

میدان تابش

1- مقدمه :

کمیت‌های مورد استفاده برای اندازه گیری تابش‌های یونیزان اغلب بر مبنای آثار بیولوژیکی ، فیزیکی و یا شیمیایی پرتو قرار دارند . این آثار تنها در اثر انتقال انرژی از پرتو به محیط تحت تابش و چگونگی توزیع آن در ماده بستگی دارد . به عبارت دیگر آثار حاصل از انتقال مقدار معینی انرژی در یک جرم کوچک و یا توزیع همگن آن در یک جرم بزرگ ، یکسان نمی باشد . بنابراین یک کمیت دوزیمتری برای کاربردهای مختلف می بایستی به صورت انرژی منتقل شده در واحد جرم ، از ماده تعریف شود . البته چنین کمیتی به صورت دقیقتر و با نام « دوز جذب » معرفی می شود .

کمیت های دوزیمتری از تاثیر برخی ویژگیهای میدان تابش بر محیط مادی به دست می آیند ، بنابراین قبل از مطالعه این کمیت ها می بایستی ویژگی های میدان تابش و ضرائب برخورد آنها با محیطهای مادی بررسی گردد .

2- کمیت‌های میدان تابش

هر منبع پرتو یونیزان مانند لامپ پرتو x ، شتاب دهنده الکترون و یا مواد پرتوزا در اطراف خود یک میدان تابش ایجاد می نمایند . اطلاع بیشتر از چگونگی توزیع ذرات یونیزان از نظر انرژی ، امتداد و نیز تغییرات آن نسبت به زمان ، تعریف دقیقتری از این میدان تابش را در اختیار می گذارد .

کمیت بین المللی واحدهای پرتو و اندازه گیری International Commission on Radiological Units and measurements (ICRU 1980) در داخل میدان تابش ، کمیت شار ذرات را با رابطه زیر تعریف نموده است :

dN تعداد ذرات تابشی برروی کره ای با سطح مقطع dA می باشد. با استفاده از کره ای با سطح مقطع dA به جای سطح مقطع به تنهایی ، نیازی به تعیین جهت برای سطح مقطع نبوده و این تعریف شار می تواند برای ذرات تابشی در یک و یا چند امتداد به کار رود . باید دقت شود که تعریف شار بر حسب جزء کره به صورت فوق ، با مقادیر نظیری که بر حسب جزء سطح با جهت مشخصی تعریف شده و شار صفحه ای (Planar fluence) نامیده می شود ، اشتباه نشود . در تعریف اخیر ذرات تابشی به یک صفحه مثبت و برای طرف دیگر آن منفی خواهد بود . به عبارت دیگر شار صفحه ای برای تابشهای ازهمه سو یکسان (isotropic) (صفر است) Carlsson 1979 .)

واحد SI برای شار ذرات-2 m می باشد . آهنگ شار ϕ کمیت دیگری است که با رابطه زیر تعریف می شود :

Φd تغییرات شار در فاصله زمانی dt است . واحد SI برای آهنگ شار-2 m -1 s می باشد . معمولاً از علامت یک کمیت برای نشان دادن آهنگ تغییرات آن استفاده نمی شود ، ولی اغلب ، آهنگ شار را ویژگی اصلی تر میدان تابش نسبت به شار ذرات می دانند . این موضوع برای آهنگ شار انرژی نیز صدق می کند .

چنانچه انرژی حمل شده توسط ذرات ، به جای خود آنها مورد توجه قرار گیرد ، در این صورت شار انرژی با رابطه زیر تعریف میشود :

dE انرژی تابشی برروی کره ای با سطح مقطع dA بوده و برای یک تابش تک انرژی برابر با حاصلضرب تعداد ذرات تابشی dN ، در انرژی حمل شده توسط هر یک می باشد . واحد ، SI برای شار انرژی Jm⁻² است . در واقع انرژی تابشی E، انرژی ذرات بودن در نظر گرفتن انرژی

در حال سکون آنهاست . آهنگ شار انرژی نیز با رابطه زیر تعریف می شود :

ψ تغییرات شار انرژی در فاصله زمانی dt است . واحد SI برای آهنگ شار انرژی Wm^{-2} است . در ICRU 1980 چندین کمیت دیگر میدان تابش تعریف شده است ، ولی با استفاده از کمیت های فوق الذکر می توان کمیت های دوزیمتری را به دست آورد .

توزیع کمیت های میدان

ویژگی های یک میدان تابش با مشخص شدن توزیع شار ، یا شار انرژی ، بر حسب امتداد و انرژی کاملاً بیان می شود . با معلوم بودن موقعیت منبع اولیه تابش و مشخص نمودن امتداد تابش های ثانویه ناشی از برخورد پرتو اولیه با ماده که با توجه به جزئیات نظری فرآیند برخورد به دست می آید ، می توان اطلاعات کافی از توزیع این کمیت ها در امتداد های مختلف را به دست آورد .

با استفاده از یک آشکار ساز موازی شده (collimated detector) که قادر است صرفاً پرتو را از زاویه فضایی محدودی دریافت کند ، می توان چگونگی توزیع پرتو در فضا (توزیع ذرات در امتداد های مختلف) را نیز اندازه گیری نمود. برای نشان دادن توزیع این کمیت ها در امتداد های مختلف اغلب از سیستم مختصات کروی استفاده می شود .

توزیع شار یا شار انرژی بر حسب انرژی بسیار با اهمیت تر است . پاسخ آشکار ساز به شار ذرات معین ، اغلب تابعی از توزیع انرژی آنها می باشد . بنابراین برای تعیین توزیع شار بر حسب انرژی می بایستی تلاش زیادی از طریق اندازه گیری و یا محاسبه انجام گیرد . معمولاً از توزیع دیفرانسیلی شار بر حسب انرژی به نام $E\Phi$ ، به طوری که $E dE\Phi$ شار ذرات با انرژی های بین E و $E+dE$ است ، استفاده می شود . در این صورت شار کل از رابطه زیر به دست می آید :

این مقدار به سطح زیر منحنی مربوط می شود .

انرژی متوسط یا موثر

انرژی متوسط E ذرات می تواند با استفاده از توزیع دیفرانسیلی شار ذرات توسط رابطه زیر محاسبه شود :

اگر هر ذره مشارکت کننده در شار کل ، در انرژی خود ضرب شود ، توزیع دیفرانسیلی شار انرژی بر حسب انرژی $E\psi$ به دست می آید . همچنین انرژی متوسط ذرات با استفاده از توزیع دیفرانسیلی شار انرژی می تواند از رابطه زیر به دست می آید :

از آنجا که معمولاً روابط فوق منجر به مقادیر متفاوتی برای E می شوند . به هنگام اظهار نظر درباره انرژی متوسط هر تابشی باید تصریح شود که از توزیع دیفرانسیلی کدام کمیت برای محاسبه آن استفاده شده است .

موضوع می تواند از این هم مشکل تر باشد . مثلاً برای فوتونها کمیت های دیگری مانند دوز جذب در مواد مختلف ، یا اکسپوزر معرفی می شود که می تواند اندازه گیری شود . این کمیت ها از حاصل ضرب شار انرژی در برخی ضرایب برخورد ، که خود تابع انرژی می باشند به دست می آید . با استفاده از این کمیت ها در صورت به کارگیری معادلات فوق برای انرژی متوسط مقادیر متفاوتی به دست می آید . بنابراین هنگام اطلاق انرژی متوسط و یا موثر به یک پرتو می بایستی دقت نمود و منشأ مقدار متوسط و یا دلایلی که سبب موثر بودن می گردد ، بیان می شود.

در شکل 1-2 توزیع دیفرانسیلی شار ، شار انرژی و اکسپوزر بر حسب انرژی را برای یک باریکه فوتونی معینی نظیر باریکه معمول پرتو تشخیصی که در KV70 با mm2 صافی آلومینیوم تولید شده ، نشان داده شده است . ملاحظه می شود که توزیعهای بیناب گونه این سه کمیت تفاوت قابل توجهی دارند و منجر به مقادیر متوسط متفاوتی برای انرژی فوتونها می شود . به علاوه ضخامت یک جاذب که باریکه فوتون را به نصف مقدار اولیه کاهش دهد ، ضخامت نیمه جذب (HVT) یا لایه نیمه جذب (HVL) ، نیز به کمیتی بستگی دارد که آشکارساز اندازه گیری می نماید .

شکل 3-6 مثال دیگری است که در آن تفاوت قابل توجهی در توزیع دیفرانسیلی شار و شار انرژی ذرات نوترون Cf 252 را بر حسب انرژی نشان می دهد .

اگر پاسخ آشکارساز در بازه انرژی های مورد اندازه گیری برای کمیت خاصی تغییر نکرده و یا تغییرات ناچیزی داشته باشد ، مشکلات اندازه گیری پرتو به صورت قابل توجهی ساده می شود و اطلاع از جزئیات مربوط به توزیع طیف پرتو ضروری نمی باشد . از آنجا که در بحث دوزیمتری اصولاً موضوع اندازه گیری مقدار انرژی منتقل شده از پرتو به محیط بررسی می گردد ، آشنایی کامل با آثار متقابل پرتو با ماده ، ضروری است .