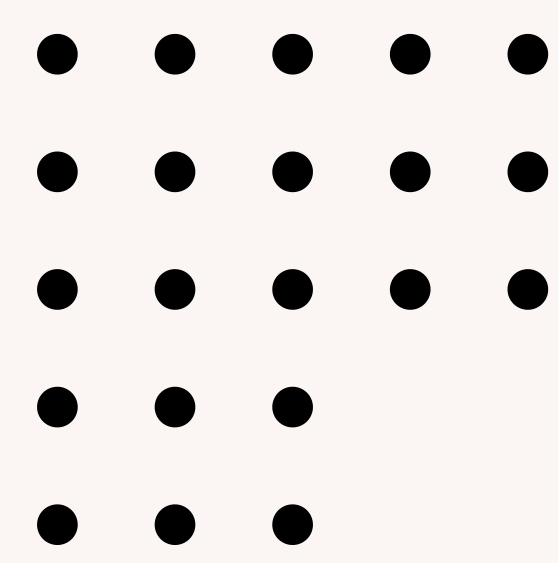
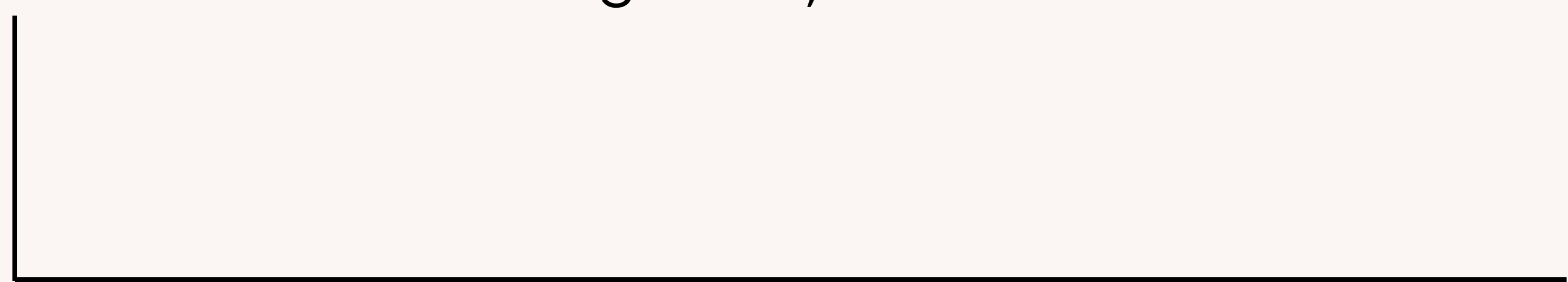


PARTICLE DETECTORS

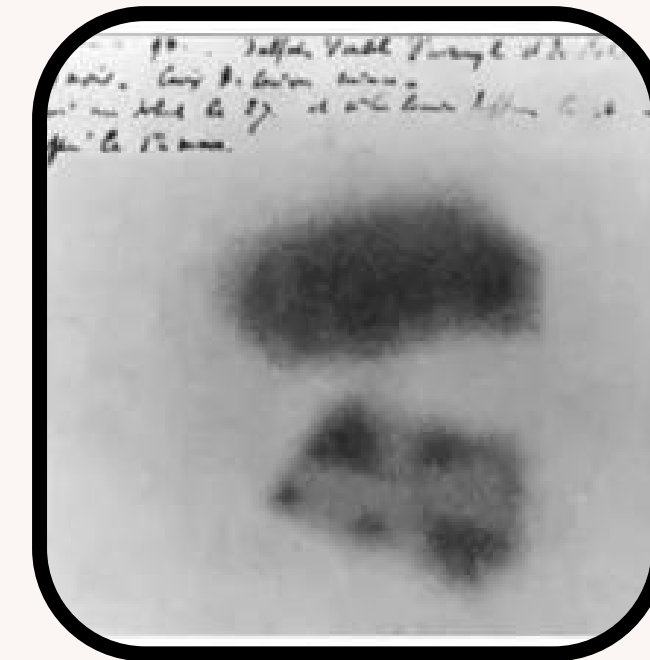
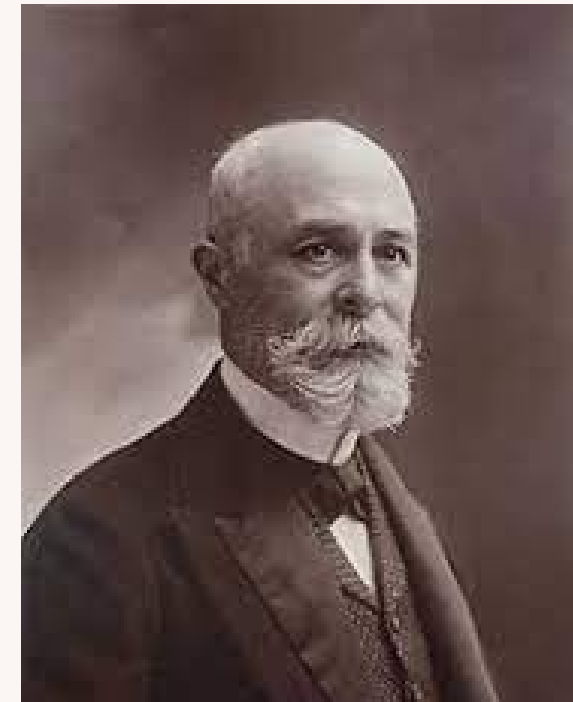
Capítulo 2:

Visão geral, história e conceitos

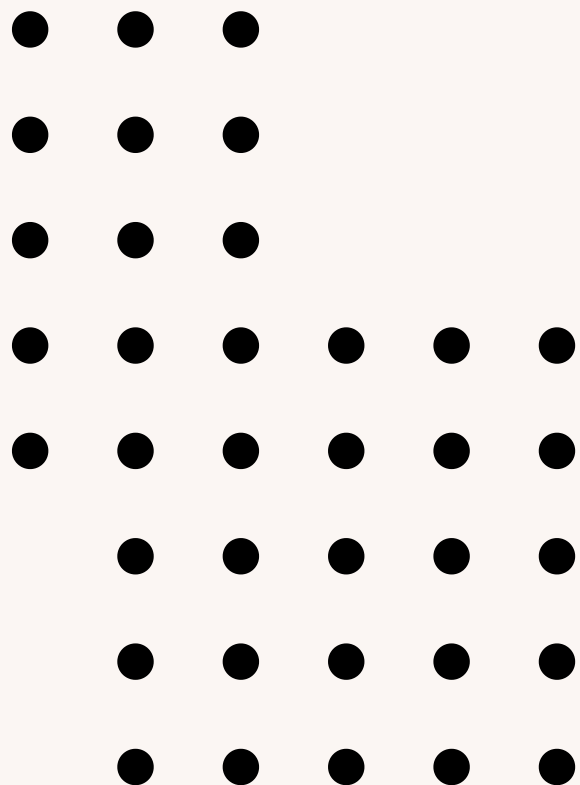
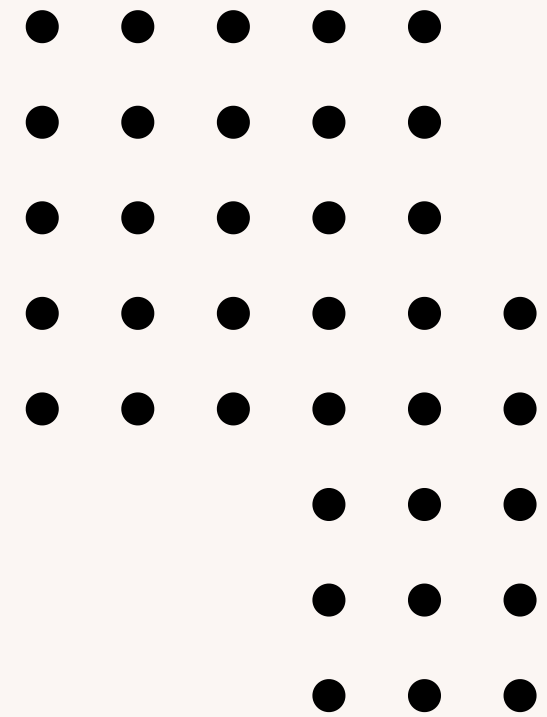


História

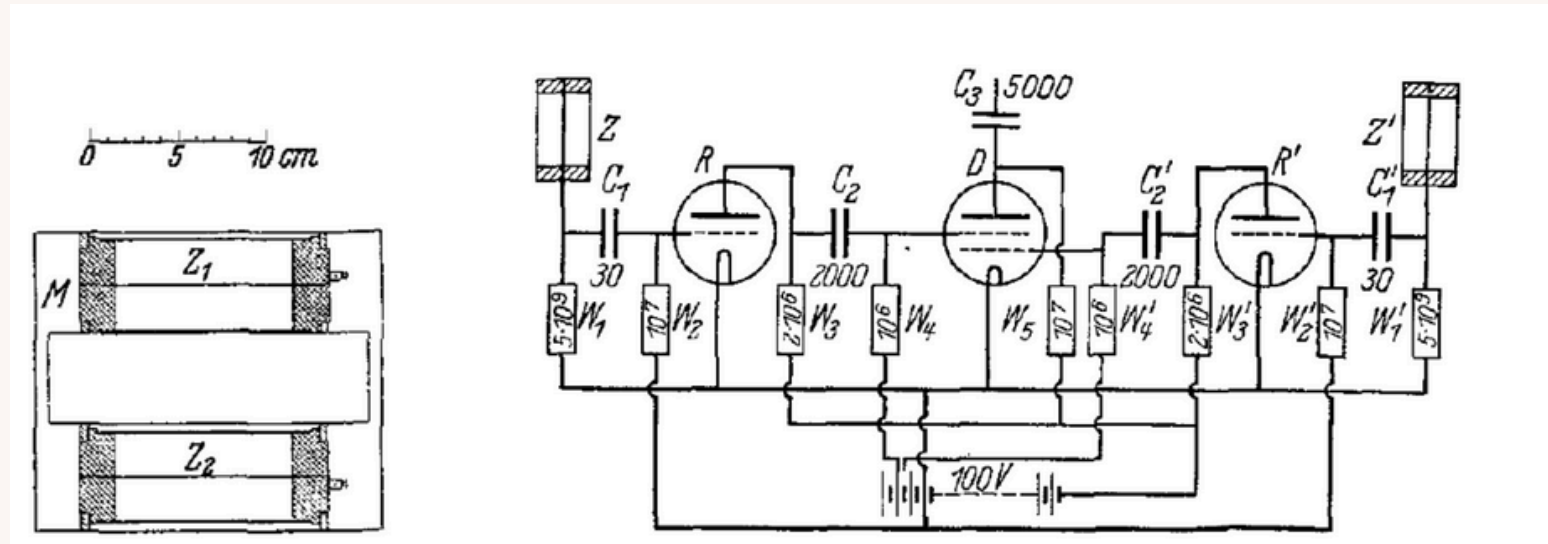
- A descoberta da radioatividade por H. Becquerel



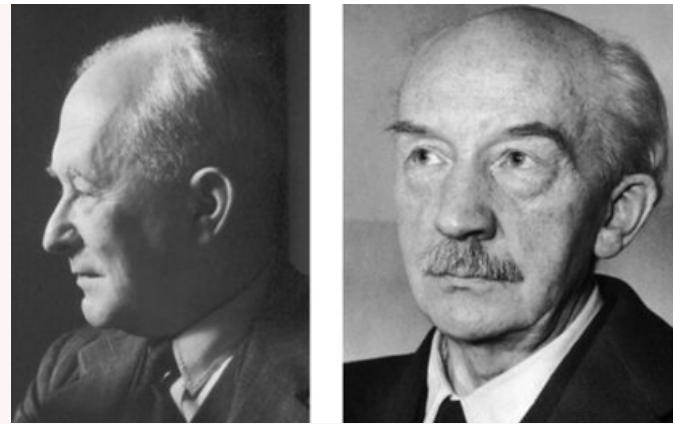
- Experimento no balão de V.Hess:
Descoberta dos raios cósmicos



- Tubos de H.Geiger:
Início do registro elétrico de partículas

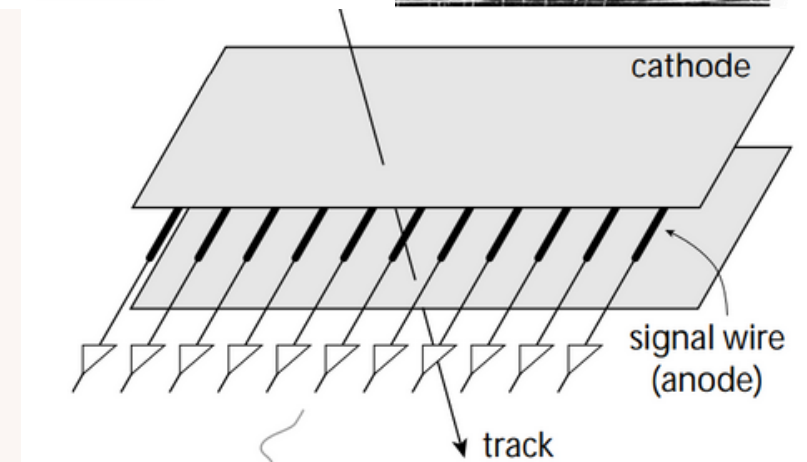
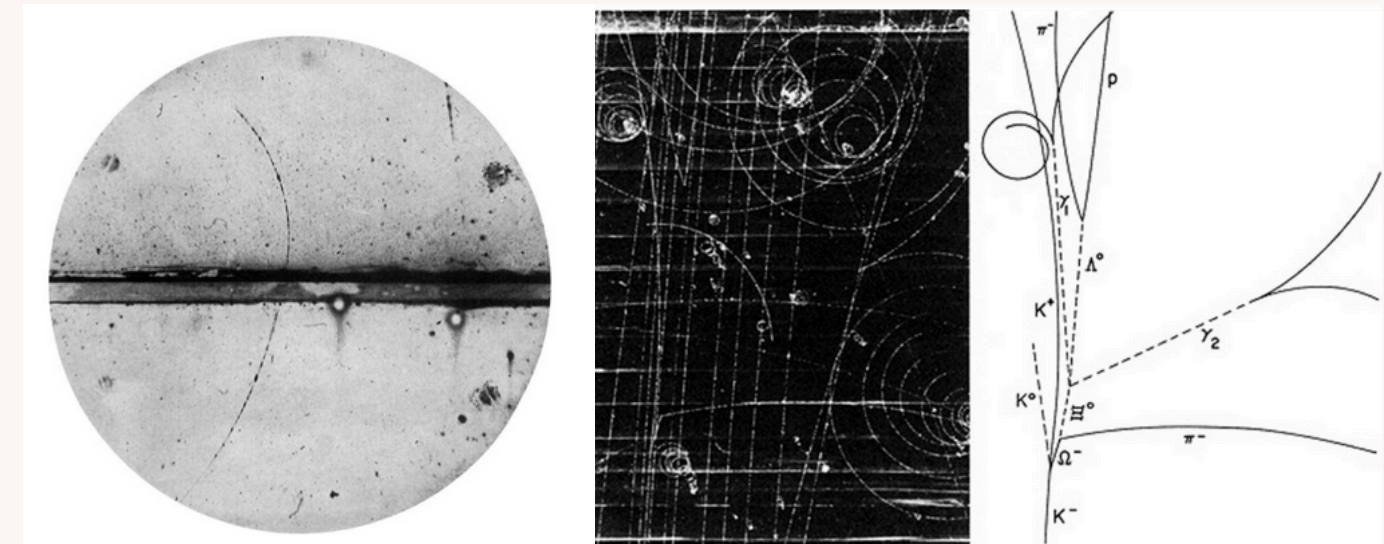


- Método da coincidência de W.Bothe:
Registro automático de eventos



Trajetória das partículas:

- Câmara de nuvens (C.T.R Wilson e P.Blackett)
- Câmara de bolhas (D.A. Glaser)
- Câmara proporcional multiwire MWPC (G. Charpak)



Year	Name	Detector principle	Discovery	Nobel Prize
1896	H. Becquerel	photographic plate	radioactivity	1903
1908	H. Geiger	gas amplification		
1911	E. Rutherford	scintillation screen	atomic nucleus	
1912	C.T.R. Wilson	cloud chamber	many new particles	1927
1912	V. Hess	electrometer	cosmic rays	1936
1924	W. Bothe	coincidence method		1954
1933	P. Blackett	triggered cloud chamber	e^+e^- pairs	1948
1934	P.A. Cherenkov	Cherenkov radiation	ν oscillation	1958
1947	C.F. Powell	photoemulsion	pion	1950
1953	D.A. Glaser	bubble chamber	Ω^- , neutral currents	1960
1968	G. Charpak	multiwire prop. chamber		1992
1980		Si microstrip detector	$B\bar{B}$ oscillation	

Detectores nos Aceleradores

- 1950 - Feixes de partículas aceleradas disponíveis em laboratório
- Radiação cósmica: Disponibilidade geral e Altas energias
- Fronteira de energia continua sendo elevada

- Unidade usada para energia eV:

$$T = e \int_0^L E ds = eV$$

$$1 \text{ eV} \approx 1.602 \times 10^{-19} \text{ C V} = 1.602 \times 10^{-19} \text{ J}$$

- ● ● ● ●
- ● ● ● ●
- ●
- ●
- ●

Limitação de 1-10 MV de corrente contínua:

- Campos eletromagnéticos de alta frequência
- Estruturas periódicas

- Lineares



SLAC (Stanford Linear Accelerator Center)

- Circulares(Cíclotron, sincrotron)



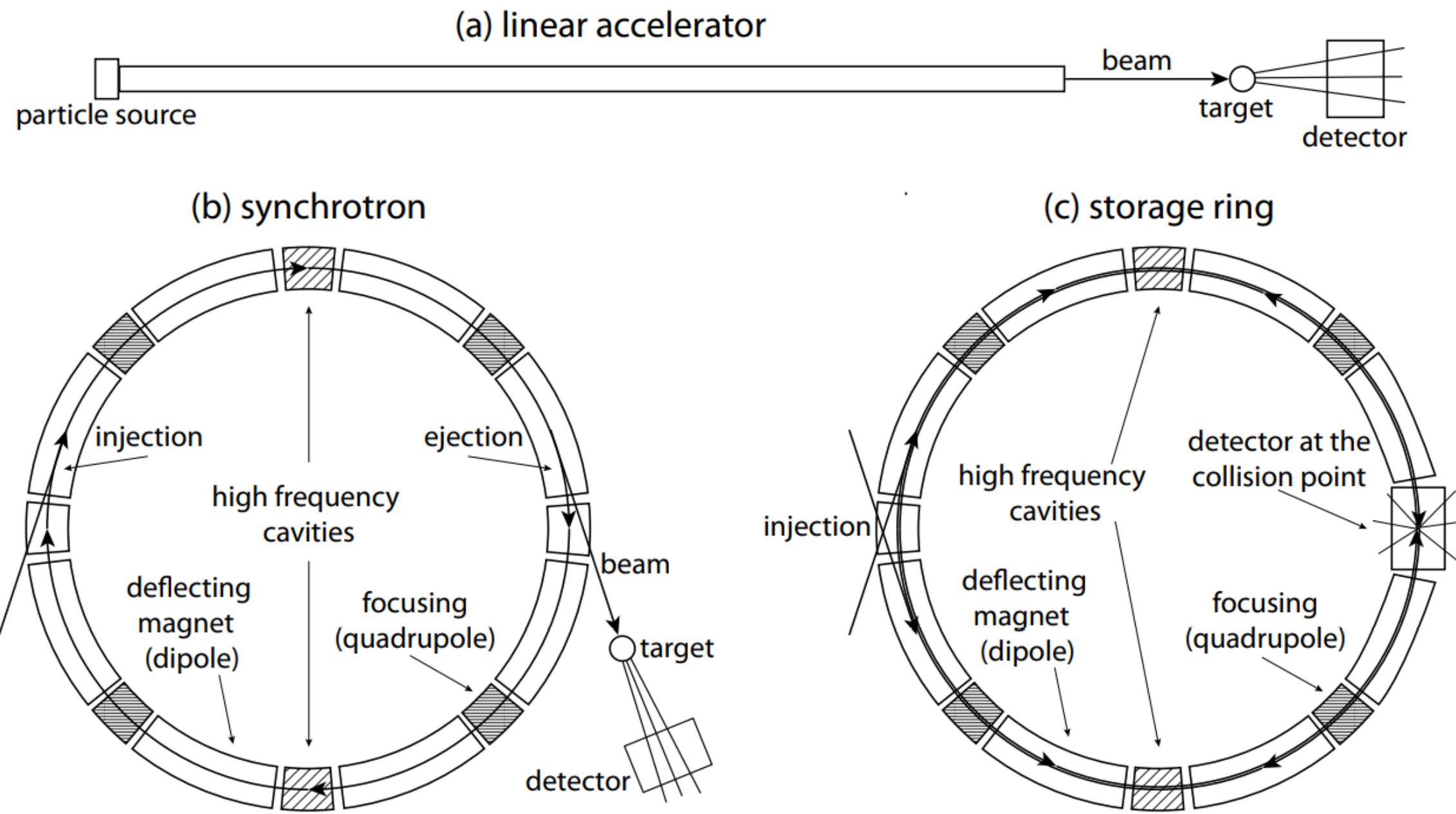
Tevatron
Fermi National Accelerator
Lab (FNAL)

LHC (Large Hadron Collider)
CERN



Sincrotron:

- Feixes direcionados para um alvo fixo
- Elétrons, prótons, anti-partículas e íons pesados
- Colisores: Evitar perdas em alvos estacionários



Alguns parâmetros característicos dos colisores:

- Energia das partículas no feixe
- Estrutura temporal dos grupos de partículas
- Dispersão da zona de interação
- Luminosidade

- Maiores luminosidades:
 $L \approx 10^{34-35} \text{ s}^{-1} \text{ cm}^{-2}$
- Com $\sigma = 1 \text{ fb} = 10^{-39} \text{ cm}^2$:
(fb = femtobarn)

Temos até 10 eventos por ano

LUMINOSIDADE

$$\dot{N} = L \sigma \quad \text{or} \quad L = \frac{\dot{N}}{\sigma}.$$

CASO MAIS SIMPLES

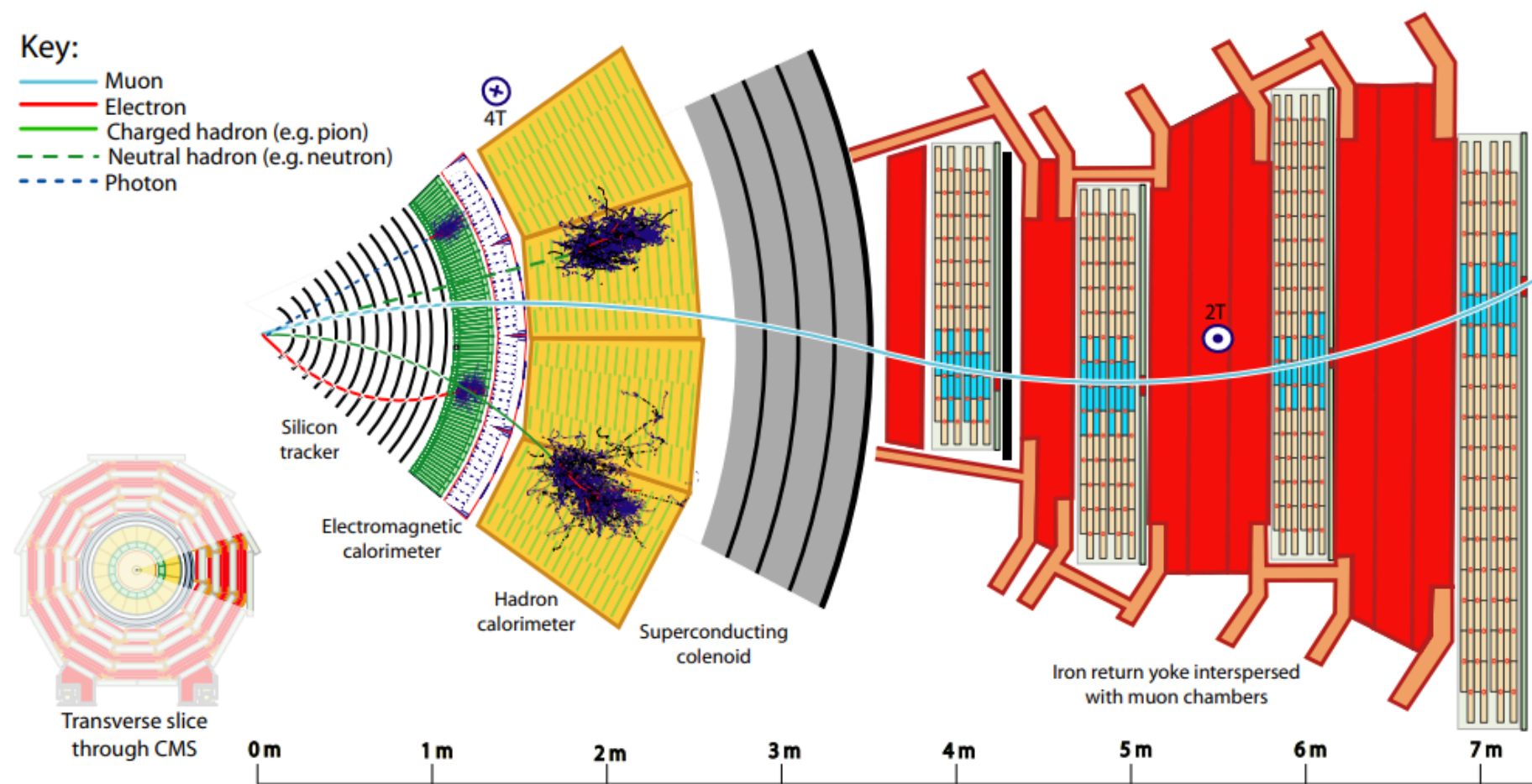
$$L = \frac{b N_1 N_2 f}{4\pi \sigma_x \sigma_y},$$

CASO MAIS GERAL

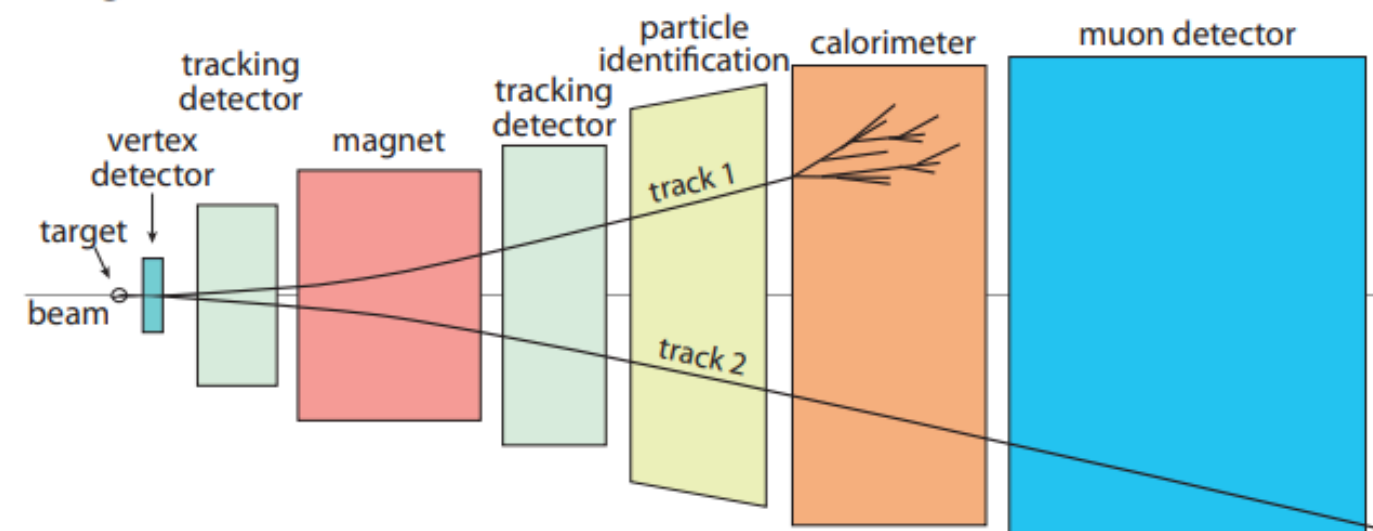
$$\mathcal{L} = \frac{N_1 N_2 f N_b}{2\pi \sqrt{\sigma_{1x}^2 + \sigma_{2x}^2} \sqrt{\sigma_{2y}^2 + \sigma_{2y}^2}}.$$

Camadas dos detectores de propósito geral:

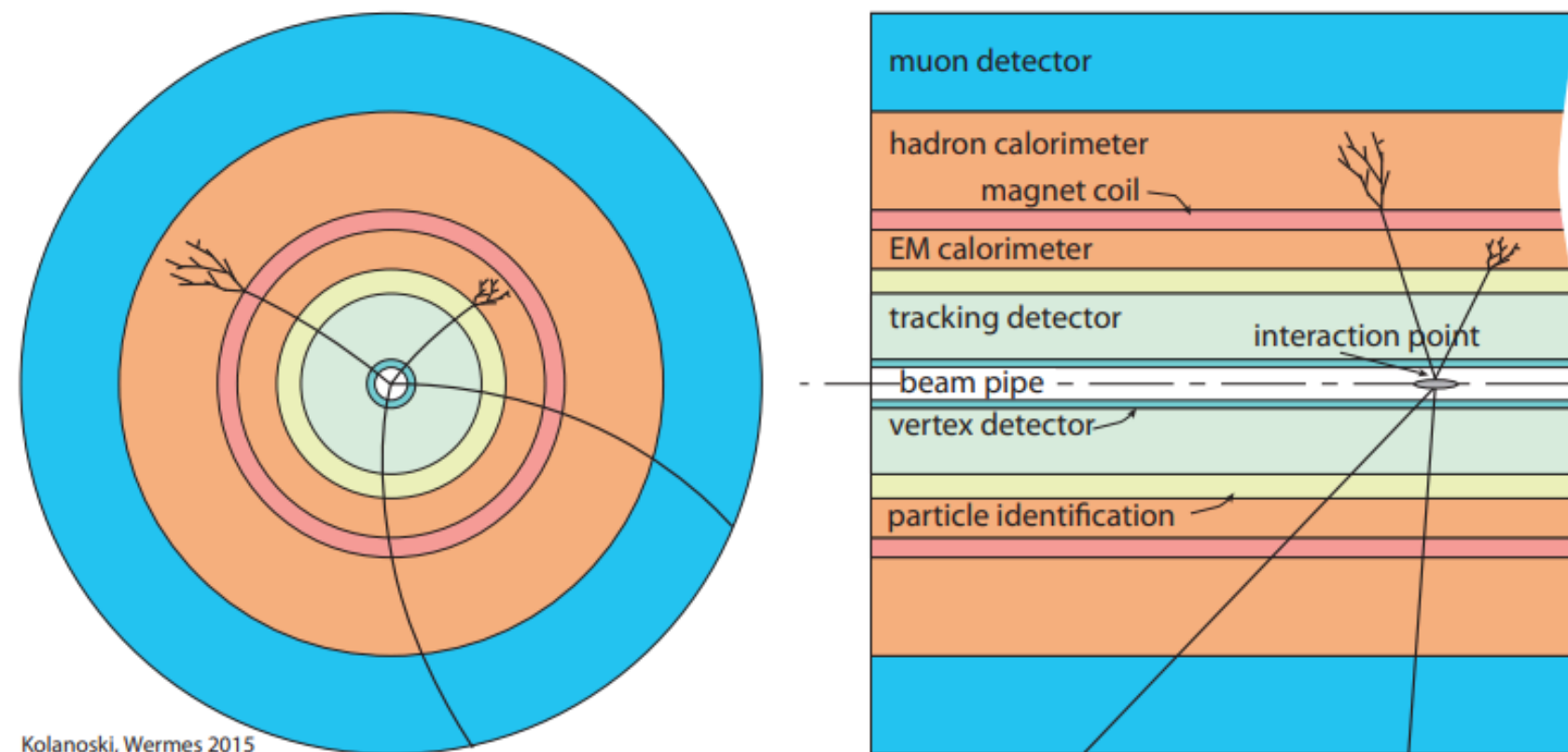
- Detectores de Vértice
- Detectores de Trajetória
- Detectores Para Identificação das partículas
- Calorímetro
- Bobina Magnética
- Calorímetro Hadrônico
- Detectores de Múons



(a) fixed-target detector

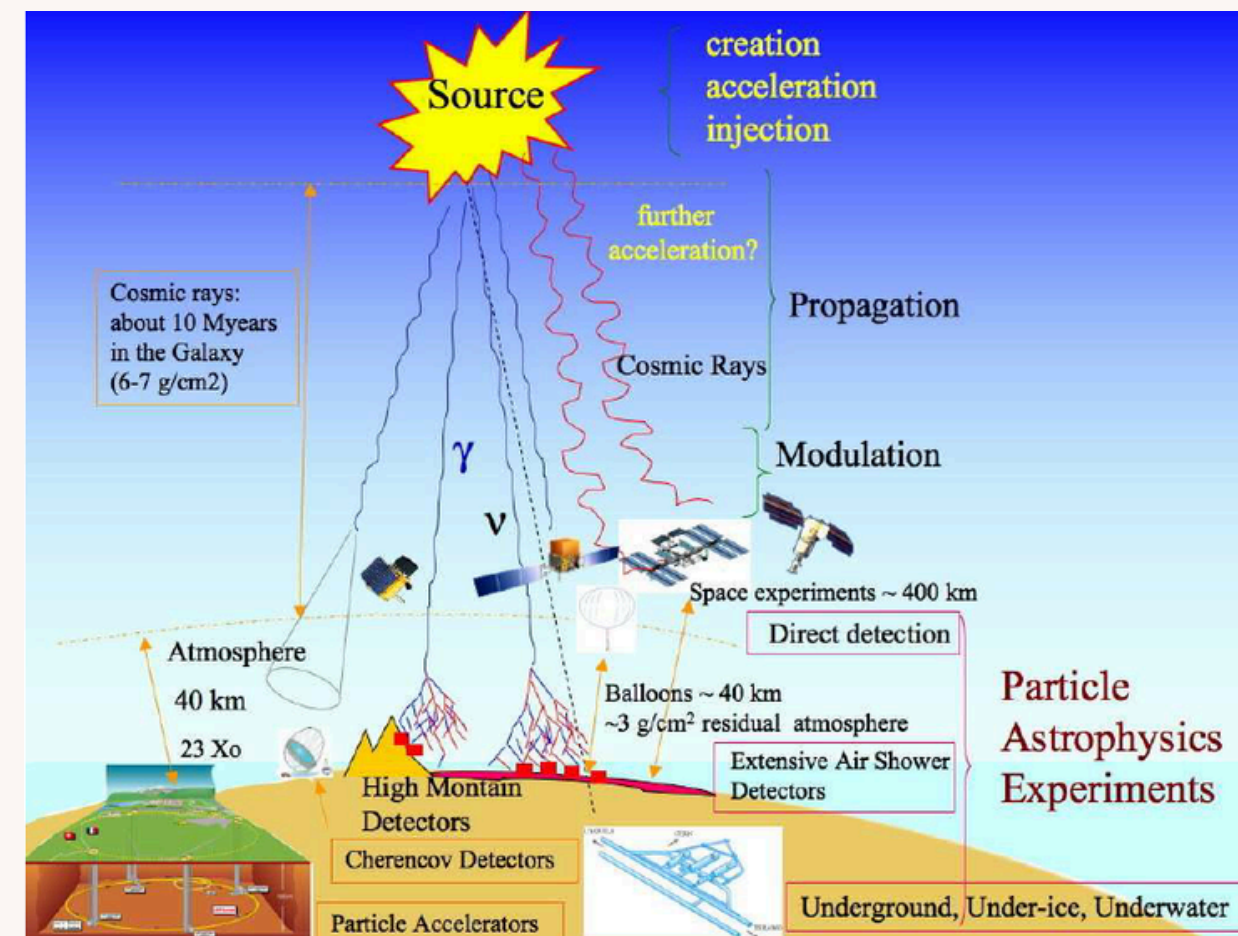
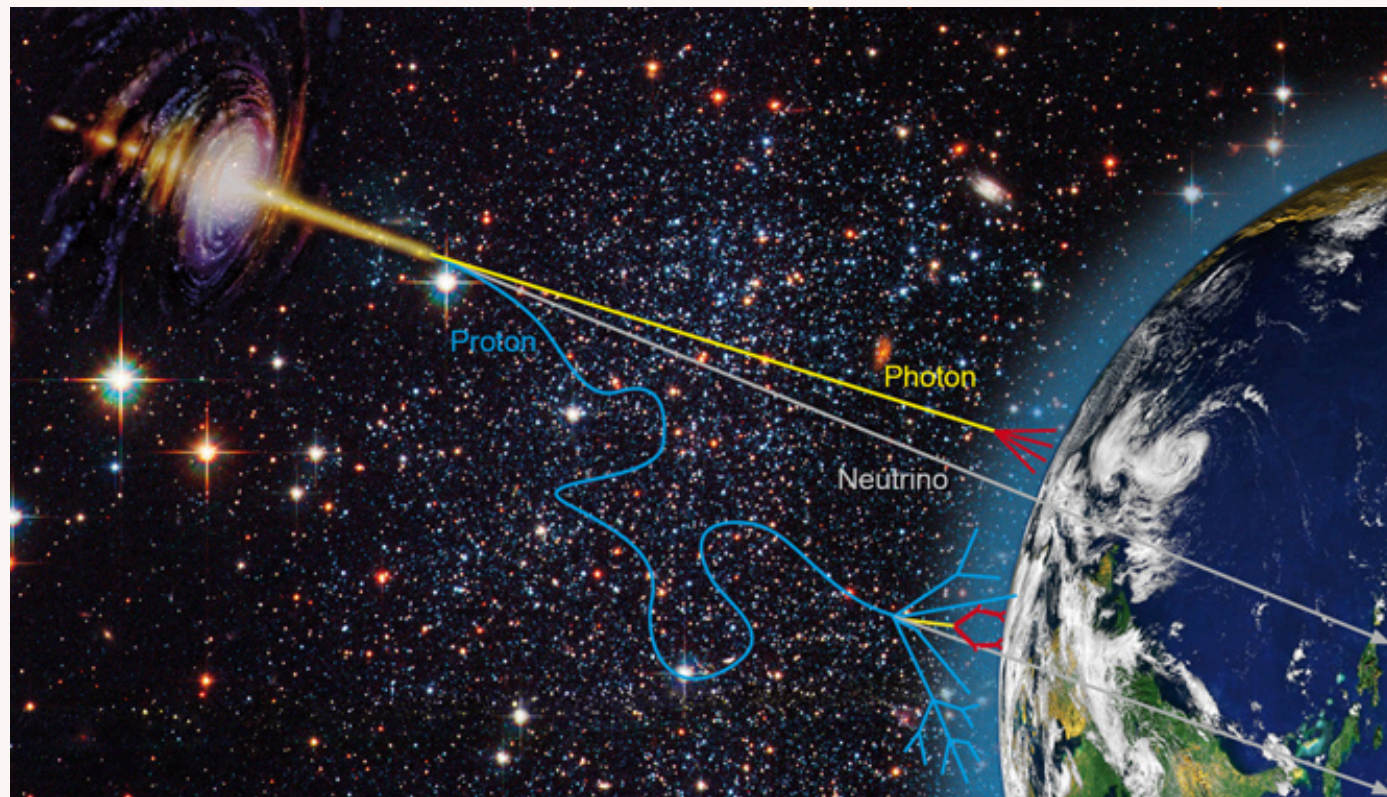


(b) collider detector



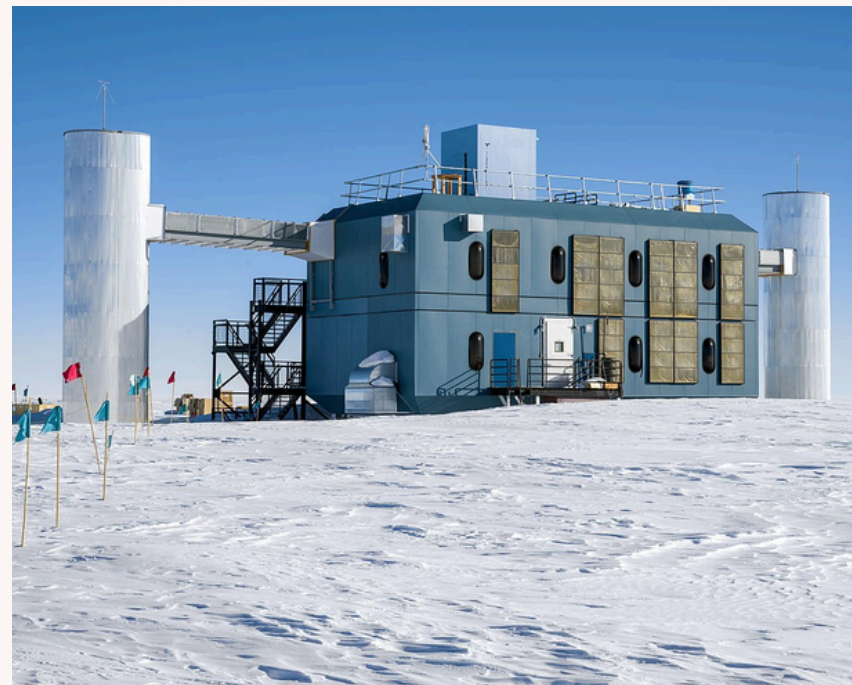
Aplicações dos Detectores

- Experimentos com balões e satélites
- Detectores de chuveis atmosféricos
- Telescópios Cherenkov para medição de radiação gama na faixa de TeV
- Detectores de neutrinos para baixas energias (Sol, supernovas)
- Detectores para neutrinos de origem cósmica de alta energia
- Instrumentos para a detecção de partículas exóticas (matéria escura, monopólos, neutrinos Majorana, ...)



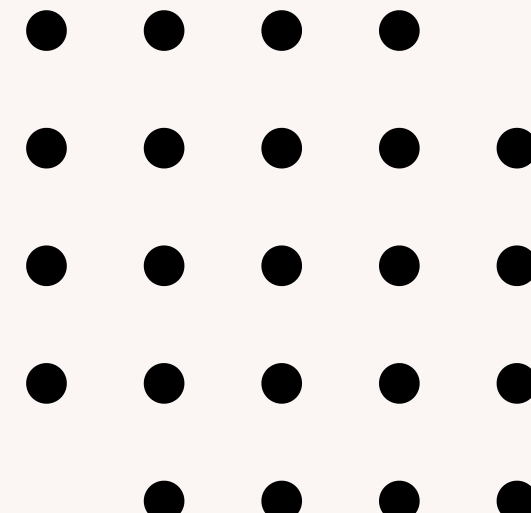
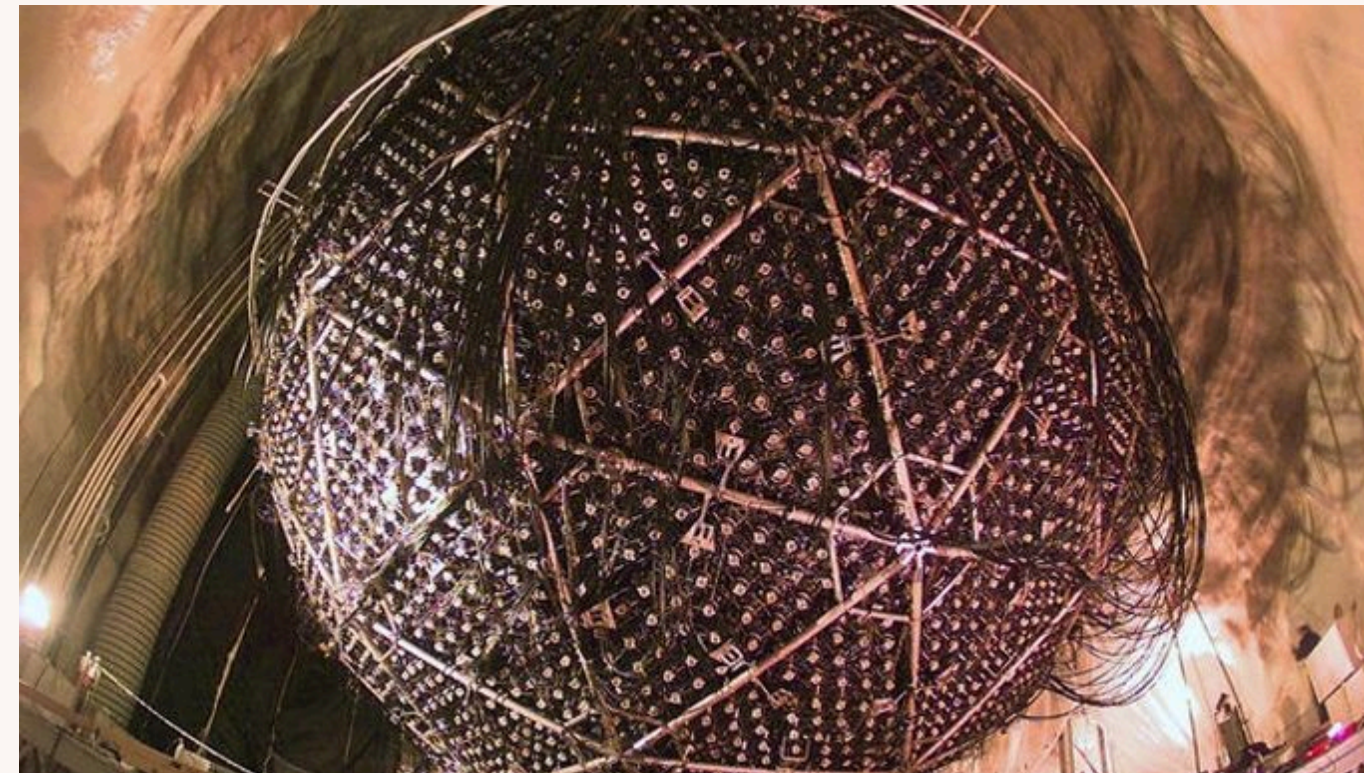
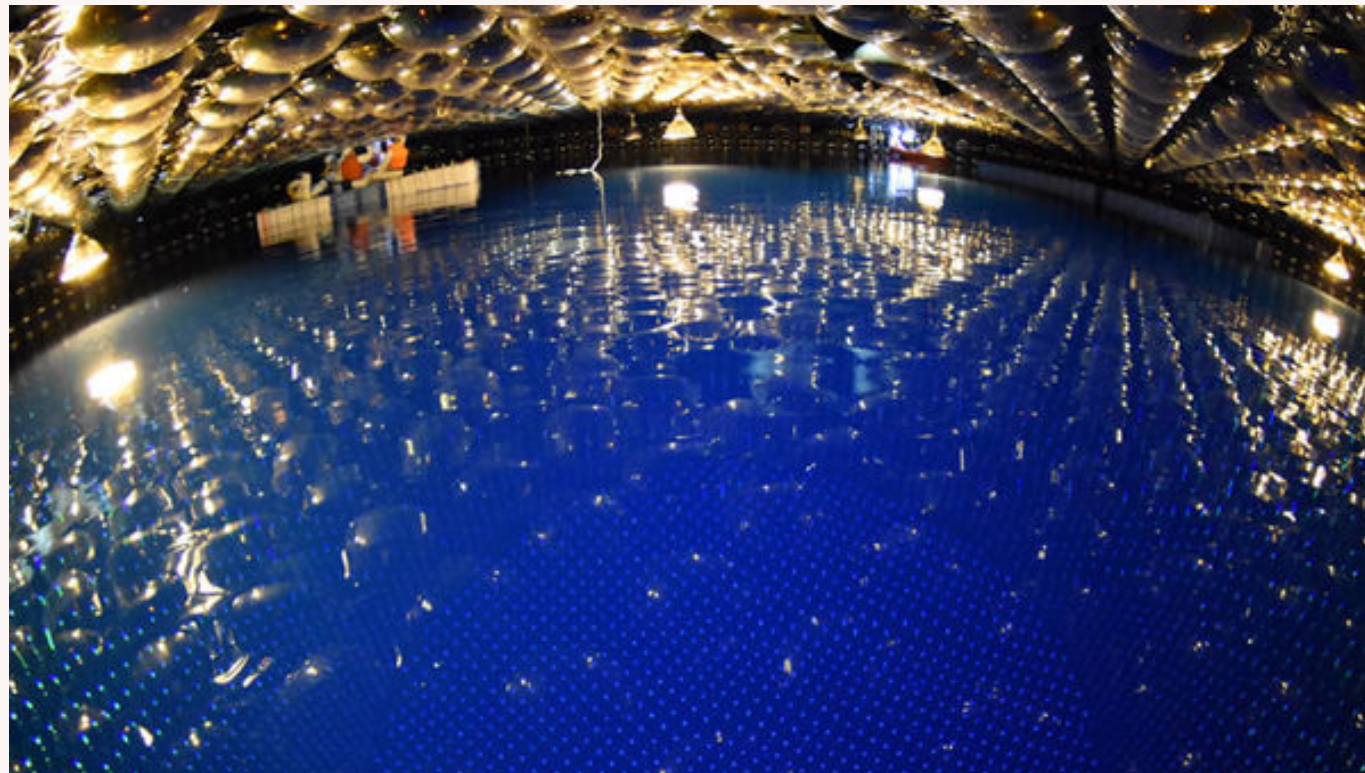
Observatórios para Astrofísica

- Observatório Pierre Auger (Malargüe, Argentina)
- Observatório do Telescópio Array (Millard County, Utah (EUA))
- Observatório de Neutrinos IceCube (Polo Sul geográfico)
- Tunka EAS Cherenkov Light Array (Vale de Tunka, perto do Lago Baikal, fronteira da Mongólia)
- Kaskade-Grande (Instituto de Tecnologia de Karlsruhe (KIT), Alemanha)
- Telescópios de imagem Cherenkov para astrofísica gama de TeV: H.E.S.S. (Namíbia), MAGIC em La Palma (Espanha), VERITAS (Arizona, EUA).
- Observatório de Raios Gama de Cherenkov (Vulcão Sierra Negra, perto de Puebla, México)
- Observatório Internacional de Raios Cósmicos YBJ (Vale de Yangbajing (YBJ), Tibete)



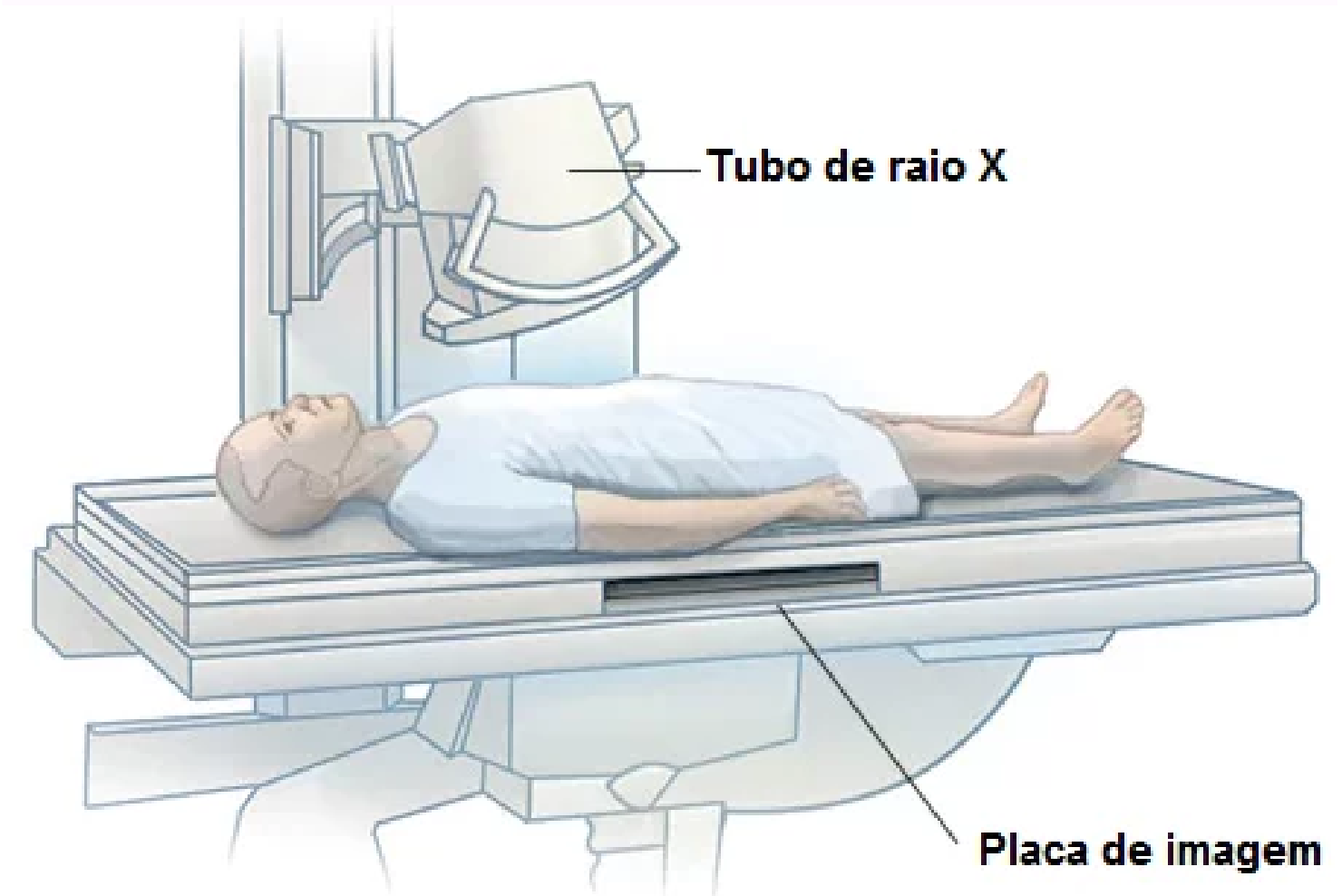
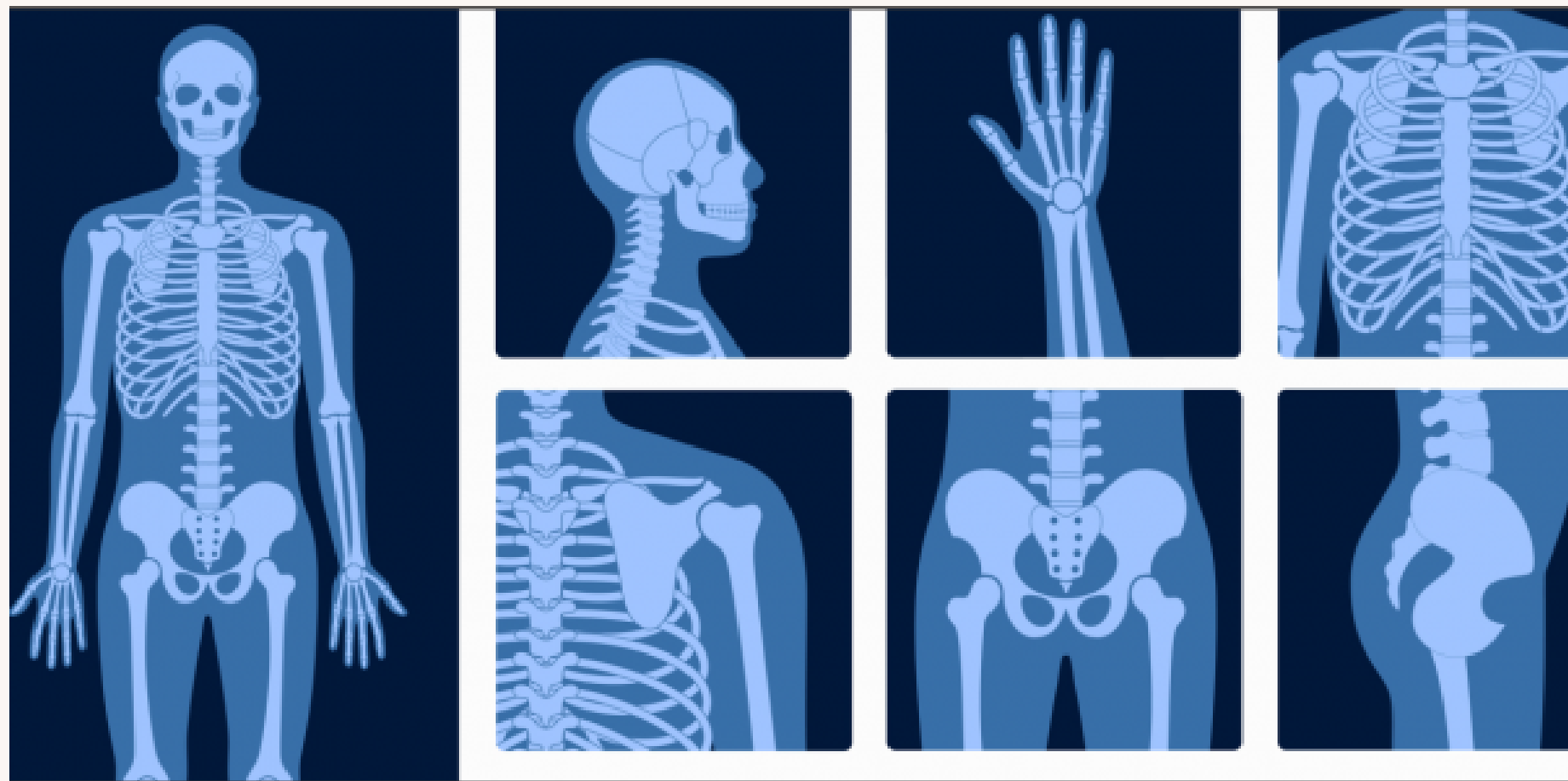
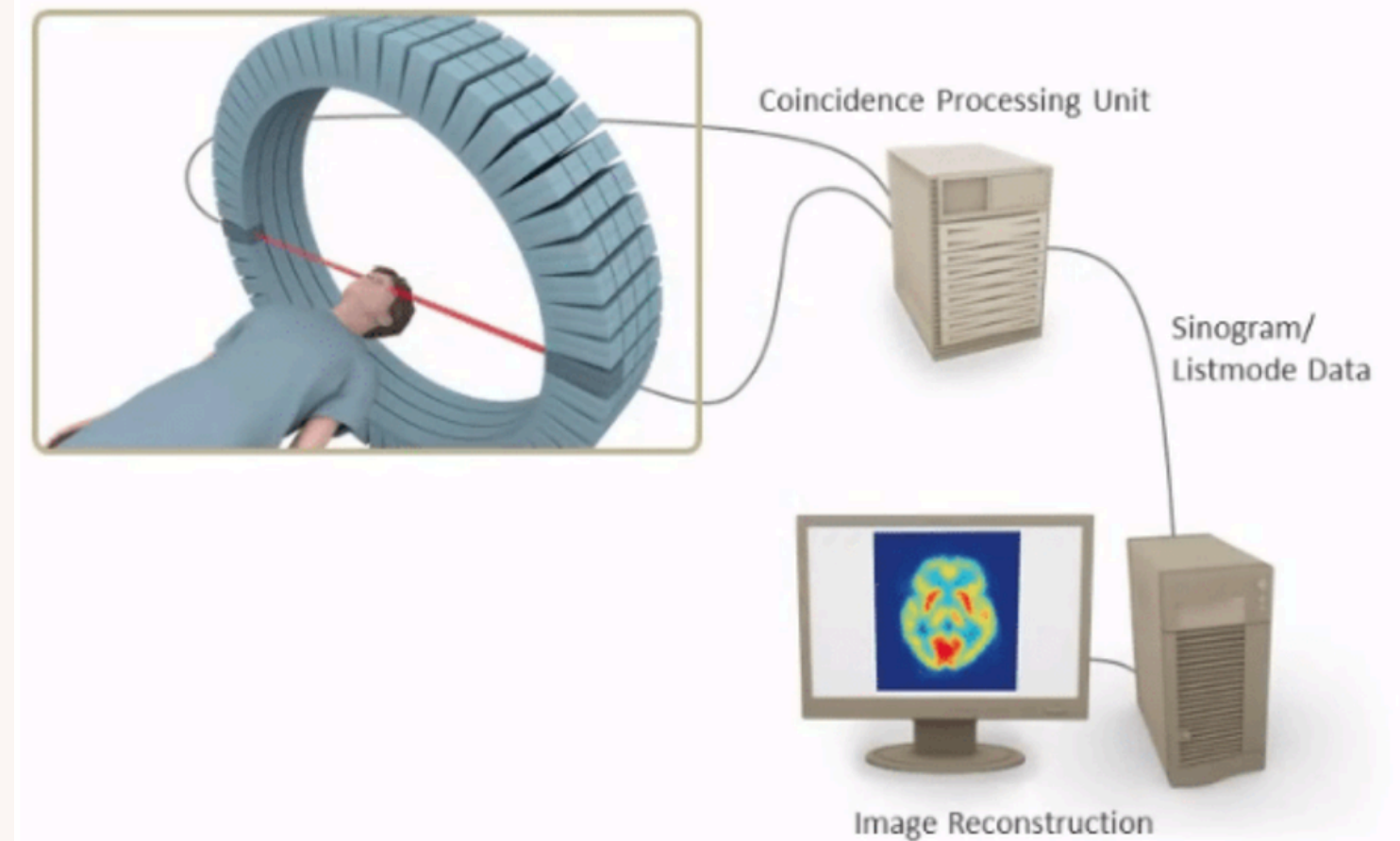
Laboratórios Subterrâneos

- Observatório de Neutrinos Baksan (BNO)
- Laboratório Subterrâneo China Jinping (CJPL)
- Observatório Kamioka, Japão
- Laboratori Nazionali del Gran Sasso (LNGS), Itália
- Laboratoire Souterrain de Modane (LSM), França
- Sanford Underground Research Facility (SURF), Mina Homestake, EUA
- Laboratório Subterrâneo de Soudan
- SNOLAB na Mina Creighton da Vale Inco em Sudbury, Ontário, Canadá



Outras Aplicações

- Dosimetria
- Tomografia, radioetiquetagem
- Método de traçadores e datação radiométrica
- Raios-X e radiação de sincrotron
- Diagnóstico com nêutrons



Unidades e Padrões das propriedades dos materiais

- h e c são adimensionais e $h=c=1$ (Unidades naturais)
- SI ((SI = *Système International d'Unités*, known in English as the International System of Units)
- Relações que são uteis para conversões:

$$\hbar c = 197.3 \text{ MeV fm} \approx 200 \text{ MeV fm}, \quad (\hbar c)^2 = 0.3894 \text{ GeV}^2 \text{ mb} \approx 0.4 \text{ GeV}^2 \text{ mb}$$

- Relação relativística:
(E dado em GeV, p em GeV/ c e m em GeV/ c^2)

$$E = \sqrt{p^2 + m^2}$$

- Particle Data Group geralmente se refere a duas condições padrão: STP (0 °C, 100 kPa) e NTP (20 °C, 1 atm)

Cinética das Partículas

- Cinemática principalmente avaliada usando fórmulas relativísticas
- Variáveis de Lorentz γ , β : (E, m, p em unidades naturais)

$$\gamma = \frac{E}{m} = \frac{1}{\sqrt{1-\beta^2}}, \quad \beta = \frac{p}{E} = \frac{v}{c}.$$

- Energia cinética:

Com $\gamma \rightarrow 1$ sendo o limite não-relativístico

$$T = E - m \rightarrow \frac{p^2}{2m} \quad \text{for } \gamma \rightarrow 1,$$

- Maioria dos detectores de uso geral, a energia, o momento e o ângulo das partículas, às vezes também a massa, podem ser determinados
- Momentos p_L e P_T (longitudinal e trasnversal)

- Ângulos polares e azimutais θ , φ
- Colisores cilíndricos $\rightarrow \theta$, φ em coord. cilíndricas
- Temos a "rapidez":

$$y = \frac{1}{2} \ln \left(\frac{E + p_L}{E - p_L} \right) = \text{arctanh} \left(\frac{p_L}{E} \right)$$

- Para altas energias, com $E \approx p$ e $\cos\theta = p_L/p$:

$$y \rightarrow -\ln \left(\tan \frac{\theta}{2} \right) =: \eta.$$

