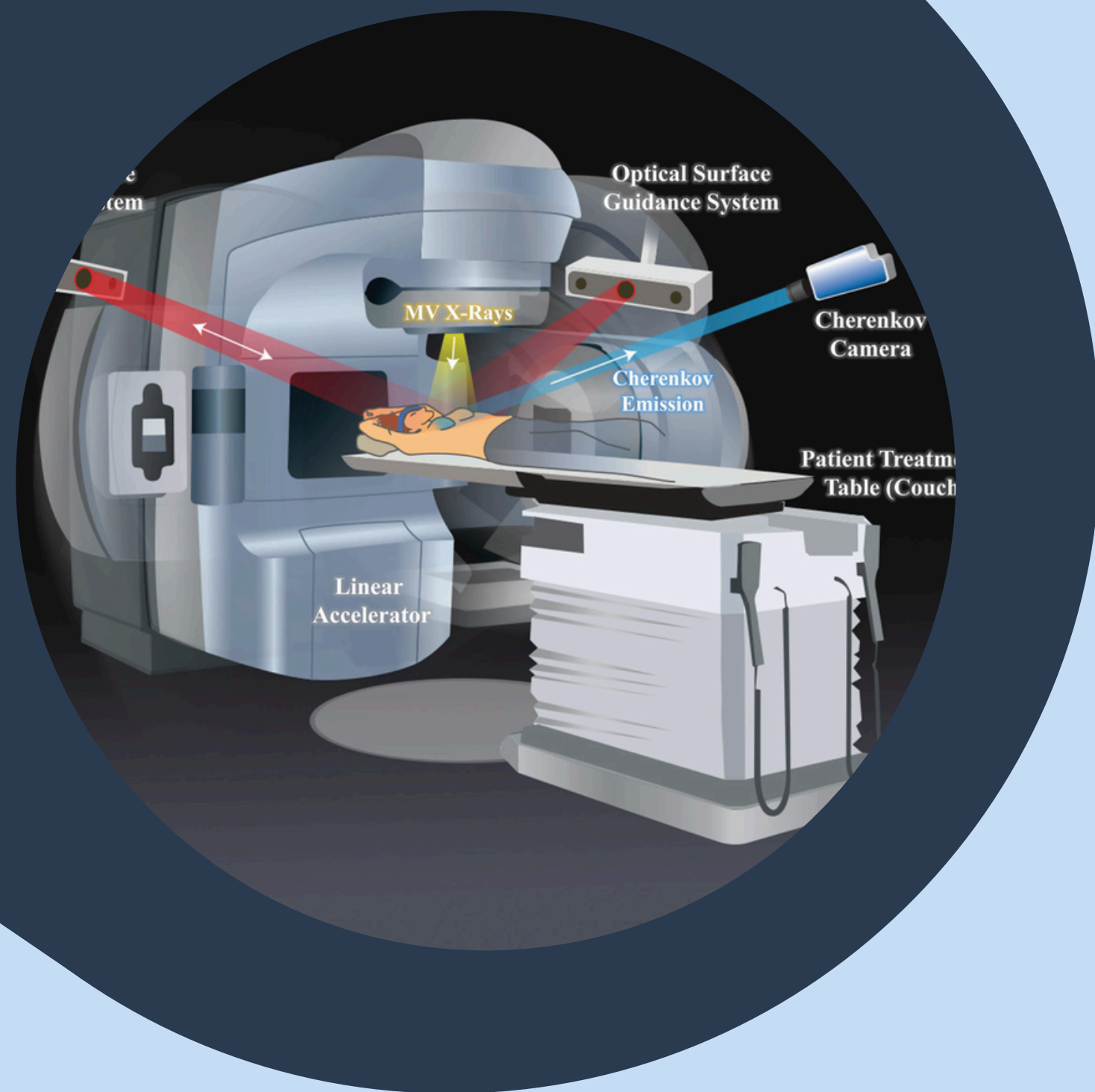
OSSERVAZIONI SPERIMENTALI

- Emissione istantanea della luce
- Colore caratteristico blu
- Intensità proporzionale all'energia della particella
- Direzionalità: la luce forma un cono
- Assenza del fenomeno nel vuoto



EFFETTO ČERENKOV NEI REATTORI NUCLEARI

- Nei reattori nucleari l'acqua funge da:
 - refrigerante
 - moderatore
- Le particelle radioattive prodotte hanno velocità superiori a quella della luce nell'acqua
- Si osserva un intenso bagliore blu
- È un indicatore visivo dell'attività nucleare



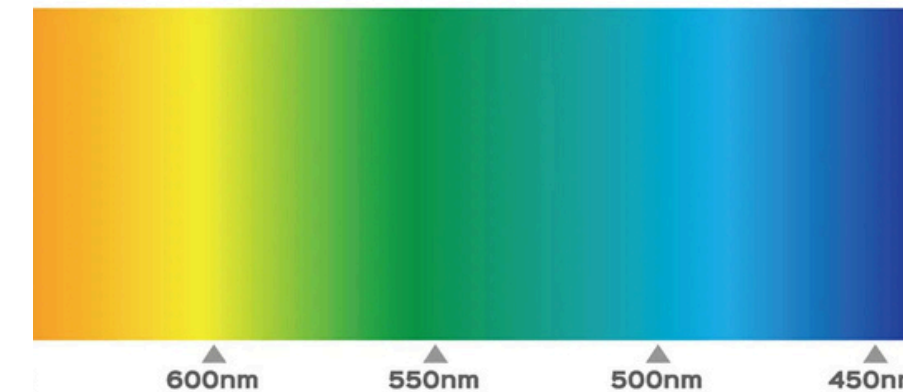
APPLICAZIONI MODERNE

- **Fisica delle particelle:** rivelatori Čerenkov
- **Medicina nucleare:** imaging e controllo delle radiazioni
- **Astrofisica:** studio dei raggi cosmici
- **Sicurezza nucleare:** monitoraggio visivo dei reattori
- Utilizzato nei rivelatori per la Tomografia a Emissione di Positroni (**PET**)

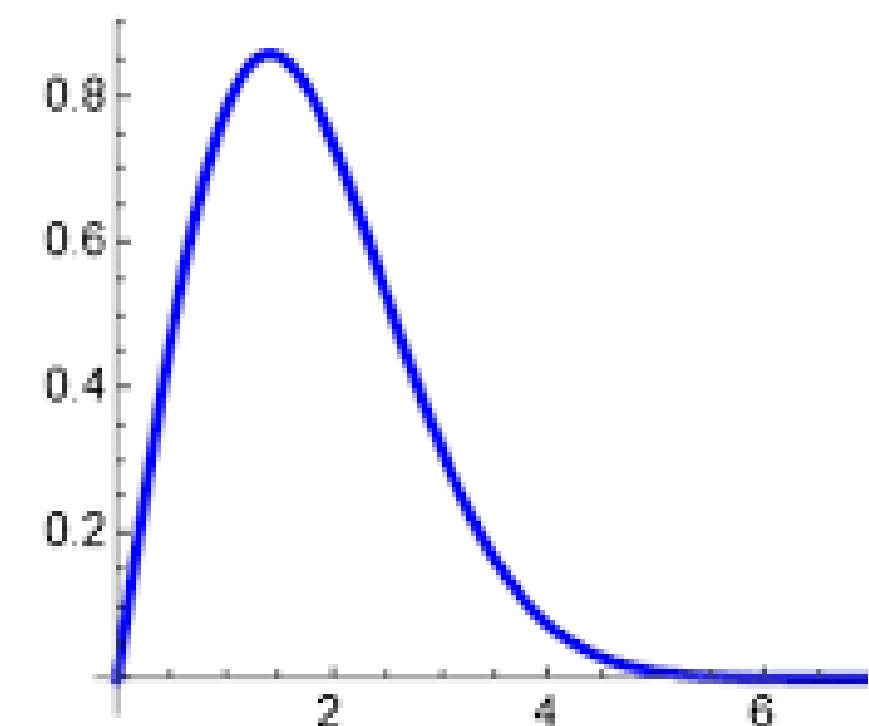
CURIOSITÀ E APPROFONDIMENTI

- L'effetto non viola la relatività
- È impossibile nel vuoto
- Il colore blu non dipende dalla radioattività in sé
- Può essere usato per misurare la velocità delle particelle
- È uno dei pochi fenomeni nucleari visibili direttamente

SPECTRUM



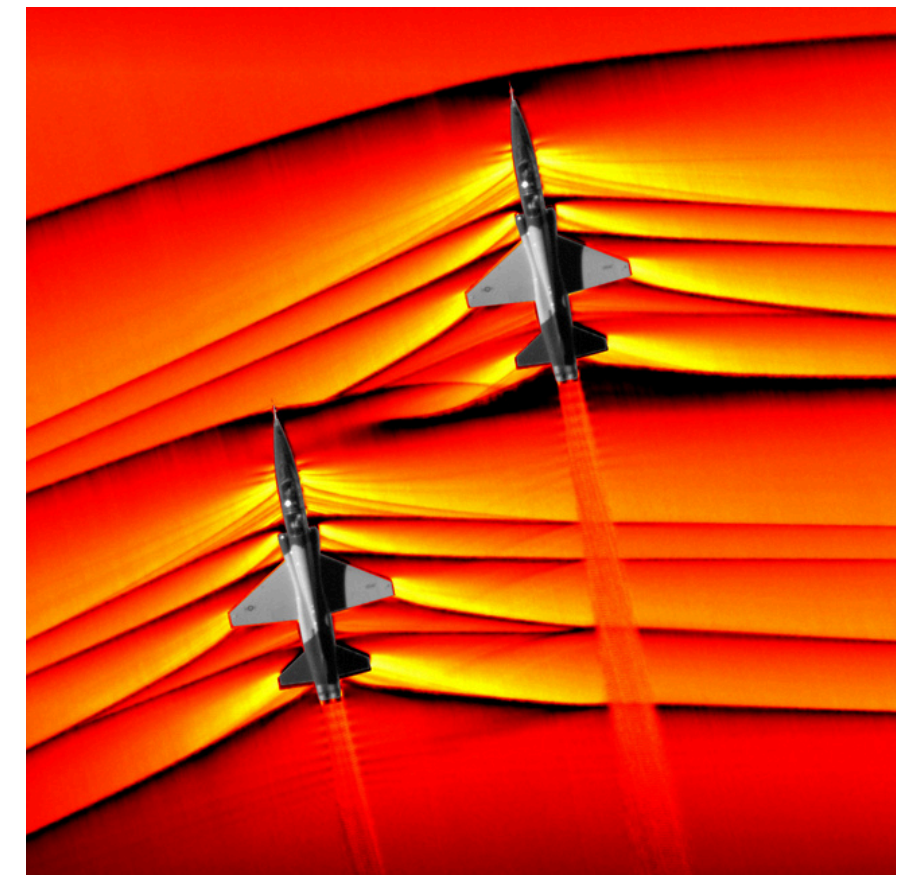
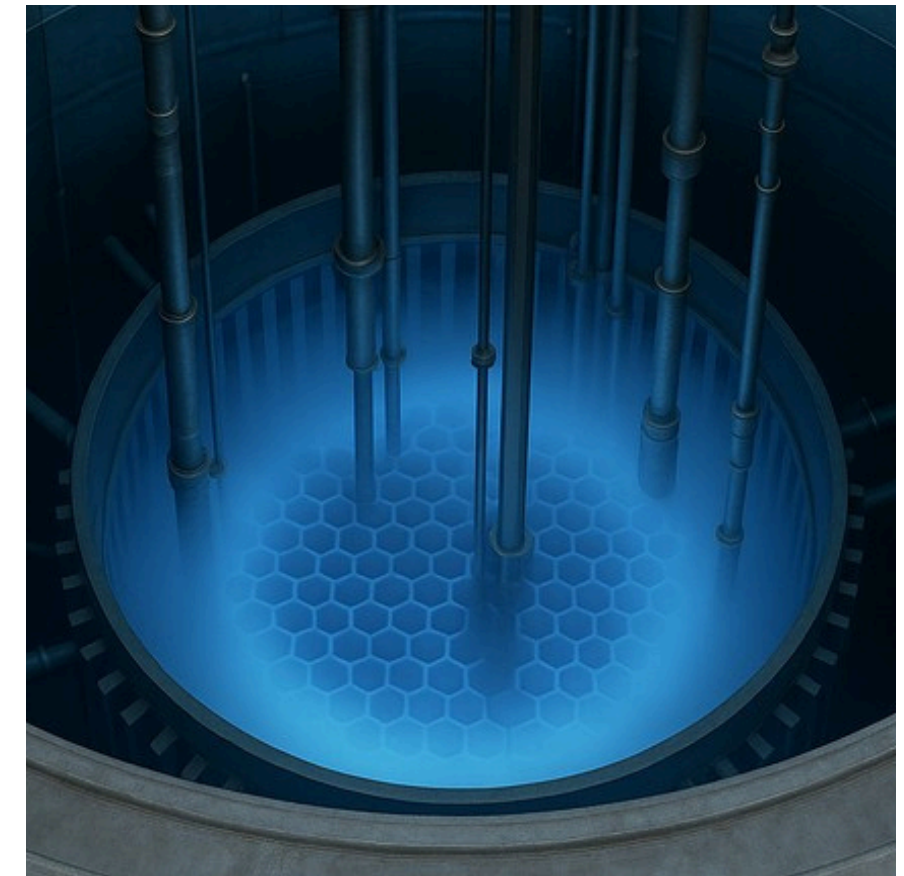
Cherenkov spectrum
(arb. units)



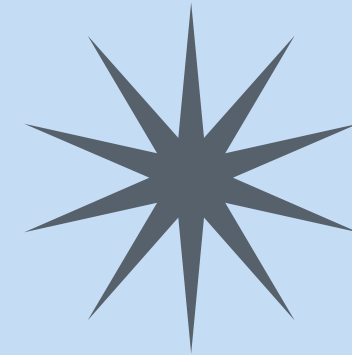
IMPORTANZA SCIENTIFICA

- Conferma sperimentale della teoria elettromagnetica
- Fondamentale per lo sviluppo dei rivelatori moderni
- Ponte tra fisica teorica e applicata
- Esempio chiaro di come il **mezzo influenzi le leggi fisiche**

Primo e unico
reattore al **torio** al mondo



Fine



Realizzato dalla classe 5C
Liceo Statale “*Felicia e Peppino Impastato*”, indirizzo Scientifico
Partinico (PA)

