

Aceptancia de un Hodoscopio para detección de muones

D. Sierra-Porta

28 de marzo de 2021

1. Planteamiento del problema

En un reciente artículo¹ demostramos que es posible diseñar, construir y poner en funcionamiento un hodoscopio que puede ser usado para la detección de muones atmosféricos. Un hodoscopio es un instrumento que usa una técnica de detección con la ayuda de centelladores. Cuando un muón atraviesa el material centellador, este ioniza el material centellador y emite fotones que viajan a través de su estructura. Si colocamos una fibra óptica en el medio del material centellador, entonces los fotones pueden ser capturados por la fibra y enviar una señal a un dispositivo de detección de fotones para determinar si algún muón ha atravesado. Cuando se reciben fotones en la electrónica dedicada para esta función es una evidencia indirecta de que un muon ha llegado, de lo contrario no habrá fotones detectados.

El hodoscopio reconstruye la dirección de llegada de los muones teniendo en cuenta el par de píxeles activados en cada panel. El ángulo de apertura total y la resolución angular del telescopio varían al cambiar la distancia entre los paneles de centelleo.

La aceptación del instrumento afecta el flujo de partículas medido dependiendo de los parámetros geométricos del telescopio: número de píxeles en el panel ($N_x \times N_y$), tamaño de píxel (d) y distancia entre paneles (D). El número de muones detectados N , se puede definir como

$$N(\rho) = \Delta T \times \mathcal{T} \times \mathcal{I}(\rho) \quad (1)$$

donde $\mathcal{I}(\rho)$ es el flujo integrado (medido en $\text{cm}^{-2}\text{sr}^{-1}\text{s}^{-1}$), \mathcal{T} la función de aceptación (medido en cm^2sr) y ΔT el tiempo de registro. El flujo integrado depende de la opacidad (ρ) la cantidad de materia atravesada por los muones.

2. Por hacer

El objetivo acá es reconstruir la función aceptación para un hodoscopio tipo.

1. Para ello, primero demuestre y luego use los resultados de los artículos de Gossman y otros² y Van Oosterom y otro³ para calcular y luego graficar la aceptación para un hodoscopio que tenga 30×30 píxeles y una separación de placas de 120 cm. Debe escribir un programa computacional que haga este cálculo. Puede tener una sugerencia de como proceder en <https://github.com/sierraporta/Acceptance-for-muon-telescope>.
2. Escriba una rutina completa para el cálculo anterior y grafique. Repita este procedimiento para varias opciones de elección de parámetros del hodoscopio (número de píxeles, tamaño de los píxeles, separación entre placas).
3. Haga una gráfica de aceptación versus distancia de separación de placas (con las demás variables fijas), otra gráfica de aceptación versus número de píxeles o dimensiones de las placas (a una separación fija) y por último una gráfica 3D con la unión de las anteriores. Saque conclusiones y diga lo que observa.
4. El paso anterior toma en cuenta este cálculo a partir de argumentos teóricos geométricos solamente. Ahora hagamos esto experimentalmente. Para ello, genere una cantidad de partículas (empezando quizás en 10^6) y hágalas atravesar el hodoscopio. La dirección puede determinarse usando coordenadas esféricas. Genere estas partículas (muones) que por ejemplo sigan una distribución Poisson para el ángulo θ de incidencia en el plano de las placas del hodoscopio. Luego, de todas las partículas que generó, filtre aquellas que impactaron las dos placas a la vez en todos los píxeles. Con estas partículas filtradas ahora haga un histograma 2d del número de partículas en los píxeles y esto debería coincidir muy cercanamente a lo que encontró anteriormente cuando lo hizo de manera analítica.
5. Repita el procedimiento para un número mayor de partículas ($> 10^6$) y establezca un número aceptable para que la comparación de los resultados resulte en un bajo error.

1. <https://arxiv.org/pdf/2004.09364.pdf>, pero también vea: <https://academic.oup.com/gji/article/183/3/1348/638804?login=true>

2. <https://github.com/sierraporta/Curso-Astroparticulas/blob/main/Asignaciones/gossman2010.pdf>

3. <https://github.com/sierraporta/Curso-Astroparticulas/blob/main/Asignaciones/vanoosterom1983.pdf>

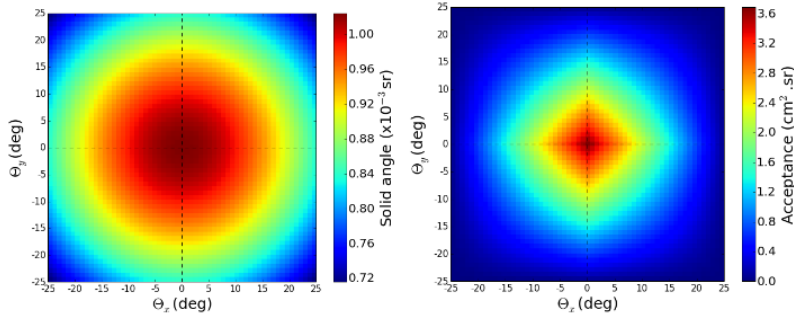


Figure 2. Angular resolution (left), and acceptance function (right) for the MuTe hodoscope with $N_x = N_y = 30$, $d = 4$ cm and $D = 250$ cm versus incoming direction. The maximum solid angle is 1.024×10^{-3} sr for perpendicular trajectories where the acceptance rises up to $3.69 \text{ cm}^2 \text{ sr}$.

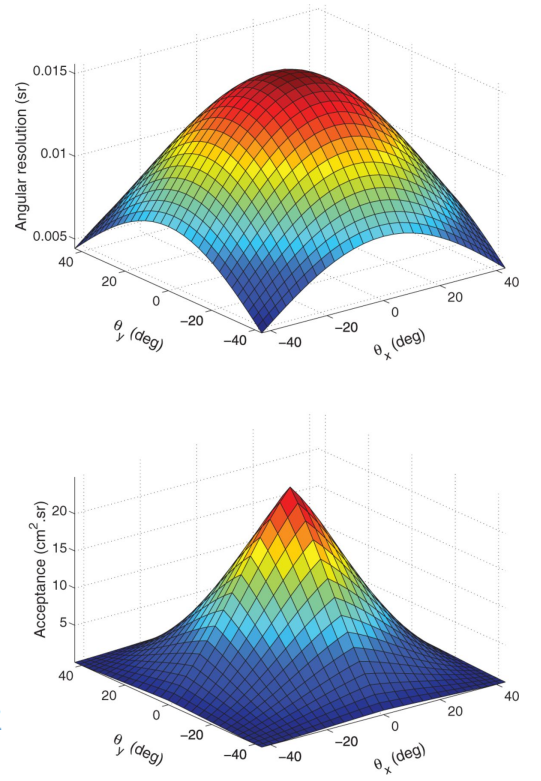


Figura 1: Izquierda: tomada de <https://arxiv.org/pdf/2004.09364.pdf> y Derecha: tomada de <https://academic.oup.com/gji/article/183/3/1348/638804?login=true>

6. Optimice su código para que pueda correr para muchas partículas. Saque conclusiones y ordene sus resultados en tablas de comparación.