

ارزیابی مونت کارلویی تاثیر ماده آند و فیلتر بر طیف تیوب اشعه ایکس ۱۸۰ kVp

سارا شوریان ، حمید جعفری ، سید امیرحسین فقهی

دانشگاه شهید بهشتی – گروه کاربرد پرتوها

بیست و نهمین کنفرانس بهاره فیزیک

29th IPM Physics Spring Conference

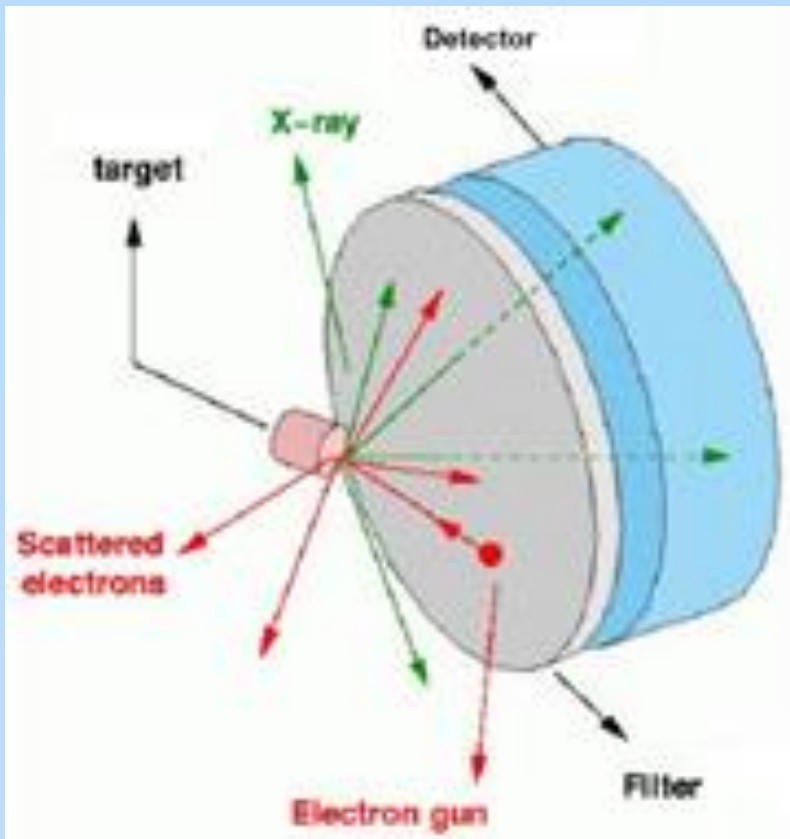
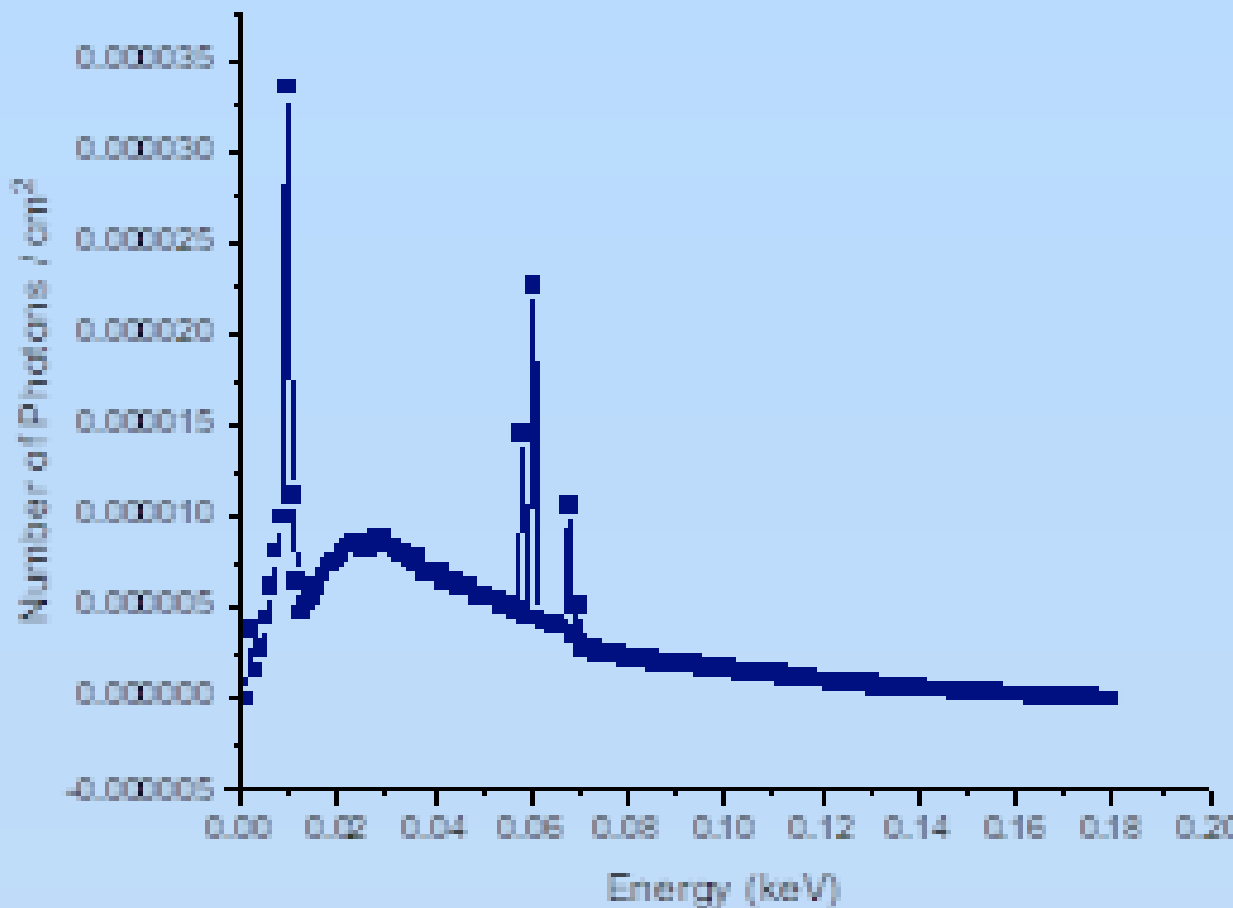
پژوهشگاه دانشهای بنیادی IPM – بیست و یکم و بیست و دوم اردیبهشت ماه ۱۴۰۱

چکیده:

اشعه ایکس کاربردهای فراوانی در صنعت، پزشکی و ... دارد. یکی از منابع تولید اشعه ایکس، تیوب‌های اشعه ایکس می‌باشند که با تاباندن الکترون‌های شتاب‌یافته به سطح آند، باعث تولید اشعه ایکس مشخصه می‌شوند. لازم است که انتخاب ماده آند و فیلتر تیوب با توجه به کاربرد خاص اشعه ایکس، صورت پذیرد. در این کار، طیف اشعه ایکس مشخصه آندهای متداول بدون وجود فیلتر و با وجود فیلترهای مختلف بررسی شده است.

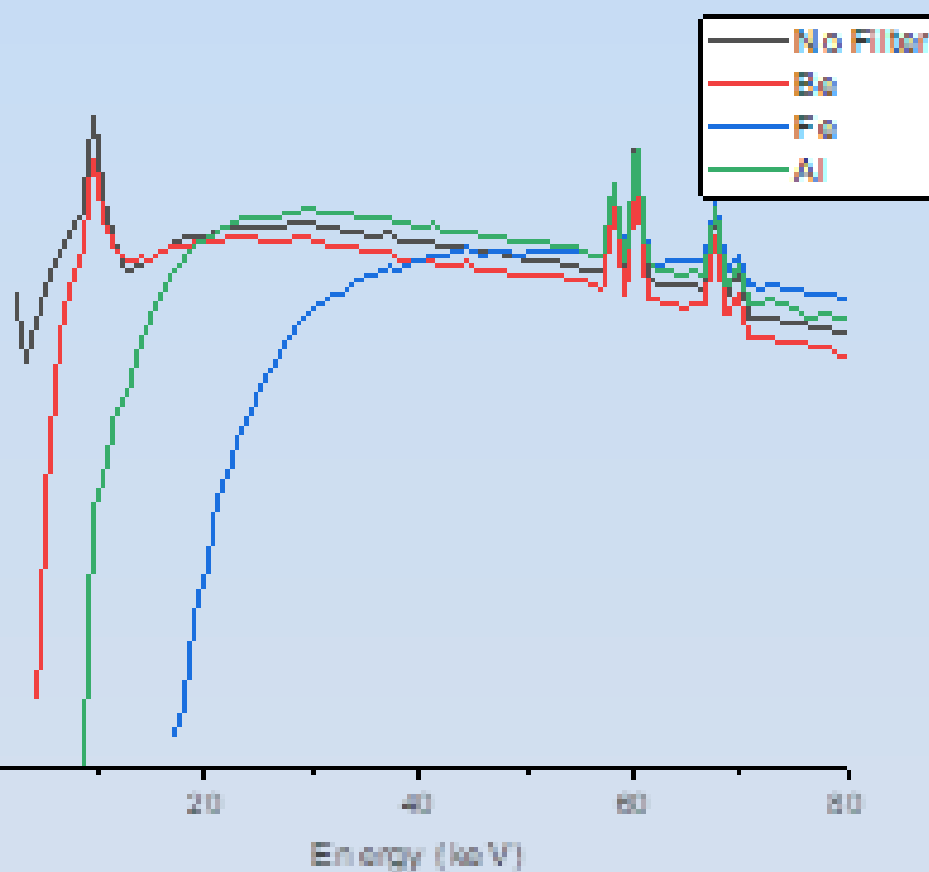
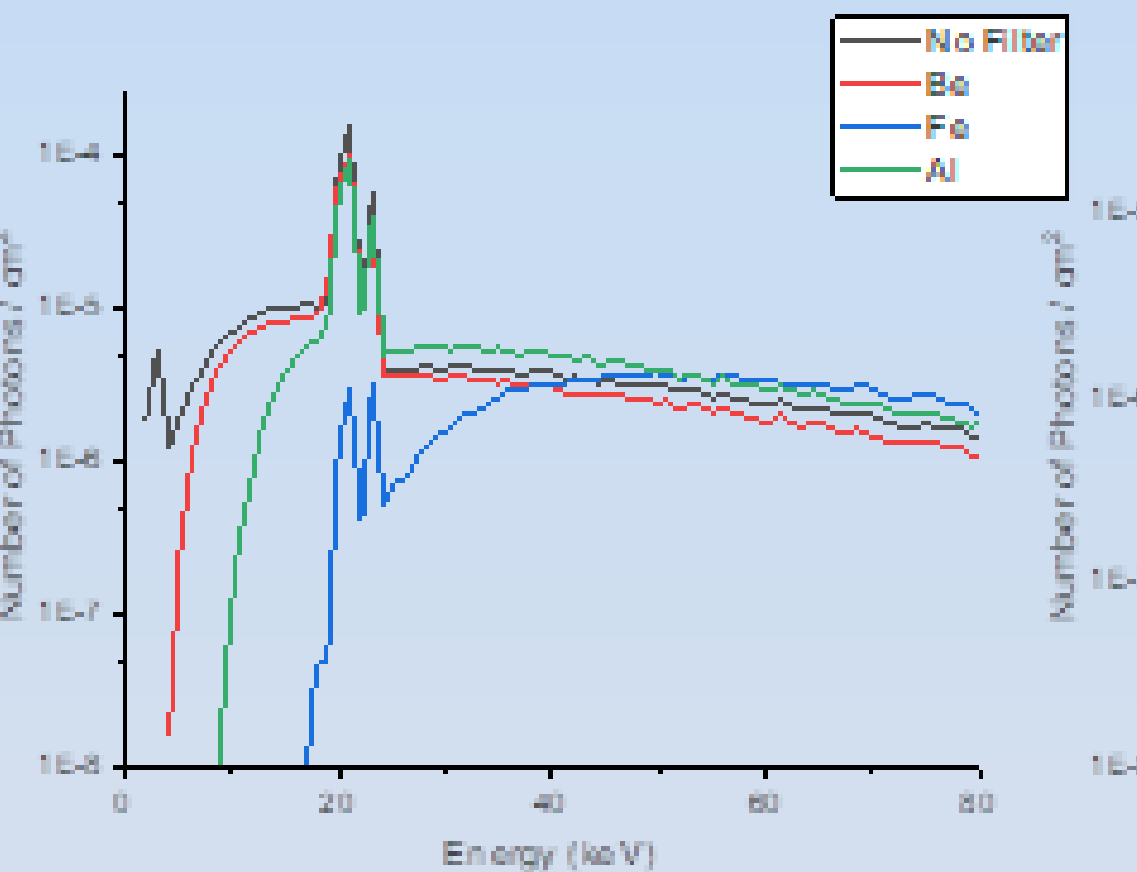
مقدمه، روش کار و نتایج:

درک ساختار تیوب اشعه ایکس و ساز و کارهای دخیل در تولید طیف اشعه ایکس، مهم است زیرا ویژگی‌های پرتو اشعه ایکس به‌طور قابل ملاحظه‌ای بر وضوح فضایی، کنتراست تصویر و دز بیمار تأثیر می‌گذارد. هدف این مقاله بررسی نقش ماده آند و فیلتر استفاده‌شده در فرآیند تولید اشعه ایکس می‌باشد. شبیه‌سازی تیوب اشعه ایکس شامل چشمه الکترونی، هدف و یک فیلتر است که در محفظه خلاء قرار دارند. مشخصات هندسه و پارامترهای شبیه‌سازی طبق پارامترهای آمده در [۱] برای یک تیوب اشعه ایکس تولیدشده توسط فیلیپس (۴۵۰ MG)، می‌باشند. چشمه الکترونی، بدون دیمانسیون بوده و شامل یک نقطه در فضا می‌باشد که الکترون‌هایی با انرژی ثابت، متناسب با kVp، از آن گسیل می‌شوند. شماتیک پیکربندی مورد استفاده در شبیه‌سازی تیوب اشعه ایکس در شکل ۱ نمایش داده شده است. هدف به شکل استوانه با ضخامت ۵ mm و شعاع ۲ mm می‌باشد که سطح آن با الکترون‌های ساطع‌شده، زاویه ۲۲ درجه تشکیل می‌دهد. فیلتر یک دیسک با شعاع ۱/۱ cm در فاصله ۱ cm از نقطه برخورد الکترون‌ها با هدف تعریف شده است. انرژی فوتون‌ها هنگام عبور از یک سطح که در فاصله ۱/۵ cm از هدف قرار دارد و در شکل ۱ با عنوان Detector مشخص شده است، برای الکترون‌هایی با انرژی (kVp=180 keV) ثبت می‌شود. طیف بدست آمده از شبیه‌سازی هندسه مشابه که توسط کد MCNPX انجام شده است، در شکل ۲ آورده شده است. همانگونه که مشاهده می‌شود، با شبیه‌سازی MCNPX نیز طیف اشعه ایکس مشخصه هدف تنگستنی باز تولید شده است و از این رو صحت کد تایید می‌شود. این پیک‌ها با توجه به بازه‌بندی صورت گرفته در انرژی‌های ۹/۴۷ keV ، ۵۸/۲ ، ۶۰/۳، ۶۷/۷ و ۶۹/۸ واقع شده که به ترتیب مربوط به لبه‌های L، Kα1، Kα2، Kβ1 و Kβ2 تنگستن می‌باشند [۲].



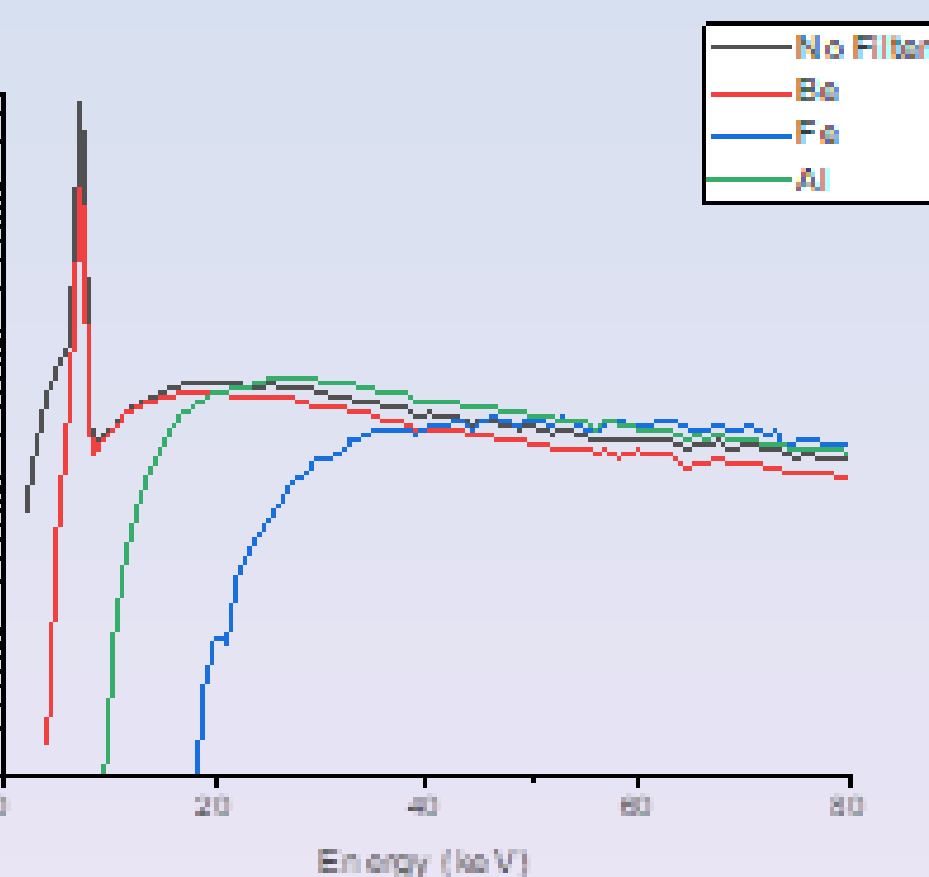
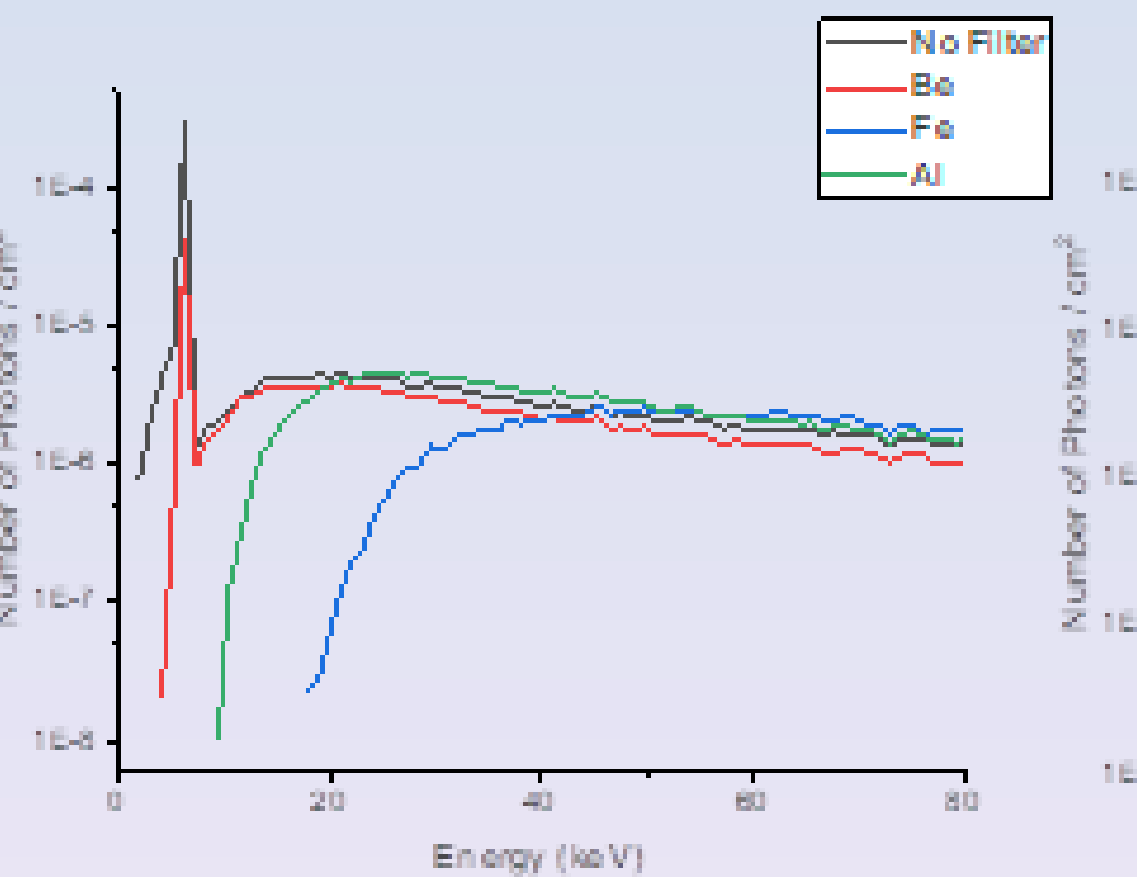
شکل ۱- پیکربندی استفاده شده در شبیه‌سازی تیوب اشعه ایکس

مواد پرکاربرد در تولید اشعه ایکس در تیوب اشعه ایکس، با توجه به کاربرد انرژی اشعه ایکس تولید شده، عبارتند از: تنگستن (W)، مولیبدن (Mo)، رودیوم (Rh)، مس (Cu)، کروم (Cr)، آهن (Fe) و نقره (Ag)؛ و فیلترهای مورد استفاده نیز غالباً از جنس برلیوم (Be)، آهن یا آلومینیوم (Al) می‌باشند [۳]. همچنین از آلیاژ تنگستن به همراه ۵-۱۰٪ رنیوم (Re) به‌منظور کاهش خوردگی سطح آند نیز استفاده می‌شود. شبیه‌سازی مونت کارلو برای آندهای ذکر شده و با فیلترهای نام‌برده، با هندسه شرح‌داده‌شده، انجام پذیرفته و نتایج آن در شکل‌های ۳ تا ۱۰ آمده است.



شکل ۴- طیف اشعه ایکس مشخصه Rh با فیلترهای مختلف

شکل ۳- طیف اشعه ایکس مشخصه W با فیلترهای مختلف

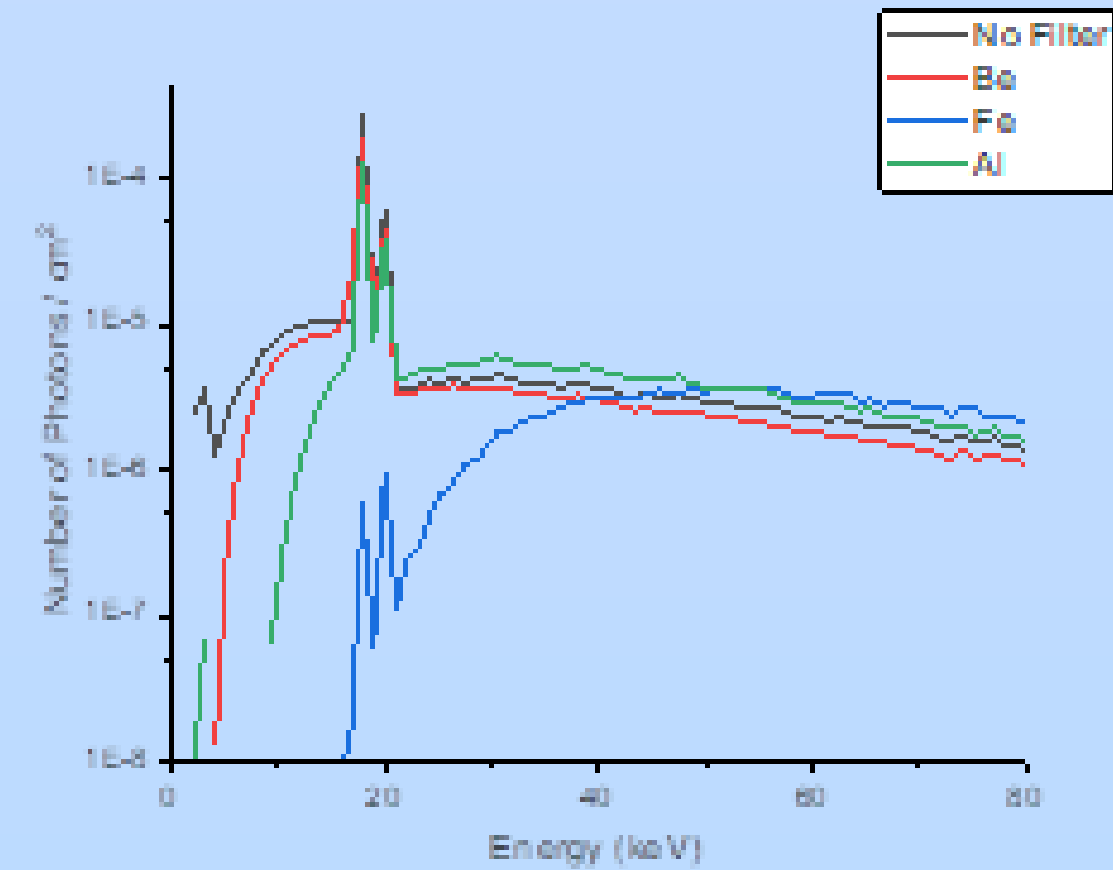


شکل ۶- طیف اشعه ایکس مشخصه Cr با فیلترهای مختلف

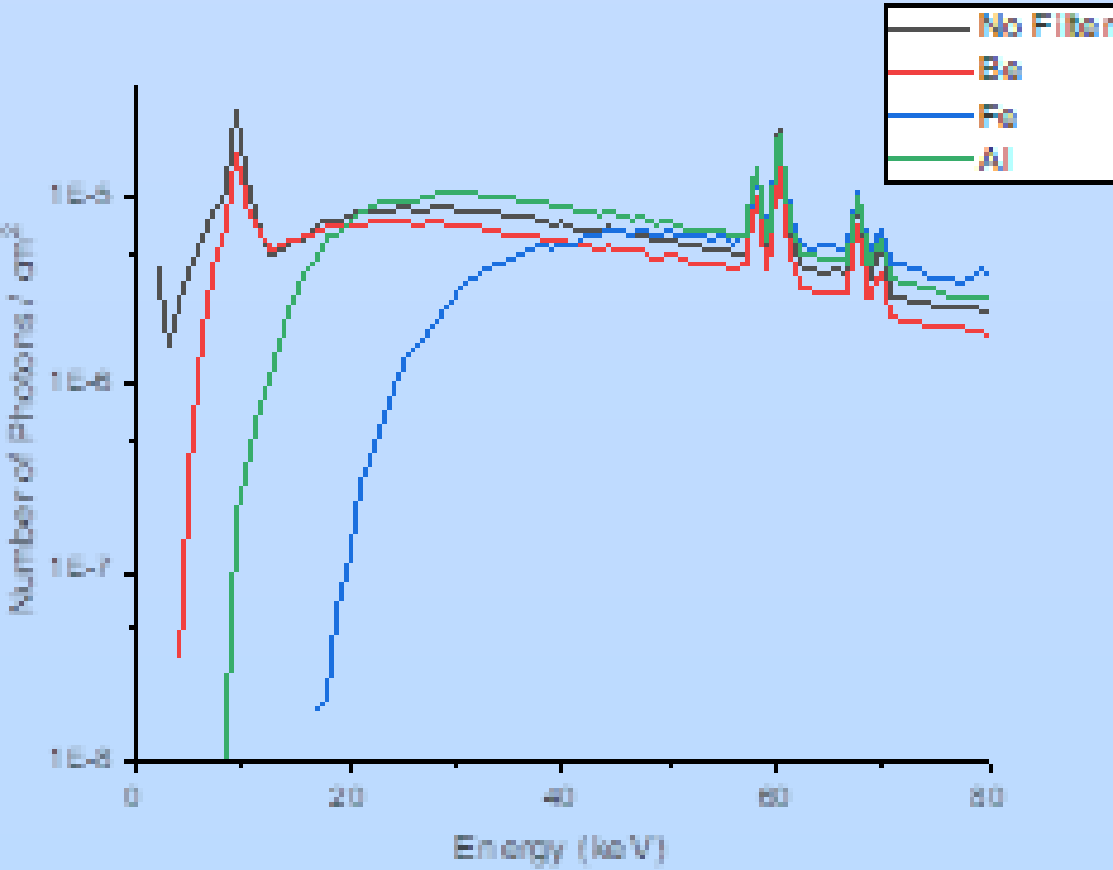
شکل ۵- طیف اشعه ایکس مشخصه Fe با فیلترهای مختلف

مراجع

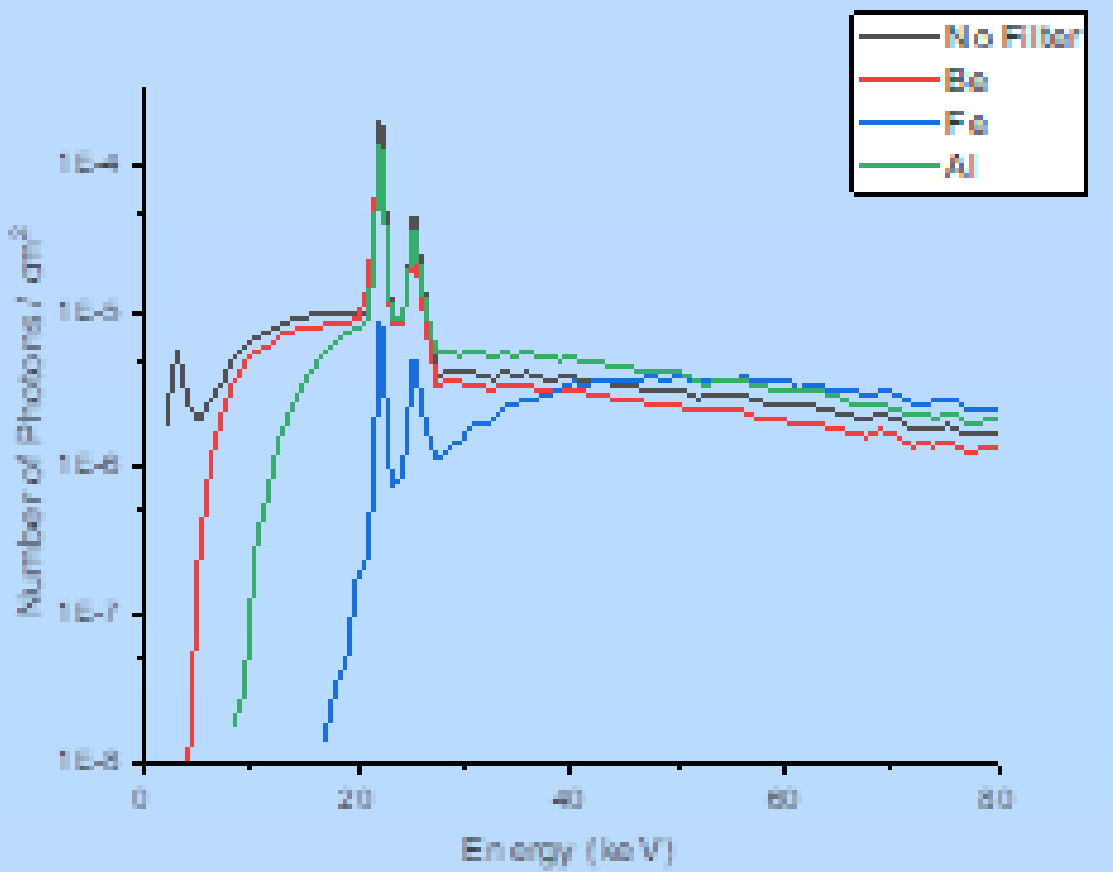
- Mauricio Morales, C.d.C.G.e.E.O., Monte Carlo Simulation of X-Ray Generation and Detection.
- Hernandez, A.M. and J.M. Boone, Tungsten anode spectral model using interpolating cubic splines: unfiltered x-ray spectra from 20 kV to 640 kV. Medical physics, 2014. 41(4): p. 042101.
- M. R. Ay, S.S., M. Shahriari, D. Sardari and H. Zaidi, Comparative assessment of different computational models for generation of X-ray spectra in diagnostic radiology and mammography. 2004.



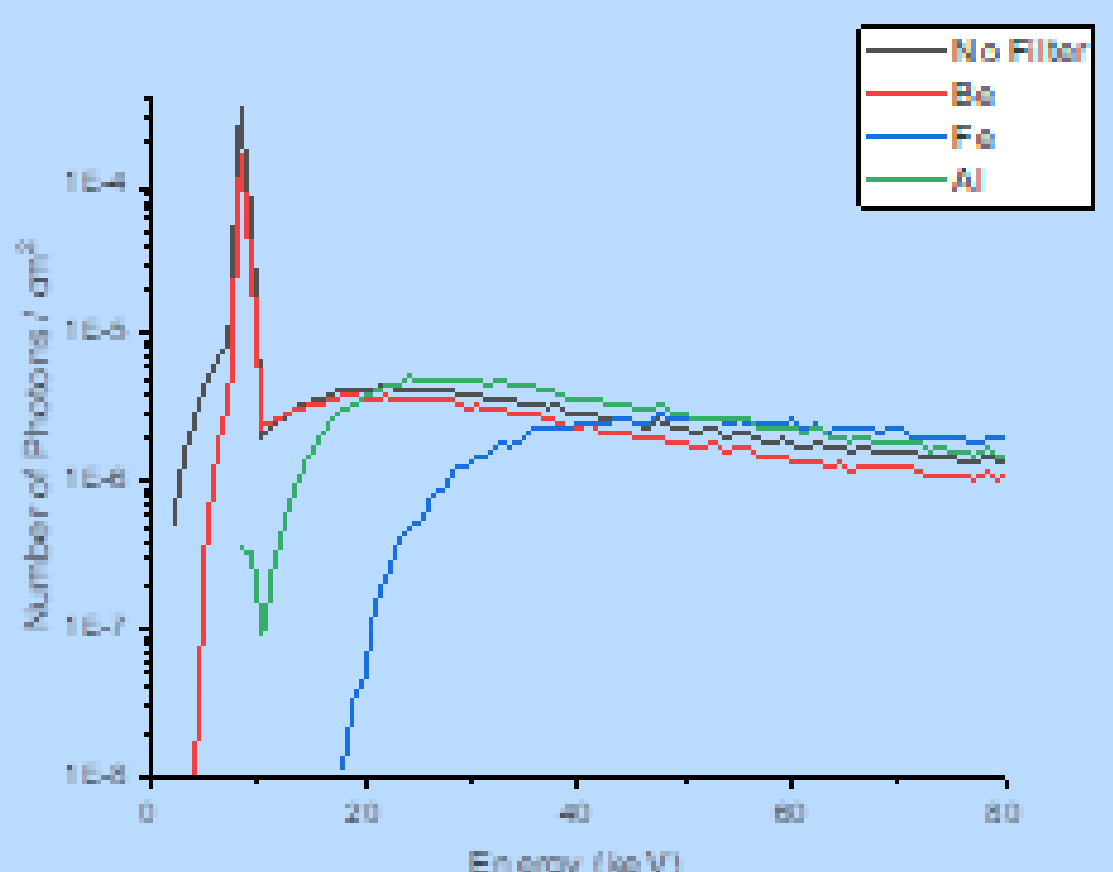
شکل ۸- طیف اشعه ایکس مشخصه Mo با فیلترهای مختلف



شکل ۷- طیف اشعه ایکس مشخصه W+10% Re

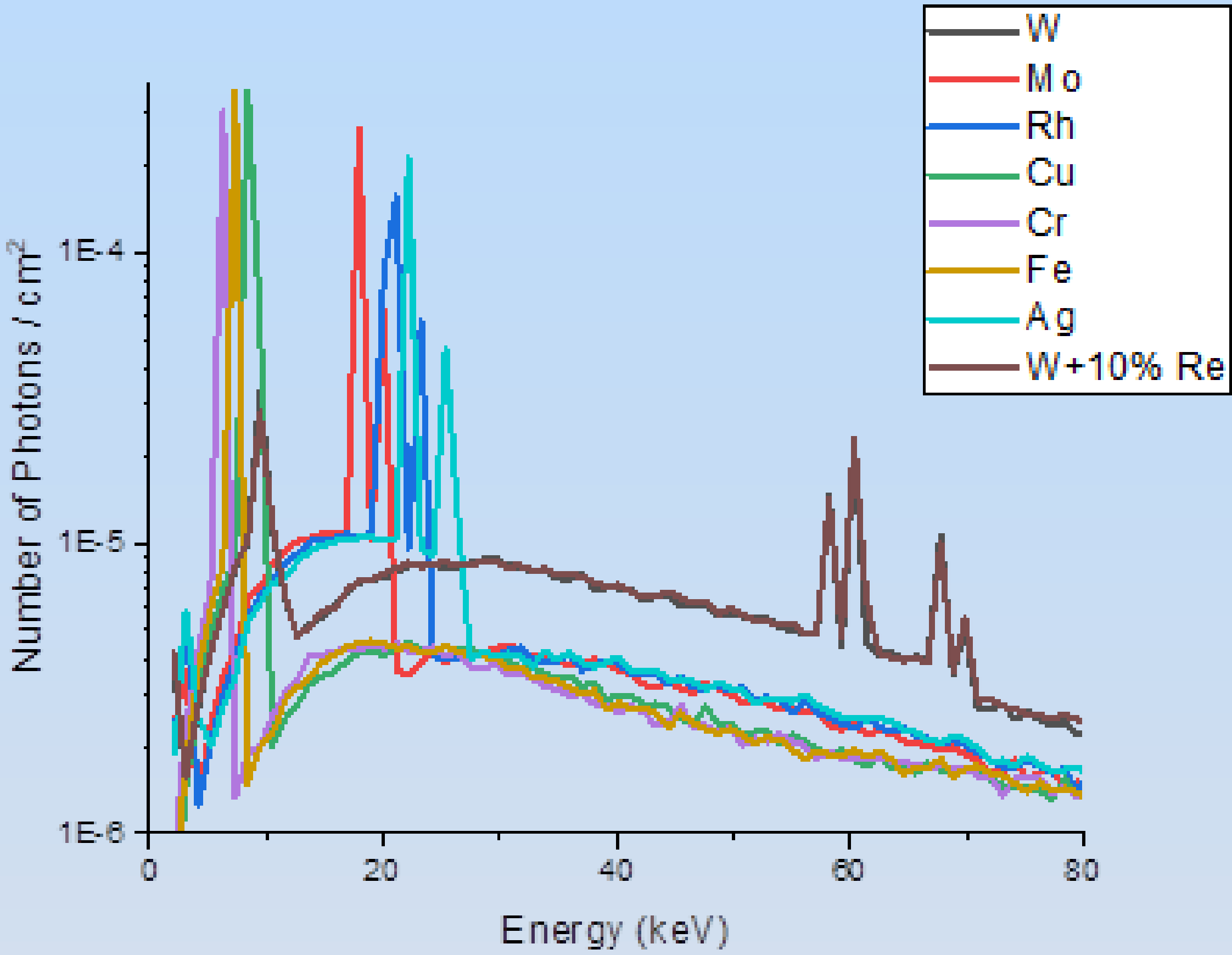


شکل ۱۰- طیف اشعه ایکس مشخصه Ag با فیلترهای مختلف



شکل ۹- طیف اشعه ایکس مشخصه Cu با فیلترهای مختلف

در تمامی موارد، ضخامت فیلترهای برلیومی، آهنی و آلومینیومی به ترتیب برابر ۲، ۲۲ و ۵ mm می‌باشد که این اعداد با توجه به ضریب تضعیف جرمی این مواد و انرژی اشعه ایکس مشخصه آن‌ها انتخاب شده است. طیف انرژی این مواد، بدون استفاده از فیلتر، در شکل ۱۱ برای مقایسه آورده شده است.



شکل ۱۱- مقایسه طیف اشعه ایکس مشخصه مواد مختلف

بحث و نتیجه گیری

بطور کلی می‌توان گفت که با افزایش عدد اتمی ماده، انرژی اشعه ایکس مشخصه آن افزایش می‌یابد. این امر را می‌توان در شکل ۱۱ نیز مشاهده نمود. انرژی ایکس مشخصه Kα مشخصه کروم (طیف بنفش رنگ) از آن‌جا که دارای کمترین عدد اتمی بین عناصر شبیه‌سازی‌شده می‌باشد، از سایر عناصر کمتر بوده و قله آن در حدود ۵/۴ keV قرار دارد. از طرف دیگر، تنگستن بالاترین عدد اتمی، دارای قله ایکس مشخصه Kα در انرژی حدود ۶۰ keV می‌باشد که این مقدار بسیار بیشتر از عنصر قبلی، نقره با قله ۲۲ keV، می‌باشد. انرژی کم اشعه ایکس در عناصر با عدد اتمی پایین، مانند کروم، آهن و مس، باعث محدودیت انتخاب فیلتر می‌شود، چراکه همانگونه که در شکل‌های ۳ تا ۱۰ می‌توان دید، استفاده از فیلترهای آلومینیومی و آهنی با ضخامت‌های به ترتیب ۵ و ۲ mm، سبب حذف طیف انرژی کمتر از حدود ۱۵ keV شده و لذا تنها قله مورد استفاده در عناصر نام‌برده شده فیلتر شده و حذف می‌شود. با توجه به انرژی اشعه ایکس تولیدشده، می‌توان ماده مناسب آند را برای هر کاربرد انتخاب نمود. در خصوص انتخاب تنگستن، همانگونه که در شکل‌های ۳ و ۷ مشخص است، افزودن رنیوم به آند تنگستنی، تغییری در طیف اشعه ایکس مشخصه ایجاد نمی‌کند و لذا از آن‌جا که مقاومت آند در برابر خوردگی را افزایش می‌دهد، بهتر است که از آلیاژ W با Re استفاده نمود. با انتخاب ماده و ضخامت مناسب فیلتر، می‌توان شدت پرتوگیری را کاهش داده و یا بخشی ناخواسته از طیف را به کلی حذف نمود.