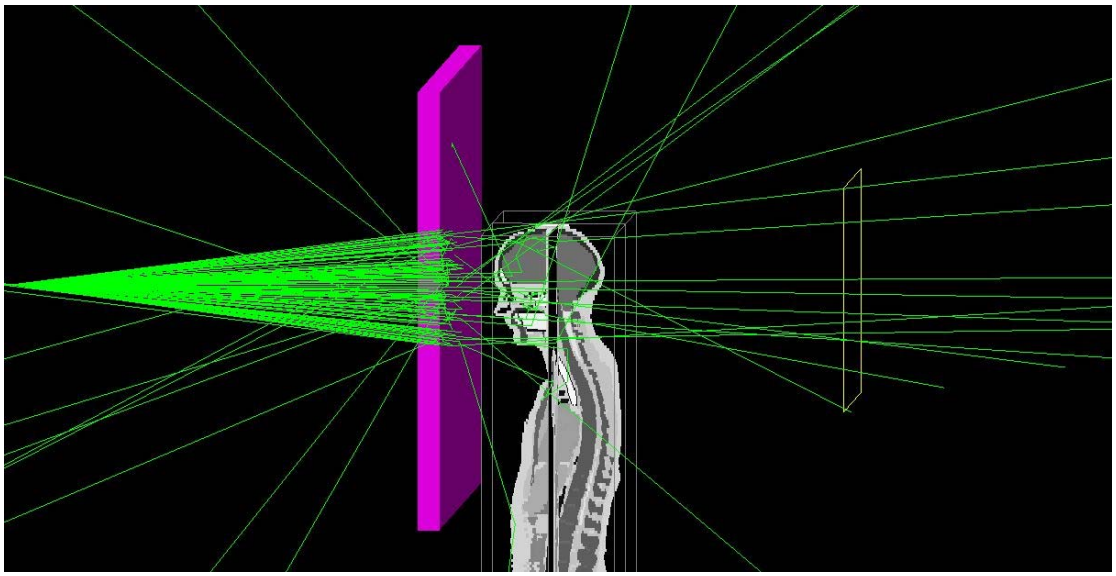
آزمایش شماره ۸

مطالعه وابستگی ضریب تضعیف خطی به نوع ماده جاذب و انرژی پرتوهای گاما



۸-۱ هدف آزمایش:

اندازه گیری ضریب تضعیف خطی و ضخامت لایه نیم جذب حفاظ سربی برای منبع رادیو اکتیو کبالت ۶۰

۸-۲ وسایل مورد نیاز:

آشکار ساز گایگر-مولر، حفاظ های سربی با ضخامت های مختلف، گیره، منبع رادیو اکتیو.

۸-۳ تئوری آزمایش:

در سال ۱۸۹۶ بکرل موفق به کشف عناصر طبیعی تابش کننده تشعشع شد. او سه نوع متفاوت تشعشع با خصوصیات فیزیکی متفاوت را کشف کرد. این پرتوها بعدها توسط یک فیزیکدان انگلیسی، ارنست رادرفورد، آلفا، بتا و گاما سه حرف اول حروف یونانی نامیده شد. پرتوهای یونساز با گذر از محیط تولید ذرات باردار منفی و مثبت می کنند که از مواد می گذرند. منابع مولد پرتوهای یونساز می تواند مواد رادیواکتیو پوسته زمین که به صورت ذره (تشعشع ذره ای) یا انرژی خالص بدون جرم و بار الکتریکی (پرتوهای الکترومغناطیسی) تابش می شوند، اشعه کیهانی حاصل از خورشید و یا ساخت دست بشر باشند.

رادیواکتیویته[۱۴]: به طور کلی عناصری را رادیواکتیو می گویند که خودبخود به هسته دیگری تبدیل شوند.یعنی اگر تعداد تعداد پروتون ها و نوترون ها برابر نباشند در حالت پایدار نخواهند بود. بلکه مایل است که تعداد پروتون و نوترون را با هم مساوی سازد و به حالت پایدار درآید در اینگونه مواد که هسته ناپایدار است در اثر تشعشع به حالت پایدار درمی آیند و می گویند عنصر رادیواکتیویته است. در این حالت هسته مثلاً یکی از نوترون های اضافی خود را به یک الکترون و یک پروتون تبدیل کرده و از خود الکترون صادر می نماید.

هنگامی که یک د سته پرتو گامای مونو انرژیتیک (تک انرژی) که در آن انرژی تمام فوتون ها یک سان ا ست با شدت معین N_0 از محیط جاذبی عبور کند شـــدت پرتو عبوری از ماده جاذب بر طبق قانون نمایی بیر- لمبرت[۱۵] تعیین می گردد.

$$N = N_0 e^{-\mu X} \qquad (۱)$$

[۱۴] Activity
[۱۵] Bier- Lambert

در این رابطه N شدت پرتو عبوری از ضخامت X ، N_0 عبارت است از شدت پرتو اولیه می باشد و μ ثابت معلومی بنام ضریب تضعیف خطی[۱۶] است. ضریب تضعیف خطی طبق تعریف برابر با کسری از پرتو های اولیه است که در عبور از هر واحد ضخامت ماده جاذب ، جذب یا پراکنده می شود. معمولًا μ را بر حسب cm^{-1} بیان می کنند. ضریب تضعیف خطی (μ) به نحو پیچیده ای با عدد اتمی (Z) ماده جاذب و انرژی (E) اشعه تابشی بستگی دارد.

هر گاه از رابطه(۱) لگاریتم در پایه طبیعی بگیریم خواهیم داشت:

$$\mathrm{Ln(N)} = \mathrm{Ln}(N_0 e^{-\mu X}) \rightarrow \mathrm{Ln\ (N)} = \mathrm{Ln}N_0 - \mu X \qquad (۲)$$

عنی اگر نمودار Ln (N) را بر حسب X رسم کنیم باید خط مستقیمی بدست آید که شیب آن برابر μ و قابل محاسبه است.

لایه نیم جذب[۱۷] (HVL):

کمیت دیگری که در این باره تعریف می شود لایه نیم جذب است که عبارت از ضخامتی از ماده جاذب است که شدت پرتو تابشی را به نصف مقدار اولیه آن کاهش می دهد و با μ رابطه ای دارد که از فرمول بیر - لمبرت قابل محاسبه ا ست: یعنی اگر طبق تعریف لایه نیم جذب، بجای N در رابطه(۱)، مقدار $\frac{N_0}{2}$ و بجای ضخامت، $X_{\frac{1}{2}}$ را قرار دهیم و از طرفین آن لگاریتم در مبنای عدد طبیعی بگیریم خواهیم داشت:

$$X_{\frac{1}{2}} = \frac{0.693}{\mu} \qquad (۳)$$

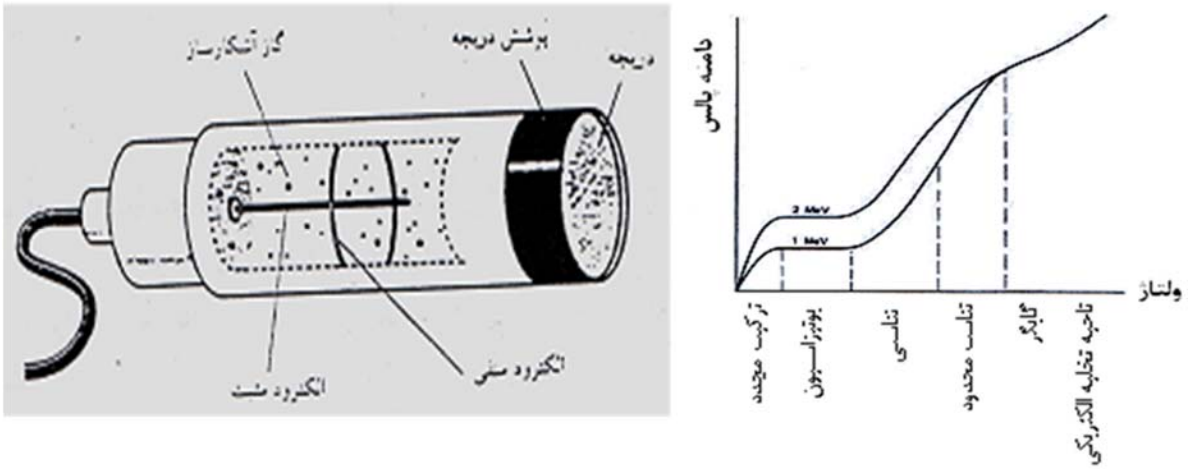
بنابراین با قرار دادن μ در این رابطه، مقدار لایه نیم جذب $X_{\frac{1}{2}}$ بدست می آید. مزیت تعیین این لایه در این است که در رادیولوژی جهت تعیین مقدار لایه محافظ و بیان کیفیت پرتو از آن ا ستفاده می گردد. لذا با دانستن ضخامت این لایه برای هر عنصر از نظر اصول حفاظت در برابر اشعه، می توان شیلد(محافظ) مناسب را جهت جلوگیری از عبور پرتو یونساز به نواحی مجاور طراحی کرد و پرسنل و معاینه شونده ان را در بخش های رادیولوژی و رادیوتراپی از تابش پرتوهای ت شخیصی محافظت کرد بطوریکه طبق تو صیه آژانس بین المللی انرژی اتمی با انتخاب ضخامتی در حدود ۳/۵ برابر ضخامت مربوط به لایه نیم جذب می توان مطمئن شد که جلوی پرتو یونساز مربوطه سد شده است.

[۱۶] Linear attenuation coefficient
[۱۷] Half Value Layer

آشکارساز گایگر مولر:

برای تعیین شـدت پرتوهای اولیه N_0 و شـدت عبوری از ماده (N) از دسـتگاهی بنام γ - counter (شـمارنده گاما) استفاده می شود که به آن آشکار ساز گایگر – مولر (GM) می گویند. لوله GM به شکل استوانه است که جدار داخل آن به عنوان کاتد بوده و آند به شکل سیم نازک در امتداد محور استوانه قرار دارد. داخل استوانه با مخلوط یک گاز بی اثر مانند آرگون و مقدار کمی از یک گاز هالوژن یا الکل اتیلیک پر شده است.

اشعه تابشی، گاز داخل آشکارساز را یونیزه کرده و یون های مثبت و منفی به وجود می آورد. در صورتی که اختلاف پتانسیلی بین آند و کاتد وجود نداشته باشد هیچ نیرویی یون های به وجود آمده را به آند و کاتد هدایت نمی کند و بنابراین این یون های به وجود آمده با هم ترکیب شده و جریانی از مقاومت r عبور نمی کند. در صورتی که یک پتانسیل ضعیف به الکترود ها اعمال شود (v) نیروی eV یون های مثبت و منفی را به قطب های مخالف می راند و ترکیب مجدد کمتر اتفاق می افتد و جریان ضعیفی از مدار عبور می کند. مقدار این جریان به تعداد یونیزاسیون های اولیه یعنی میزان انرژی منقل شده از اشعه به گاز داخل آشکارساز بستگی دارد. به این ناحیه ولتاژ، ناحیه ترکیب مجدد می گویند.

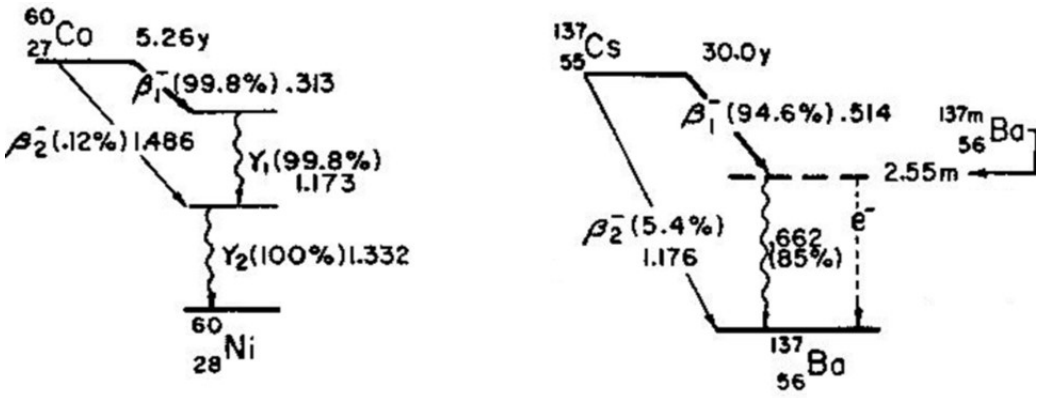


شکل ۱ ساختمان آشکارساز گایگر مولر و ناحیه ولتاژ

با افزایش ولتاژ امکان ترکیب مجدد از بین می رود تاجایی که تمام بارهای به وجود آمده به آند و کاتد می رسند که به آن ناحیه اشباع می گویند. اتاقک های یونیزاسیون در این ناحیه کار می کنند. با افزایش بیشتر ولتاژ، پدیده یونیزاسیون ثانویه یا تکثیر اتفاق می افتد به این ترتیب که انرژی یون های شتاب گرفته به اندازه ای است که می توانند اتم ها خنثی را نیز یونیزه کنند. با افزایش تعداد یون های جمع آوری شده ارتفاع پالس به وجود آمده در خروجی افزایش می یابد. در اینجا میزان انرژی عبور کرده از مدار و در نتیجه ولتاژ خروجی رابطه خطی با میزان انرژی منتقل شده از اشعه

به آشکارساز (تعداد یونیزاسیون اولیه) و نیز ولتاژ بین آند و کاتد دارد و به آن ناحیه تناسبی می گویند. از ناحیه تناسبی محدود رابطه خطی بین میزان جریان و تعداد یون های اولیه از بین می رود. در نهایت در ناحیه ۵ میزان جریان یا ارتفاع پالس خروجی به علت تخلیه کامل گاز در مجاورت آند به ماکزیمم خود رسیده که متشکل از تعداد یونیزاسیون اولیه است. در این ناحیه که به ناحیه گایگر معروف است، بهمنی از الکترون ها در مجاورت سیم مرکزی گسترش می یابد. با بالا بردن بیشتر ولتاژ تخلیه دائمی گاز داخل محفظه حتی بدون وجود نشعشع انجام می شود و این باعث خرابی آشکارساز خواهد شد.

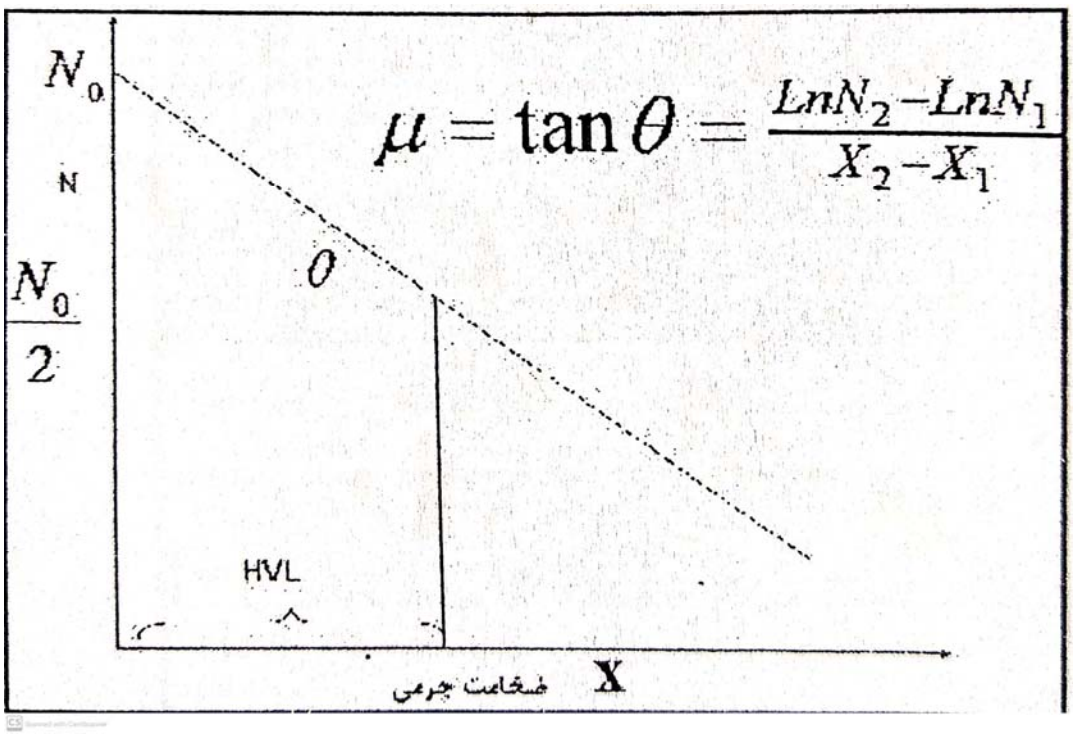
منابع رادیواکتیو: ماده رادیواکتیوی که در این آزمایش به عنوان منبع گاما استفاده می شود ^{60}CO یا ^{137}Cs است. ماده رادیواکتیو کبالت ۶۰ با تابش پرتوی بتا و بدنبال آن دو پرتو گاما با انرژیهای ۱/۱۷ و ۱/۳۳ میلیون الکترون ولت به عنصر Ni تبدیل می شود. عنصر سزیم با تابش یک پرتو بتا و پرتو گاما با انرژی ۶۶۲ کیلو الکترون ولت به باریم تبدیل می شود. پرتوهای گامای توسط دستگاه آشکارساز، شمارش می گردند. در شکل زیر شماهای واپاشی مربوط به دو ماده رادیواکتیو مورد استفاده نشان داده شده است.



شکل ۲ نمودار واپاشی منابع رادیو اکتیو کبالت ۶۰ و سزیم ۱۳۷.

شرح آزمایش: دستگاه را روشن کرده و ولتاژ گاماکانتر را که ابتدا روی صفر باید باشد را روی ولتاژ ۷۰۰ ولت قرار می دهیم. با زدن دکمه CR دستگاه، شمارش پرتوهای زمینه که ناشی از پرتو کیهانی و منابع زمینی موجود در محیط آزمایشگاه است شروع شده و پس از زمان تعیین شده (۱۲۰ ثانیه)، دستگاه به طور اتوماتیک شمارش را متوقف خواهد کرد. چشمه ^{137}Cs را در جلو دریچه کانتر در فاصله ثابتی برای مدت زمان مناسبی جهت شمارش پرتوها قرا دهید. جاذب های سربی را بر اساس مقادیر ضخامت بیان شده در جدول صفحه بعد، بین چشمه و کانتر قرار دهید و هر بار

به مدت ۱۲۰ ثانیه شمارش کنید. هر شمارش را دو بار انجام داده و میانگین بگیرید. میانگین شمارش های حاصله را از لحاظ پرتو زمینه تصحیح کنید و عدد بدست آمده را بعنوان شمارش تصحیح شده در جدول بنویسید. سپس همین آزمایش را برای ضخامت های مختلف از جنس آلومینیوم انجام داده و جداول مربوطه را کرده و منحنی تغییرات شمارش را برحسب ضخامت جاذب (inch) و یا ضخامت جرمی (یا دانسیته سطحی) که برحسب gr/cm^2 است روی کاغذ نیمه لگاریتمی رسم کرده سپس ضریب تضعیف خطی و لایه نیم جذب را بدست آورید.



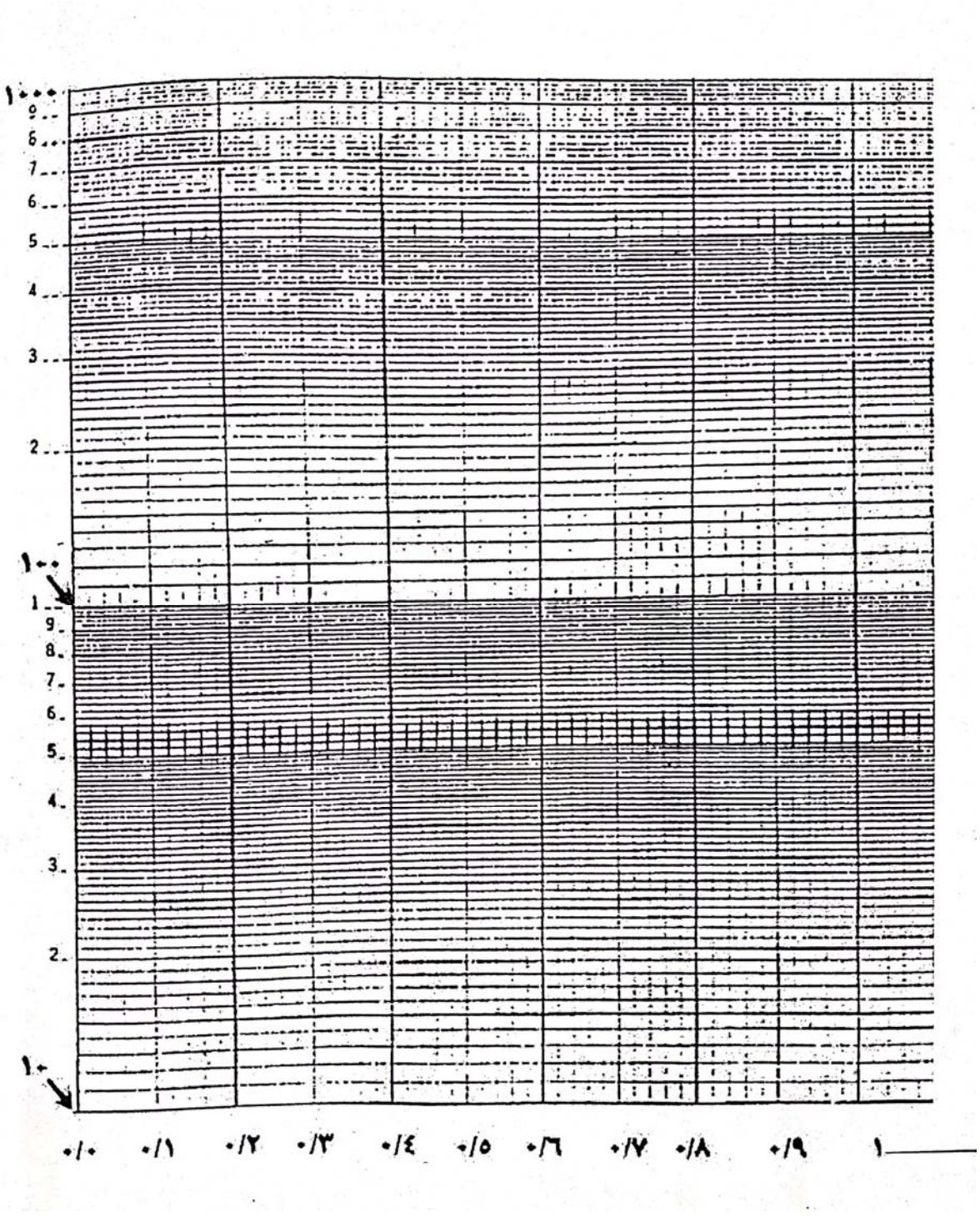
شکل ۳. شیب نمودار رسم شده معادل مقدار ضریب تضعیف خطی است.

ضخامت سرب (inch)	شمارش اول	شمارش دوم	میانگین شمارش ها	شمارش تصحیح شده
شمارش زمینه				
بدون جاذب				
۰/۱۲۵				
۰/۲۵۰				
۰/۳۷۵				
۰/۵۰۰				
۰/۶۲۵				
۰/۷۵۰				
۰/۸۷۵				
۱				

جدول ۱. جدولی که در طول آزمایش تکمیل می شود.

value	Ln	value	Ln	value	Ln	value	Ln
36	3.58	192	5.26	617	6.42	3455	8.15
45	3.81	208	5.34	855	6.75	3479	8.15
53	3.97	216	5.38	1145	7.04	3610	8.19
79	4.37	224	5.41	1400	7.24	4126	8.33
85	4.44	230	5.44	1416	7.26	4257	8.36
89	4.49	235	5.46	1547	7.34	4400	8.39
114	4.74	260	5.56	1711	7.44	5111	8.54
115	4.74	266	5.58	1842	7.52	5155	8.55
117	4.76	269	5.59	2000	7.60	5255	8.57
131	4.88	290	5.67	2032	7.62	5286	8.57
133	4.89	305	5.72	2145	7.67	5966	8.69
140	4.94	317	5.76	2163	7.68	6017	8.70
147	4.99	332	5.81	2255	7.72	6025	8.70
150	5.01	335	5.81	2469	7.81	6143	8.72
162	5.09	353	5.87	2600	7.86	6880	8.84
163	5.09	377	5.93	2600	7.86	7000	8.85
176	5.17	423	6.05	2930	7.98	7855	8.97
180	5.19	459	6.13	3000	8.01	S199	9.13
190	5.25	581	6.36	3061	8.03	10054	9.22

جدول ۲. نزدیکترین عدد به عدد خود را می‌توان با استفاده از جدول بالا انتخاب کرد و سپس مقدار Ln آن را بدست آورد.



شکل ۴. منحنی نیمه لگاریتمی برای ترسیم نمودار

سئوالات:

۱) نمودار را با استفاده از جدول شمارش‌ها رسم کنید و سپس ضریب تضعیف خطی سرب تحت تابش پرتو Co-60 را از نمودار بدست آورید.

۲) HVL را برای سرب تحت تابش پرتو Co-60 بدست آورید.