

RADIAÇÃO DE CHERENKOV

Carolina Sayuri Takeda

Junho/2018

INTRODUÇÃO



1900

Marie e Pierre Curie,
primeiros a observar a
radiação de Cherenkov.



1934

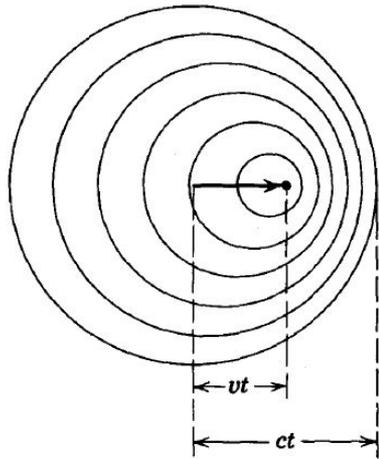
Detectada
experimentalmente
por Pavel
Cherenkov.



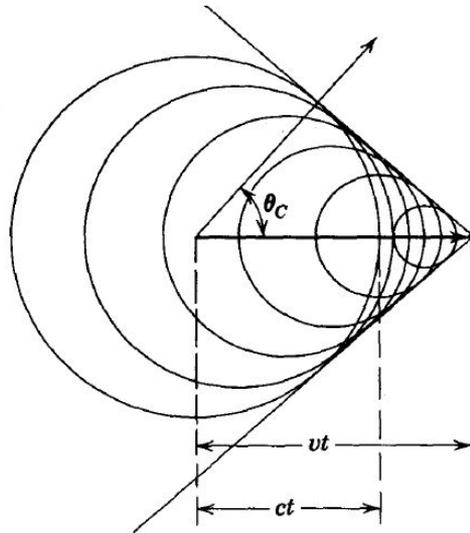
1937

Foi desenvolvida uma
teoria pelos cientistas
Igor Tamm e Ilya
Frank.

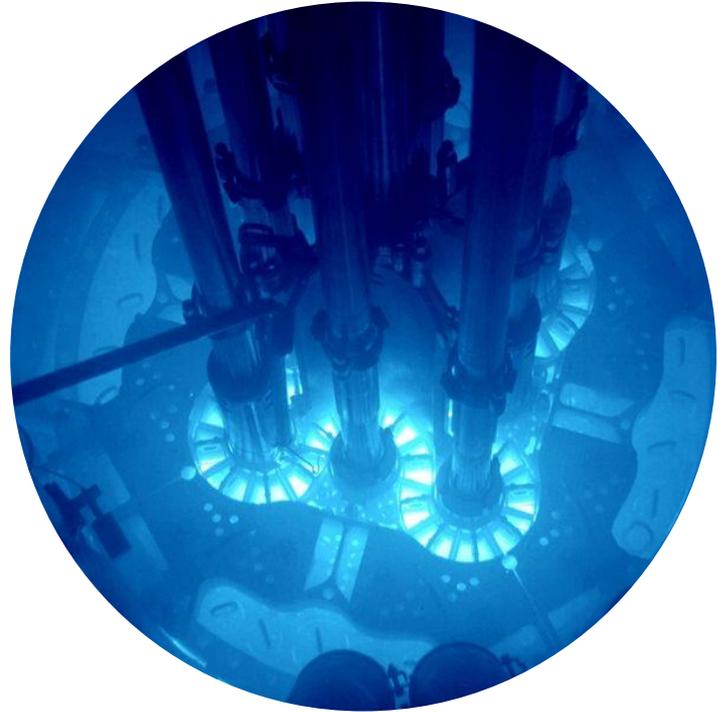
INTRODUÇÃO



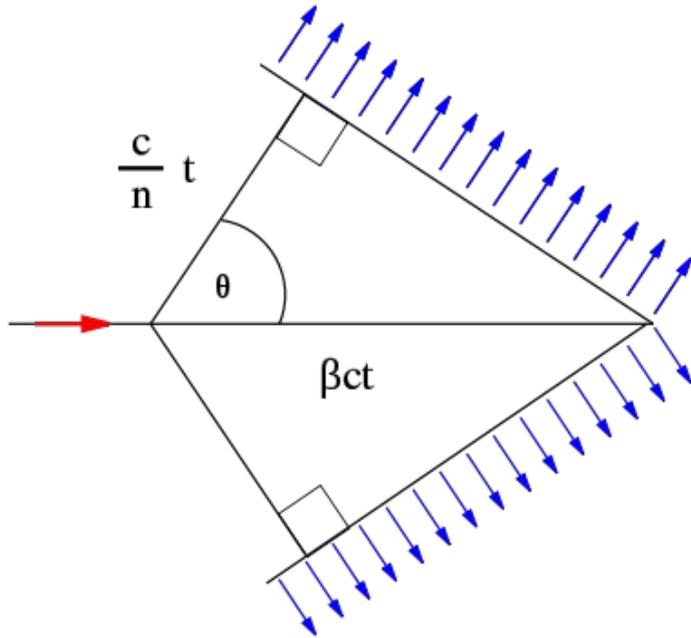
$v < c$



$v > c$



INTRODUÇÃO



$$\cos\theta_c = \frac{1}{\beta_n}$$

$$\beta_n = \frac{vn}{c}$$

TEORIA

Conservação de momento: $P^2 = P_o^2 + P_c^2 - 2P_oP_c\cos\theta_c$

Conservação de energia:

$$(P_o^2c^2 + m_o^2c^4)^{\frac{1}{2}} = (P^2c^2 + m_o^2c^4)^{\frac{1}{2}} + h\nu$$



$$\cos\theta_c = \frac{2(P_o^2c^2 + m_o^2c^4)^{\frac{1}{2}} + (n^2 - 1)h\nu}{2P_o cn}$$



TEORIA

Igualando com:

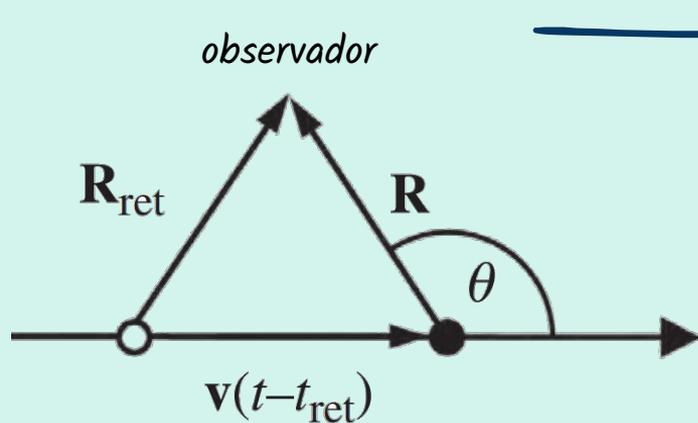
$$\cos\theta_c = \frac{1}{\beta_n}$$

$$v = \frac{P_0 c^2}{(P_0^2 c^2 + m_0^2 c^4)^{\frac{1}{2}}}$$

Assim, sabendo o ângulo de emissão da radiação de Cherenkov, é possível encontrar a velocidade da partícula. A partir dela, descobre-se a massa.

POTENCIAIS DE LIÉNARD-WIECHERT

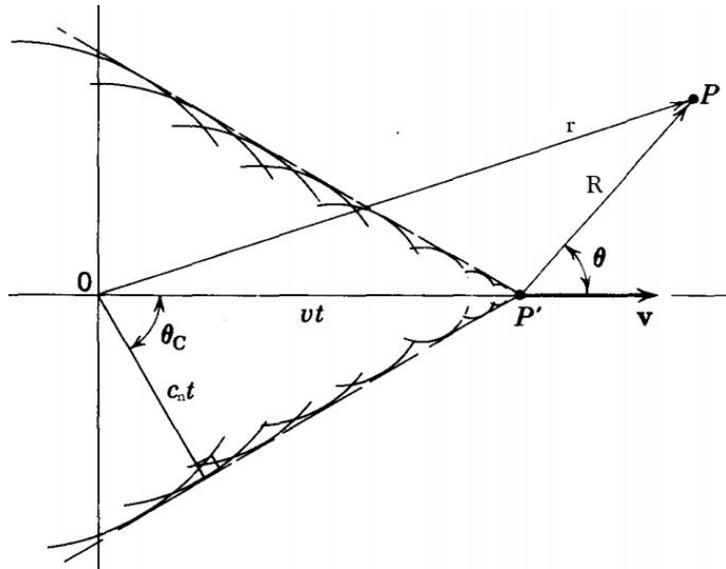
$$\varphi(\mathbf{r}, t) = \frac{1}{4\pi\epsilon} \left[\frac{q}{R - \beta_n \cdot \mathbf{R}} \right]_{ret} \quad \mathbf{A}(\mathbf{r}, t) = \frac{\mu}{4\pi} \left[\frac{q\mathbf{v}}{R - \beta_n \cdot \mathbf{R}} \right]_{ret}$$



$$R_r = |\mathbf{R} + \mathbf{v}(t - t_r)|$$

TEORIA

$$t_r - t = \frac{|\mathbf{r} - \mathbf{r}'(t_r)|}{c_n}$$

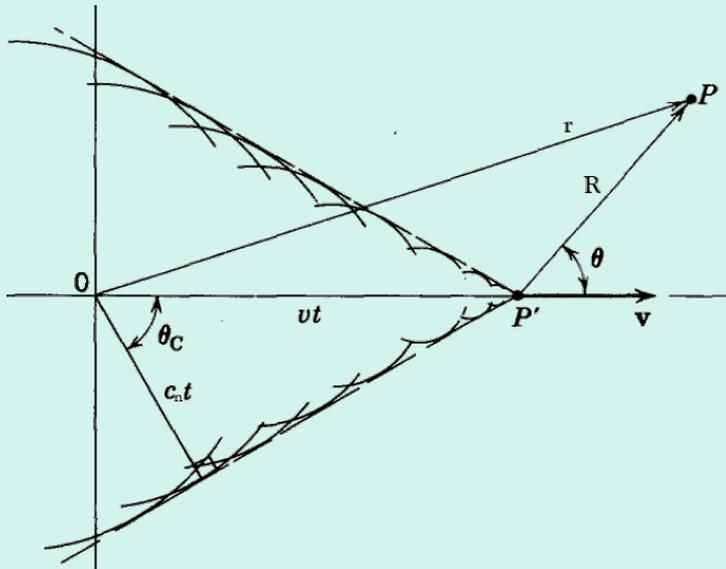


$$t - t_r = \frac{-\mathbf{v} \cdot \mathbf{R} \pm \sqrt{(\mathbf{v} \cdot \mathbf{R})^2 - (v^2 - c_n^2) R^2}}{v^2 - c_n^2} \geq 0$$

Para $v > c$, há solução apenas quando o ângulo entre \mathbf{R} e \mathbf{v} , dado por θ , não é agudo ($\theta > \pi/2$).

TEORIA

$$\cos^{-1} \left[- \left(1 - \frac{1}{\beta_n^2} \right)^{\frac{1}{2}} \right] < \theta < \pi$$



$$\cos \theta = - \left[1 - \left(1 / \beta_n^2 \right) \right]^{\frac{1}{2}}$$

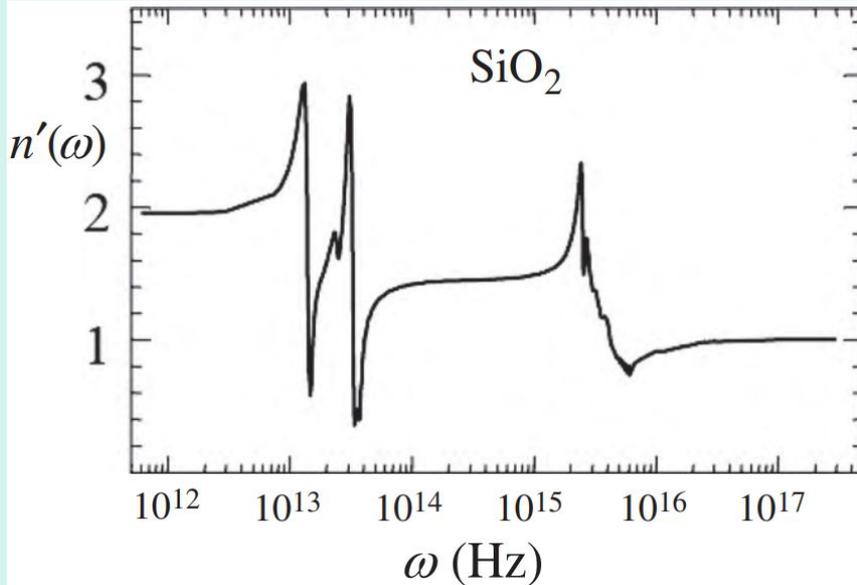
TEORIA

$$R - \beta_n \cdot \mathbf{R} = \mp \frac{1}{c_n} [(\mathbf{R} \cdot \mathbf{v})^2 - (v^2 - c^2)R^2]^{\frac{1}{2}}$$
$$= \mp R \sqrt{1 - \beta_n^2 \sin^2 \theta}$$


POTENCIAIS DE LIÉNARD-WIECHERT

$$\varphi(\mathbf{r}, t) = \frac{1}{2\pi\epsilon} \frac{q}{R \sqrt{1 - \beta_n^2 \sin^2 \theta}} ; \mathbf{A}(\mathbf{r}, t) = \mathbf{v} \mu \varphi(\mathbf{r}, t)$$

ENERGIA RADIADA



$$\frac{d^2 U_{rad}}{d\omega dl} = \frac{\mu(\omega) q^2 \omega}{4\pi} \left(1 - \frac{1}{\beta_n^2(\omega)} \right)$$

• ~~~~~ •

APLICAÇÕES

Biomoléculas:

A radiação de Cherenkov é utilizada para detectar pequenas concentrações de biomoléculas. Também pode ter várias aplicações em biomedicina.

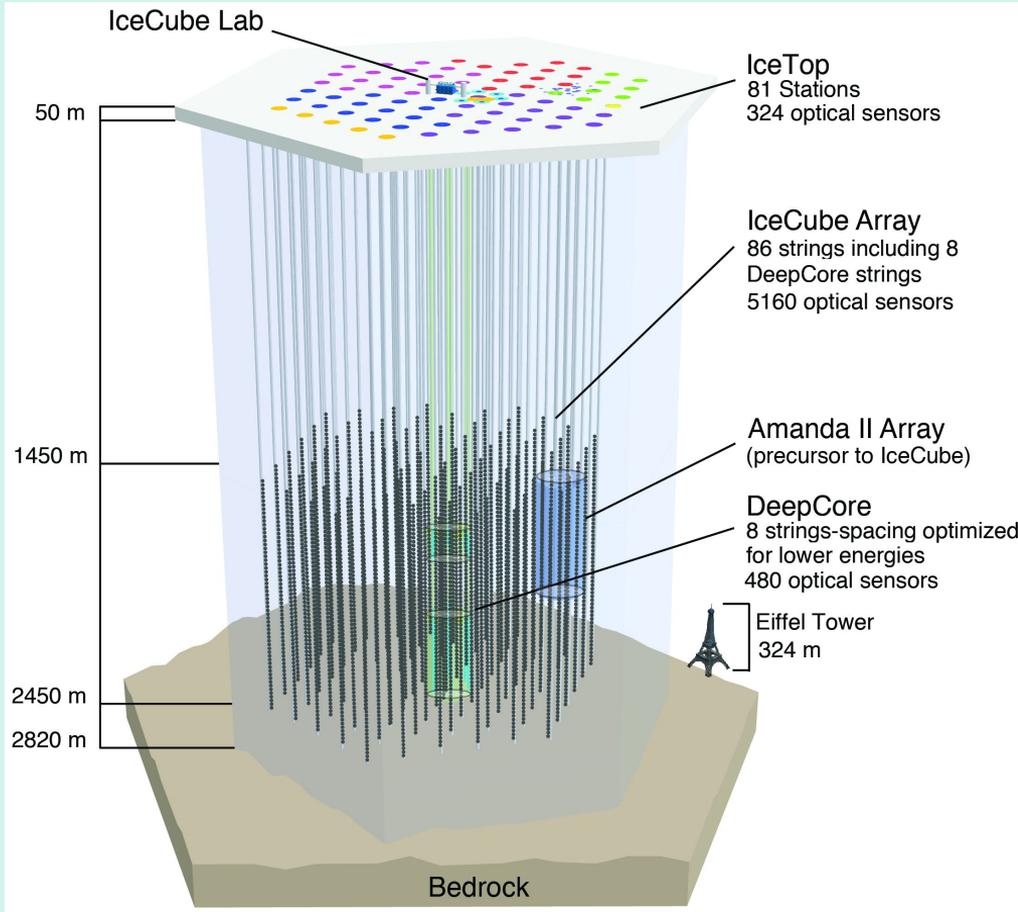
Reatores Nucleares:

Em reatores nucleares, a intensidade dessa radiação está relacionada à frequência dos eventos de fissão, assim é uma forma de medida da intensidade da reação.

Astrofísica:

Esse efeito é utilizado para determinar a fonte e a intensidade de raios cósmicos e propriedades de objetos astronômicos que emitem raios gama.

Alguns exemplos:
IceCube, SNO, VERITAS,
HESS, etc

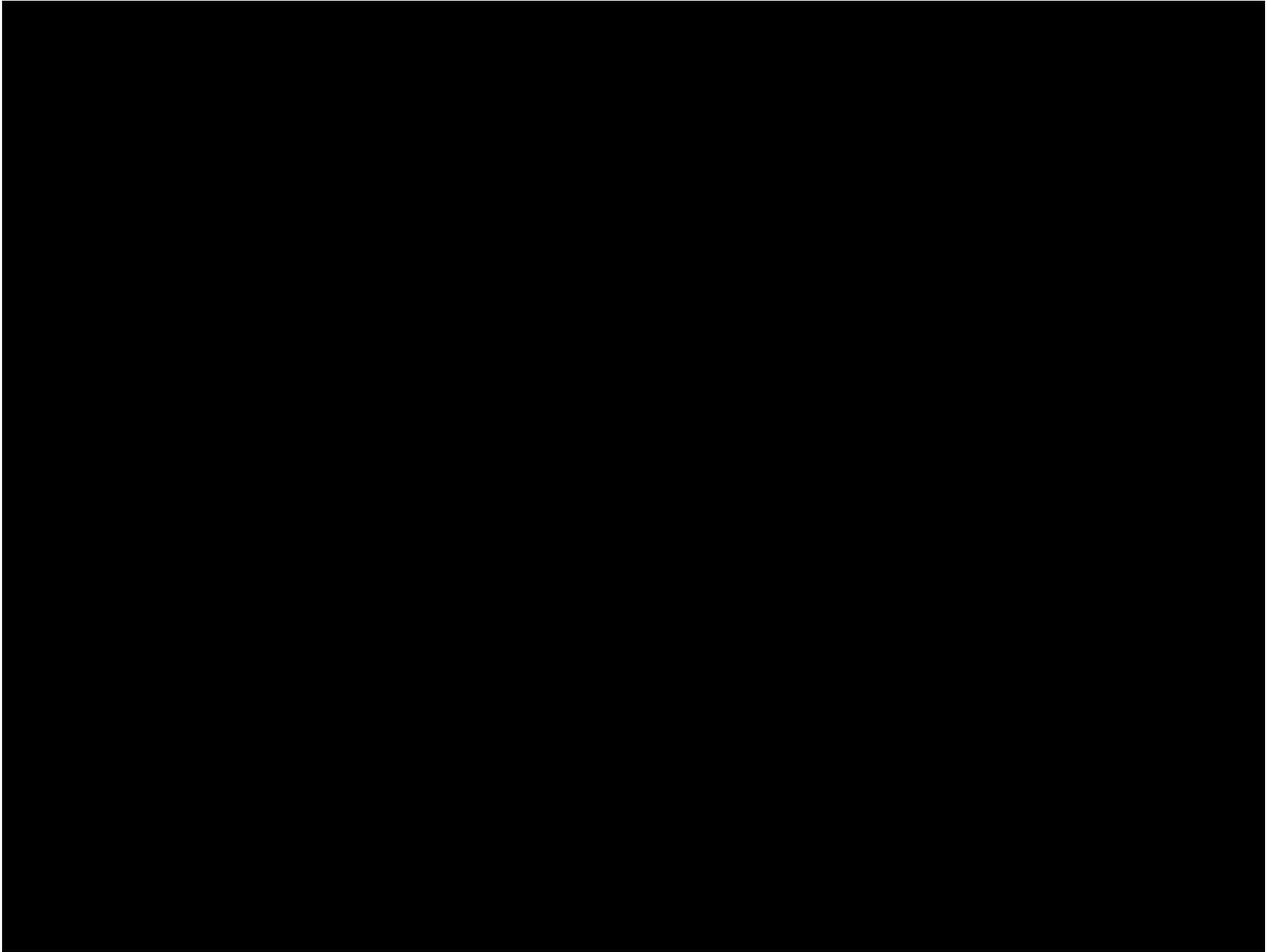


ICECUBE

Observatório de neutrinos localizado na Antártida. Vários detectores, ligados como uma corda cheia de nós, estão enterrados a profundidade de até 2500 metros no gelo.

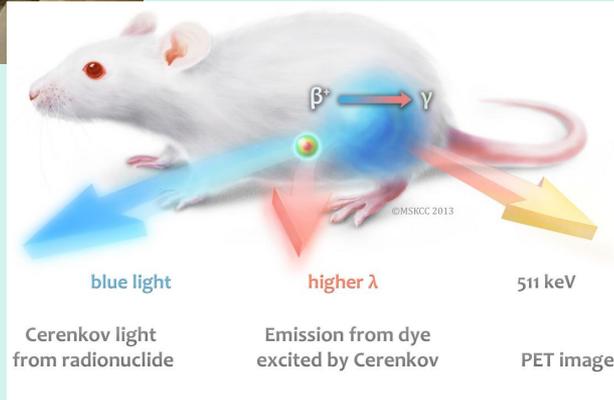
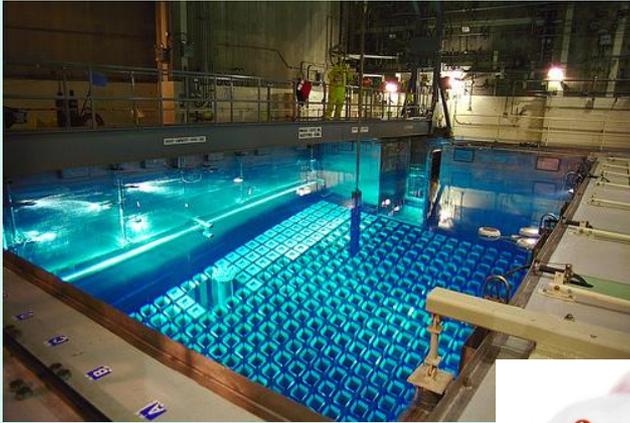
Formam uma rede de fotomultiplicadores que coletam e enviam as informações para o laboratório.

A partir dos dados, é possível encontrar informações sobre os neutrinos.



CONCLUSÃO

A radiação de Cherenkov é explicada pelo eletromagnetismo, levando em conta a relatividade.



Fenômeno que tem contribuído para pesquisa em diversas áreas.

As suas aplicações ainda estão em estudo, como possíveis utilidades em biomedicina.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Jackson J. D., *Classical Electrodynamics*, (John Wiley & Sons, Inc., 1962), Capítulo 14.
- [2] <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cherenkov.svg> (Imagem 2, acessado em 20/05/18).
- [3] <http://large.stanford.edu/courses/2014/ph241/alaesian2/> (An Introduction to Cherenkov Radiation, acessado em 20/05/18).
- [4] <https://link.springer.com/content/pdf/10.1134%2FS1063779610030044.pdf> (The Mechanism of Vavilov-Cherenkov Radiation, acessado em 20/05/18).
- [5] Courteille Ph. W., *Eletrodinâmica - Aulas em Física para pós-graduação*, (Instituto de Física de São Carlos-USP, 2018), Capítulo 6.
- [6] Zangwill A., *Modern Electrodynamics*, (Cambridge University Press, 2012), Capítulo 23.
- [7] <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5145313/> (Cherenkov radiation fluence estimates in tissue for molecular imaging and therapy applications, acessado em 20/05/18).
- [8] <https://licecube.wisc.edu/> (Site do IceCube, acessado em 20/05/18)
- [9] Imagens da conclusão:
<https://www.geek.com/news/geek-answers-why-does-nuclear-waste-glow-an-erie-blue-1599398/> e <https://www.nature.com/articles/nnano.2016.301> (acessado em 01/06/18)