

Observações em altas energias

Nesta seção vamos mostrar como o comprimento de onda ou a energia do fóton a ser detectado influi nas técnicas de observação. Utilizaremos para isso as técnicas de coleta e detecção da radiação de altas energias, como raios X e gama, pois eles estabelecem um contraponto claro com relação às observações no óptico e no infra-vermelho, sobre as quais vimos nos concentrando.

Podemos dividir esse domínio espectral em regiões como raios gama, raios X duros e raios X moles, conforme o esquema abaixo, o qual foi tirado do livro *Observational Astrophysics*, de R. Smith.

As	γ -rays:	$\lambda < 0.002 \text{ nm}$ $E > 0.5 \text{ MeV},$
	hard X-rays:	$0.002 \text{ nm} < \lambda < 1 \text{ nm}$ $0.5 \text{ MeV} > E > 1 \text{ keV},$
	soft X-rays:	$1 \text{ nm} < \lambda < 10 \text{ nm}$ $1 \text{ keV} > E.$

técnicas variam de um região para outra. O fato que, exceto pelos raios X mais moles (ou seja, de menor energia), um CCD comumente usado em Astronomia óptica não consegue detectar esses fótons, pois eles o atravessam, assim como o fazem os raios cósmicos. E um empecilho para esses raios X moles é que os eletrodos dos pixels de um CCD comum são opacos a eles. O problema inclusive se agrava para a radiação ultra-violeta (UV). Então CCDs comuns podem ser usados para o UV somente se forem iluminados por trás, de forma a que os eletrodos não funcionem como um anteparo entre a luz e o substrato semi-condutor. No caso de raios X bem moles, eles poderão ser detectados se os CCDs tiverem eletrodos finos e um substrato mais espesso do que o habitual.

Mas há outros tipos de detector para raios X e raios gama. O mais famoso é o detector Geiger.

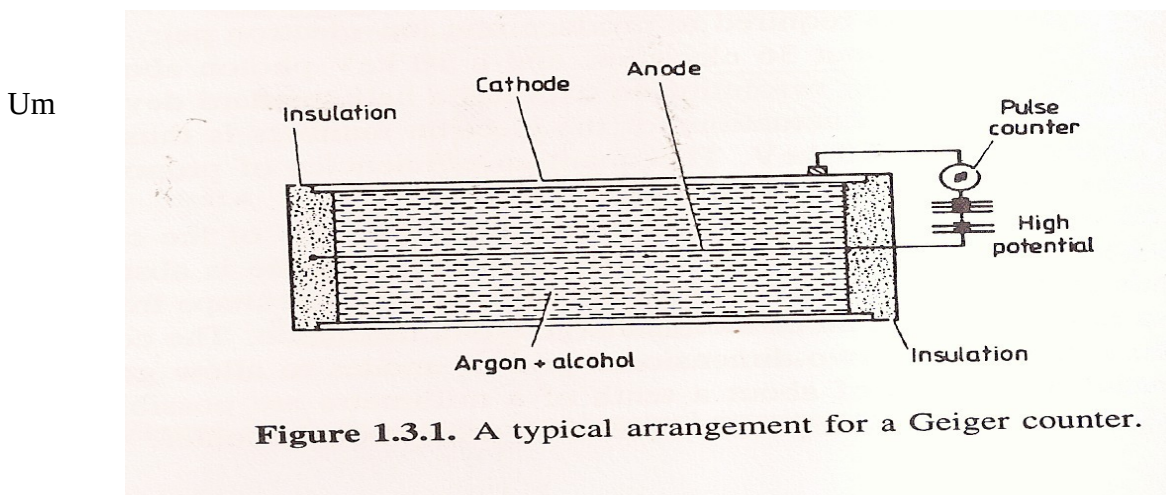
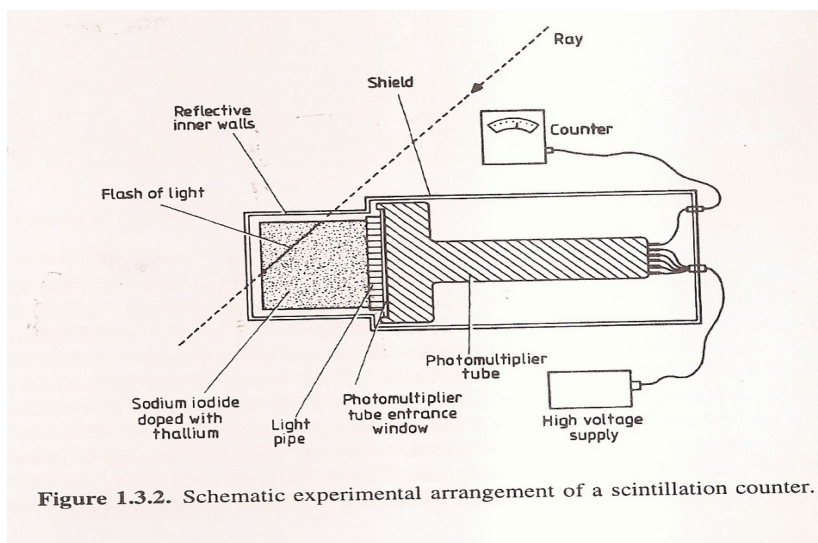


diagrama do contador Geiger é mostrado na figura acima, a qual foi tirada do livro *Astrophysical Techniques*, de C. Kitchin. O Geiger é um recipiente contendo gás, em geral uma mistura com

elementos nobres, submetido a uma alta diferença de potencial. A figura acima mostra a situação, em que as paredes do recipiente são revestidas por um catodo, enquanto que o anodo é um fio central passando pelo meio do gás. A ddp entre ambos é tal que uma descarga elétrica pela ionização dos átomos precisa apenas de uma pequena quantidade de energia. Essa energia é proporcionada pelo fóton em raio X. Ao atravessar o gás, ele ioniza um mais átomos, os quais são rapidamente acelerados em direção ao par catodo/anodo. No caminho eles ionizam outros átomos, causando um efeito cascata.

O contador proporcional é uma evolução do Geiger. Nele a voltagem não é tão alta, permitindo que as partículas fotoionizadas (elétrons e íons) sejam aceleradas de forma mais suave, sem causar uma descarga completa do material no recipiente. O pulso elétrico registrado na saída do anodo é aproximadamente proporcional à energia do fóton, daí o nome. Contrariamente ao contadores, Geiger, os contadores proporcionais, portanto, são capazes de discriminar fótons de diferentes energias. Outra vantagem do proporcional é que ele não sofre do tempo morto do contador Geiger, que é o intervalo de tempo para recuperar a alta voltagem do recipiente após uma descarga, antes de se poder detectar a incidência de outro fóton. Além disso, como as descargas são altas, o gás do recipiente Geiger tem que ser renovado com mais frequência.

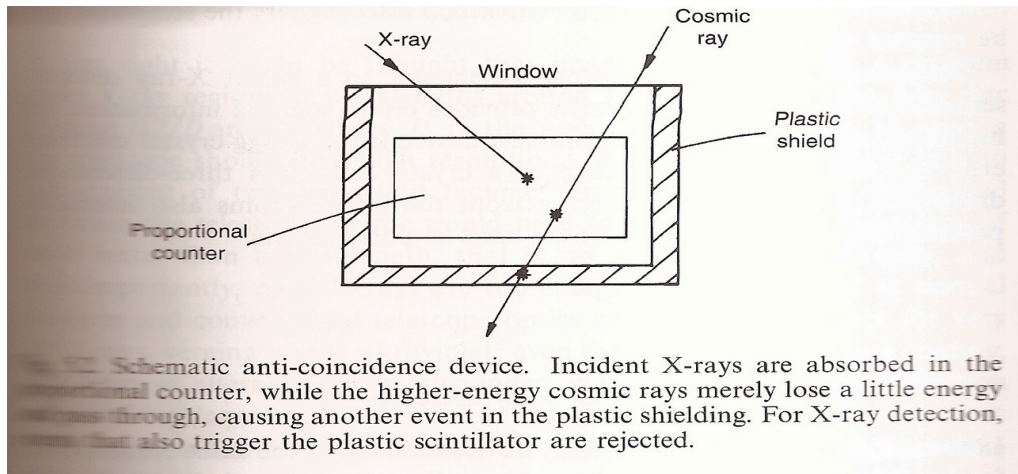
Contadores proporcionais são úteis para raios X com $E \leq 20\text{keV}$ aproximadamente. Partículas com mais energia atravessam o recipiente sem ser absorvidas, doando apenas parte de sua energia ao detector. Neste caso, detectores de estado sólido são necessários. Um exemplo de tal detector são as câmaras de cintilação. Abaixo mostramos um esquema de uma câmara de cintilação (figura tirada do livro *Astrophysical Techniques*, de C. Kitchin).



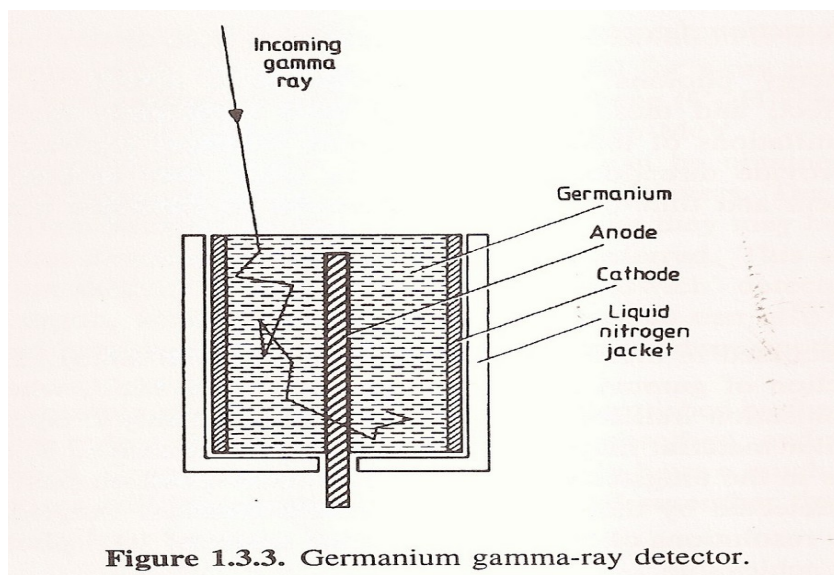
O detector do raio X é um sólido à base de iodeto de sódio com impurezas de Talio. A radiação incidente ioniza um ou mais átomos do composto. Os elétrons se recombinam com os átomos, inclusive com os das impurezas, emitindo luz visível ou UV. Essa radiação é então detectada por uma fotocontadora (mostrada à direita da figura). Esse tipo de detector é útil para fótons com E até algumas centenas de keV no caso do iodeto de sódio ou de céσιο. Outros compostos podem registrar fótons mais energéticos, com alguns MeV de energia.

A combinação de um contador proporcional e uma câmara de centelha permite criar esquemas que isolem apenas eventos de incidência de fótons com dado domínio de E . Na figura abaixo, tirada do livro *Observational Astrophysics*, de R. Smith, mostramos um diagrama que tenta exemplificar o sistema de anti-coincidência, aplicado a um contador proporcional envolto por um anteparo

plástico. Esse sistema é usado para distinguir os raios X, que são totalmente absorvidos, de partículas mais energéticas, como os raios cósmicos, por exemplo. Estes últimos, além de deixar um sinal no contador proporcional, também irão produzir centelhas no envoltório, as quais podem ser detectadas com uma fotocontadora. Esses eventos mais energéticos no contador podem então ser facilmente descartados.

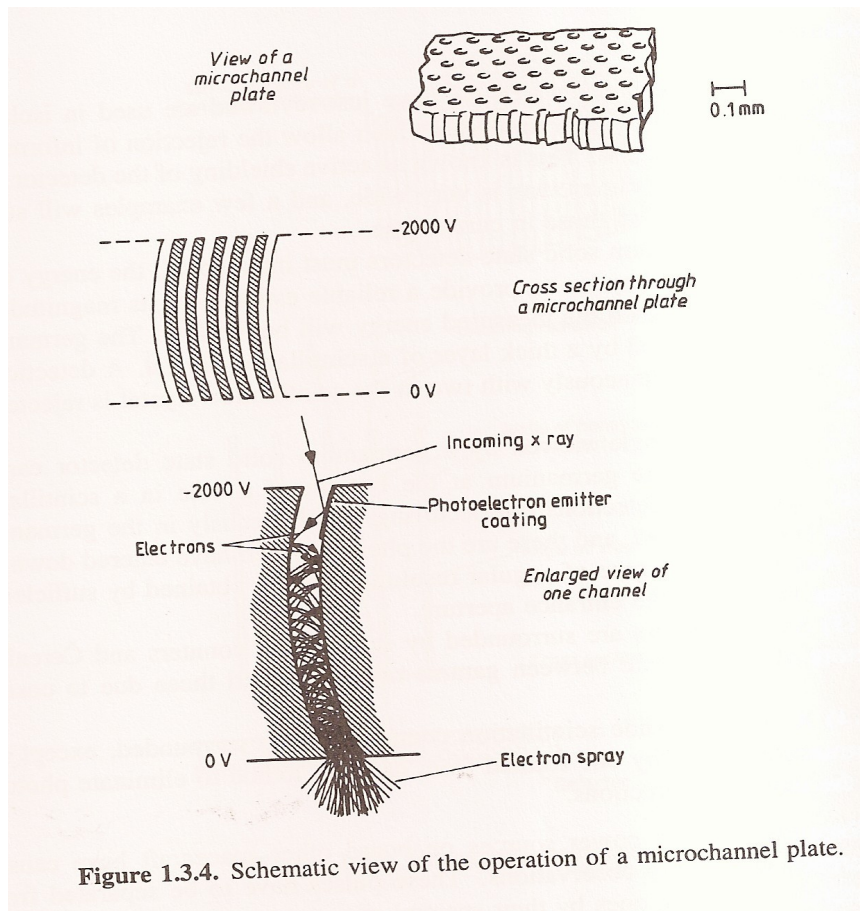


Já a próxima figura mostra outro exemplo de detector de estado sólido, dessa vez à base de Germânio. Neste caso, os elétrons ionizados pela radiação incidente são atraídos pelo anodo central do detector, semelhante ao que ocorre no contador proporcional. Este detector é útil para raios gama.



Um outro tipo de detector, que se assemelha a uma fotocontadora, é a placa de microcanais. Ela se constitui, como o nome sugere, de uma superfície perfurada por pequenos orifícios de entrada de tubos, conforme mostrado na figura abaixo (tirada de *Astrophysical Techniques*, de C. Kitchin). A radiação incidente é absorvida na parte superior da placa, onde os tubos têm um eletrodo, o qual irá produzir um ou mais fotoelétrons. Os elétrons são então acelerados por uma ddp ao longo do tubo, colidindo com suas paredes e produzindo mais elétrons. A cascata de elétrons resultante na saída

inferior do tubo pode então ser usada num tubo de imagem. Notem que a placa de microcanal é então não apenas um detector, mas também um imageador.



Formação de imagens

Até o momento, discutimos técnicas de detecção de fótons de alta energia, ou seja, formas de produzir um sinal que registre a incidência dessas partículas. Nos voltamos agora para o imageamento. Certamente, a radiação de alta energia tem poder penetrante suficiente para não ser refletida pelos espelhos de um telescópio tradicional. Formar uma superfície focal para essa radiação exige então desenhos alternativos. O mais tradicional deles é mostrado abaixo (tirada de *Observational Astrophysics*, de R. Smith) e usa o fato de que os raios X podem ser refletido por uma superfície metálica polida se o ângulo de incidência for rasante.

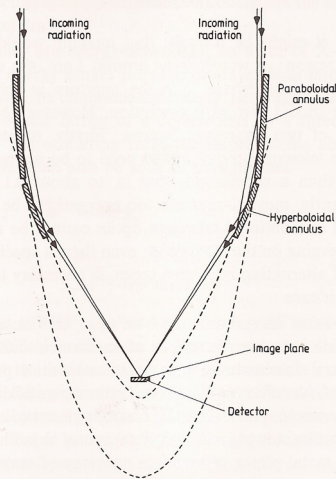


Fig. 5.3. Principles of the Wolter-type grazing-incidence X-ray telescope. X-rays from the axis are brought to a focus after successive grazing-incidence reflection from cylindrical sections of a paraboloid and a hyperboloid. The reflected angles are greatly exaggerated for clarity of drawing. A central baffle cuts out unfocused on-axis rays. (Diagram by C.R. Kitchin.)

Uma sucessão de espelhos parabólicos pode concentrar a radiação incidente numa superfície focal. Mas a introdução de um espelho hiperbólico no final reduz a aberração do coma, permitindo imageamento de qualidade razoável em campos maiores. Já na figura abaixo, tirada de *Astrophysical Techniques*, de C. Kitchin, o mesmo esquema é usado de forma sucessiva ou em camada, aumentando o campo de coleta.

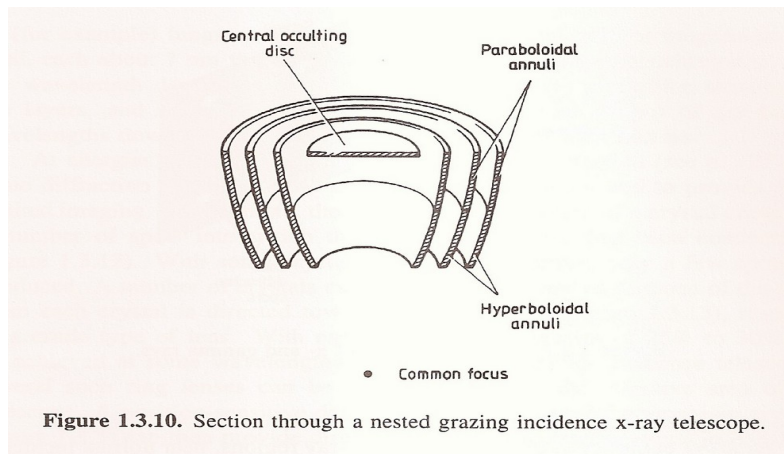
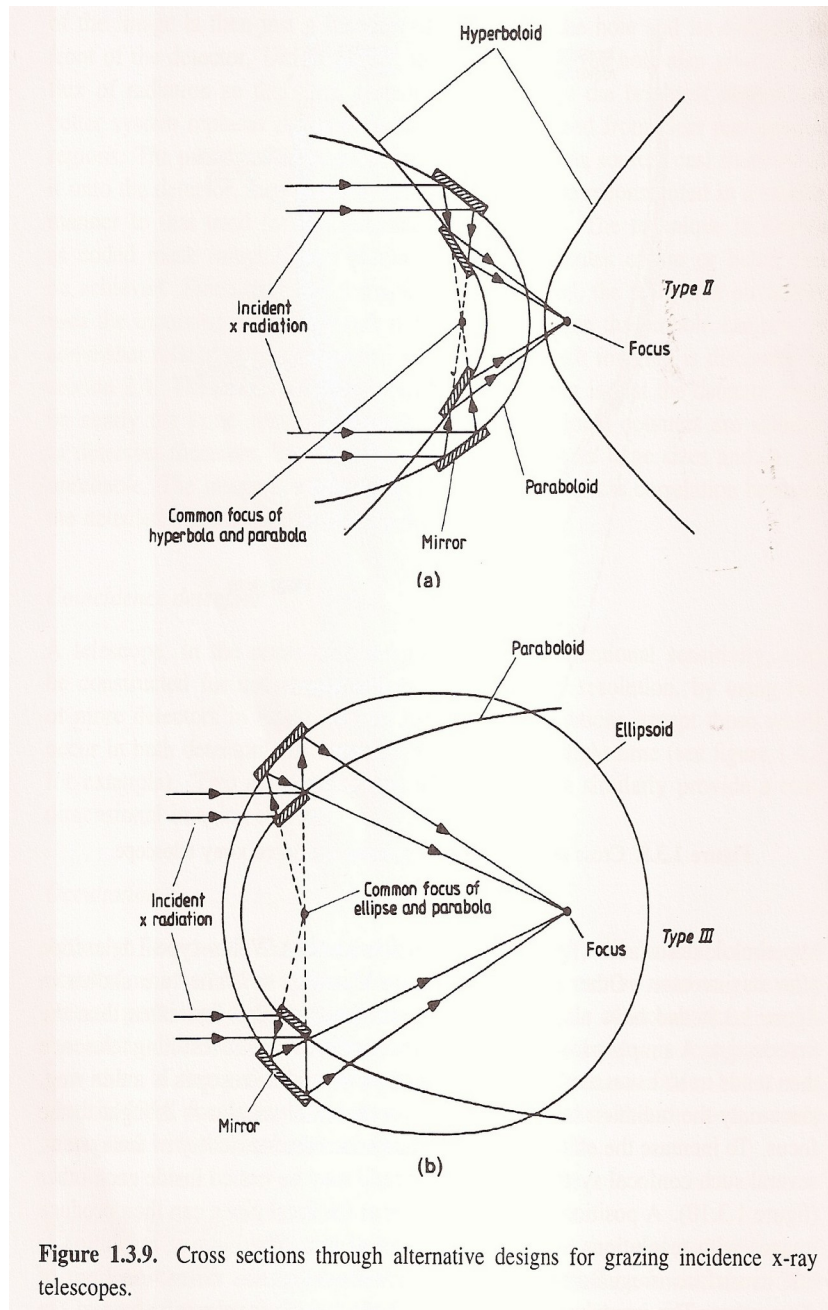


Figure 1.3.10. Section through a nested grazing incidence x-ray telescope.

Na figura abaixo mostramos alguns desenhos alternativos de telescópios com incidência razante para altas energias. Figura novamente tirada de *Astrophysical Techniques*, de C. Kitchin.



Abaixo um diagrama de um outro sistema de coleta da radiação, que funciona como um colimador. Ele não produz um foco exato, as ainda assim permite obter informação sobre a direção de onde a radiação emana (tirado de *Astrophysical Techniques*, de C. Kitchin).

