

## طراحی چگالی سنج هسته‌ای جهت استفاده در صنایع چوب

امیر محمد بیگ زاده<sup>۱</sup>، غلامرضا اطاعتی<sup>۱</sup>، حسین آفریده<sup>۱</sup>، اسکندر اسدی<sup>۲</sup>، اسماعیل بیات<sup>۳</sup>

۱- دانشگاه صنعتی امیر کبیر، دانشکده مهندسی هسته‌ای و فیزیک

۲- دانشگاه پیام نور، واحد تهران مرکز - دانشکده علوم پایه - گروه فیزیک

### چکیده:

چگالی سنج هسته‌ای یکی از دقیق‌ترین روش‌های اندازه‌گیری چگالی است که بر اساس آشکارسازی شار تضعیف شده یک چشمه‌ی گاما با اکتیویته‌ی معین می‌باشد و امروزه کاربرد وسیعی در صنایع کاغذ و چوب- نفت- گاز- شیمی - رنگ - سیمان- معدن - متالورژی و... پیدا کرده است. در این پژوهش ابتدا با استفاده از مدل پرتوهای عبوری چیدمان بهینه مکان قرارگیری چشمه گاما، آشکارساز سوسوزن و نمونه چوب طراحی شد و سپس با تغییر پارامتر زمان امکان تفکیک یازده نوع چوب مختلف با دقت  $0.01 \text{ g/cm}^3$  حاصل شد.

واژه‌های کلیدی: چگالی سنج، چشمه گاما، آشکارساز سوسوزن، پرتوهای عبوری، صنایع کاغذ و چوب

### ۱-مقدمه:

چوب جایگاه برجسته‌ای در اقتصاد جهانی دارد. تولید سالانه چوب در جهان ۲۵۰۰ میلیون متر مکعب است. خواص فیزیکی که چگالی نیز در این مبحث قرار می‌گیرد و شیمیایی و نیز مکانیکی چوب آن را فعلاً بی‌جانشین کرده است. نکته قابل توجه این است که در تعیین مشخصه‌های مکانیکی چوبها باید مواردی همچون جهت الیاف چوب، استحکام چوب (چگالی چوب)، مقدار رطوبت، نوع چوب، محل رویش، پهنی دایره سالانه، درجه حرارت، تعداد گره‌های روی چوب، شرایط نمونه‌گیری، شرایط لحظه‌ای آزمایش و دستورالعمل آزمایشی را در نظر گرفت. اولین بار در سال ۱۹۴۰ از روش چگالی سنج هسته‌ای برای تعیین جرم در واحد حجم الوار استفاده شد. استفاده از این روش امکان دسته‌بندی و تفکیک چوب‌ها را بر اساس استحکام آنها که قابل استفاده در انواع صنایع چوب از قبیل ساختمانهای چوبی، ساخت مبلمان، روکش،

قایق سازی، وسایل ورزشی، کاغذ سازی، کبریت سازی، جعبه سازی، ادوات کشاورزی و غیره است را مقذور می سازد.

روش های هسته‌ای، بطور گسترده در سیستم‌های اندازه‌گیری صنعتی پیشرفته استفاده می‌شوند، زیرا به چند دلیل، آنها توانمند و قابل اعتماد هستند از جمله این‌که:

- تابش‌های یونیزان به خواص فیزیکی اصلی ماده، چگالی، پاسخ و عکس العمل نشان می‌دهند.
- روش‌های اندازه‌گیری هسته‌ای، غیر تماسی هستند. این ویژگی سیستم اندازه‌گیری، امکان نصب و عملکرد به وسیله گیره و بست را فراهم می‌کند.
- این روش جایگزین بسیار مناسبی برای روش‌های آنالیز وقت‌گیر و هزینه‌بر شیمیایی می‌شود.
- به دلیل به دلیل سرعت، دقت بالا، غیر مخرب بودن و روش غیر تماسی استفاده از این روش در صنعت نفت و سایر صنایع دیگر از قبیل صنایع شیمیایی، صنایع غذایی و... باعث کاهش هزینه تا سقف میلیون‌ها دلار شده است [۱-۳].
- اندر کنش تابش یونیزان می‌تواند با حساسیت بالایی، آشکارسازی و اندازه‌گیری شود. در چگالی‌سنج‌های با گامای تک انرژی استفاده از گامای با انرژی پایین مطلوب است. زیرا در این حالت حساسیت اندازه‌گیری بالا بوده و در نتیجه به ازای یک آهنگ شمارش مشخص خطا کمتر خواهد بود. در پژوهش حاضر از چشمه گامای  $^{137}\text{Cs}$  با توجه به تک انرژی بودن و قدرت نفوذ بالا استفاده شده است [۴-۵]. برای اندازه‌گیری چگالی مواد با استفاده از چشمه گاما دومدل وجود دارد؛ یکی استفاده از گاما‌های پس پراکنده شده از ماده و دیگری استفاده از گاما‌های عبوری است [۶-۷]. در پژوهش حاضر، از روش گاما‌های عبوری در تعیین چگالی استفاده شد. طراحی و ساخت این دستگاه برای اولین بار در داخل کشور صورت گرفته و آزمایش‌ها بر روی یازده نوع چوب با ابعاد یکسان، انجام گرفته است که به تفکیک مواد بر اساس چگالی آنها با دقت  $0.01 \text{ g/cm}^3$  دست یافته شد.

## ۲- مواد و روش‌ها

### ۲-۱- چوب‌های مورد استفاده

در تحقیق حاضر از چوب‌های روسی، لترون، راش، نئوپان، تبریزی، افرا، ملج، امدی اف، صنوبر و چنار استفاده شد. ابتدا چوب‌ها با ابعاد یکسان  $200 \times 200$  میلیمتر مربع با ضخامت ۲۵ میلی‌متر برش داده شدند و وزن هر یک از آنها با یک ترازو دیجیتال با دقت ۴ رقم اعشار اندازه‌گیری شد و چگالی با توجه به رابطه  $\rho = m/v$  محاسبه گردید. چگالی و وزن انواع چوب مورد استفاده در جدول ۱ آورده شده است. تصویری از چوبها نیز در شکل ۱ آمده است.

جدول ۱- مشخصات چگالی و وزن چوب‌های مورد استفاده

چگالی $g/cm^3$	وزن (g)	نوع چوب
۰/۸۱۹	۲۵۸/۲۹	لترون
۰/۷۳۱	۲۴۵/۸۹	نتوپان
۰/۴۳۳	۱۳۶/۵۶	روسی
۰/۶۳۹	۲۰۱/۵۲	راش
۰/۳۱۷	۹۹/۹۷	افرا
۰/۶۱۳	۱۹۳/۳۲	تبریزی
۰/۷۳۵	۲۳۱/۸	ام دی اف
۰/۵۶	۱۷۵/۲۳	سه لایی
۰/۴۴۴	۱۴۰/۱۸	صنوبر
۰/۶۱۳	۱۹۳/۴۱	سه لایی
۰/۶۱۱	۱۹۲/۹	ملج



شکل ۱: چوب‌های استفاده شده در آزمایش: ۱. راش، ۲. افرا، ۳. ملج، ۴. نتوپان، ۵. صنوبر، ۶. تبریزی (سپیدار)، ۷. روسی، ۸. ام دی اف، ۹. لترون، ۱۰. سه لایی، ۱۱. بلوط

## ۲-۲- طراحی چیدمان

در طراحی چگالی‌سنج سه چیدمان مختلف بر اساس مدل گاما‌های عبوری انتخاب شد. در این مدل اثر منحصر به فرد هر یک از چوب‌ها در تضعیف پرتوهای گاما و متعاقب آن در شمارش آشکار ساز، به چگالی چوب‌ها نسبت داده شد. در اولین چیدمان فاصله چشمه از دهانه خروجی حفاظ ۱۰ سانتیمتر، فاصله آشکارساز از دهانه ۷ میلیمتر، فاصله موازی‌سازها از یکدیگر ۲۰ سانتیمتر و زمان شمارش نیز ۱۰ ثانیه در نظر گرفته شد. در چیدمان دوم برای افزایش دقت تفکیک چشمه در فاصله ۱۰ سانتیمتر از دهانه خروجی حفاظ، آشکارساز در فاصله ۱۵ میلیمتر از دهانه موازی‌ساز و زمان شمارش ثابت در نظر گرفته شد. در چیدمان نهایی فاصله چشمه از دهانه خروجی حفاظ ۱۰ سانتیمتر، فاصله آشکارساز از دهانه ۷ میلیمتر و فاصله دهانه موازی‌سازها نیز از یکدیگر ۱۵ سانتیمتر تعیین شد و شمارش آشکارساز برای ۵۰ ثانیه انجام شد. در شکل ۲ چگالی‌سنج چوب طراحی شده آزمایشگاهی آورده شده است.



شکل ۲: نمای بالا و روبرو از چگالی سنج چوب طراحی شده آزمایشگاهی ۱. محفظه سربی نگهدارنده آشکارساز یدور سدیم ۱ اینچ ۲. چوب نمونه به ابعاد (۱۵×۱۵×۲/۵) ۳. محفظه نگهدارنده چشمه  $^{137}\text{Cs}$

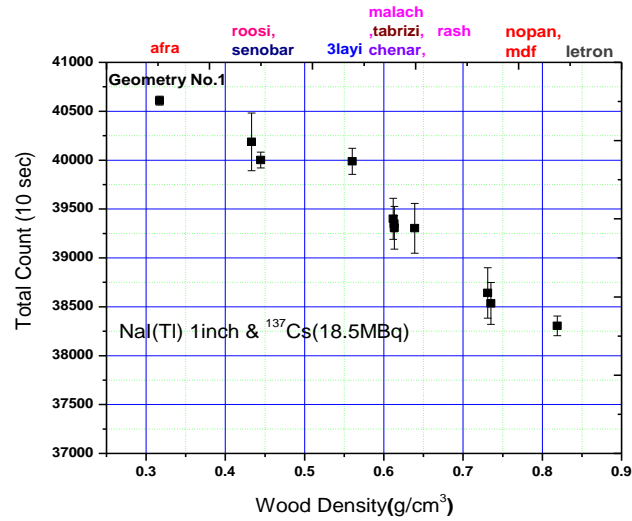
### ۳- نتایج و بحث

نتایج حاصل از شمارش برای چیدمان های مختلف در جدول ۲. شکل آمده است.

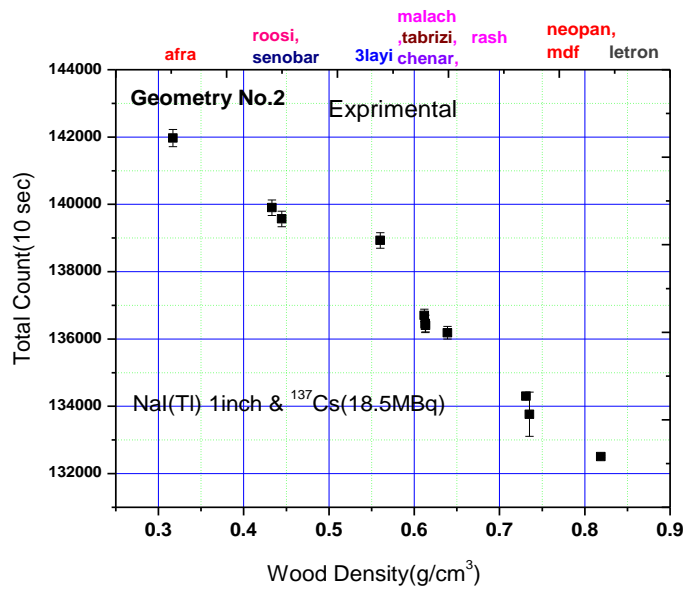
جدول ۲-: نتایج مربوط به شمارش در چیدمان های مختلف

نوع چوب	میانگین شمارش در چیدمان شماره ۱	میانگین شمارش در چیدمان شماره ۲	میانگین شمارش در چیدمان شماره ۳
لترون	۳۸۳۰۵	۱۳۲۵۰۶	۱۹۴۲۶۱
نئوپان	۳۸۶۴۲	۱۳۴۳۰۴	۲۰۲۱۳۵
روسی	۴۰۱۸۶	۱۳۹۹۰۰	۱۹۶۷۶۶
راش	۳۹۳۰۳/۲	۱۳۶۱۸۶	۲۰۳۱۷۶
افرا	۴۰۶۰۹	۱۴۱۹۶۹	۱۹۷۷۵۳
تبریزی	۵۳۹۰۸	۱۳۶۴۵۱	۱۹۴۰۵۷
ام دی اف	۳۸۵۳۵	۱۳۳۷۶۴	۲۰۰۱۳۵
سه لایی	۳۹۹۸۸	۱۳۸۹۲۸	۲۰۱۱۳۵
صنوبر	۴۰۰۰۰	۱۳۹۵۶۶	۱۹۷۷۴۰
سه لایی	۳۹۳۰۸	۱۳۶۴۰۰	۱۹۷۷۵۶
ملج	۳۹۷۱۲	۱۳۶۷۰۰	۱۹۴۲۶۱

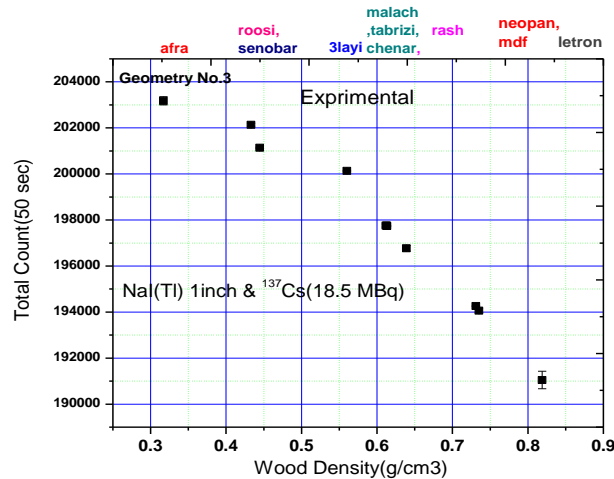
برای درک بهتر اثر چیدمان های مختلف بر شمارش و متعاقب آن دستیابی به تفکیک انواع چوب ها بر اساس چگالی آنها، نتایج حاصل از شمارش برای چیدمان شماره ۱ و ۲ و ۳ به ترتیب در شکل های ۳، ۴ و ۵ آورده شده است.



شکل ۳- شمارش کل به ازای چگالی مختلف چوب‌ها (چیدمان شماره ۱)



شکل ۴- شمارش کل به ازای چگالی مختلف چوب‌ها(چیدمان شماره ۲)



شکل ۵- : شمارش کل به ازای چگالی مختلف چوب‌ها (چیدمان شماره ۳)

#### ۴- نتیجه گیری

شمارش گامای عبوری به ازای قرارگیری هر یک از این چوب‌ها در برابر چشمه گاما در سه هندسه بدست آمد. با توجه به نتایج، به علت افزایش زمان شمارش، دقت اندازه‌گیری بهتر شد و می‌توان چوب‌های ذکر شده را با اختلاف چگالی در حدود  $0.01 \text{ g/cm}^3$  و با خطای حدود  $1/98\%$  از یکدیگر تشخیص داد. در این حالت با انجام یک شمارش با احتمال بالاتر از  $99\%$  ( $2/58 \sigma$ ) می‌توان گفت که نتیجه اندازه‌گیری شده مربوط به کدام چوب است. در هندسه شماره ۱ شمارش برای ۱۰ ثانیه ثبت شد، در هندسه شماره ۲ برای همان زمان شمارش، اما هندسه دیگر کاهش خطا مشهود بود، تا این‌که در هندسه شماره ۳ با تغییر زمان شمارش به ۵۰ ثانیه و تغییر فواصل دهانه محفظه آشکارساز و چشمه از یکدیگر و هم‌چنین فاصله سطح آشکار از پنجره ورودی محفظه آن، دقت تفکیک چوب‌ها با اختلاف چگالی  $0.01$  درصد به  $99\%$  رسید.

#### مراجع

- [۱].Liptak,B.G.Instrument Engineers' Handbook-Process Measurment And Analysis, 4th Edition ,CRC Press, .(۲۰۰۳)
- [۲].Foldiak, G.Industrial Application of Radioisotops ,Academy Kiado Publishing,Budapest. (۱۹۸۶)
- [۳].www.princoinstruments.com.Princo Instruments Inc.
- [۴].Johansen ,G. A. and Jackson , P .Radioisotope Gauges for Industrial Process Measurments, john Wiley & Sons, West Sussex, England.(۲۰۰۴).
- [۵] TECHNICAL DATA ON NUCLEONIC GAUGES IAEA, VIENNA, ۲۰۰۵.
- [۶].Abro,E.,Johansen,G.A.and opedal ,H'A radiation transport model As a design tool for gamma densitometer ' ,nucl.d Meth,A ۴۳۱,pp.۳۴۷-۳۵۵.(۱۹۹۵).