

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

۱۴۴۲ھ - ۲۰۲۰م



دانشکده فیزیک

گروه فیزیک هسته‌ای

پایان‌نامه

برای دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته فیزیک

عنوان:

کالیبراسیون انرژی ستیلاتور پلاستیک برای الکترون‌ها و اشعه  $\beta$  با  
استفاده از پراکندگی کامپتون فوتون‌های  $\gamma$

استاد راهنما:

دکتر صالح اشرفی

استاد مشاور:

مهندس حمید نقش آرا

پژوهشگر:

مریم قهرمانی گل

۱۳۸۹ / ۸ / ۲

گروه فیزیک هسته‌ای  
دانشکده فیزیک

شهریور ۱۳۸۹

۱۴۴۲۱۹

نام: مریم

نام خانوادگی: قهرمانی گل

عنوان: کالیبراسیون انرژی ستیلاتور پلاستیک برای الکترون‌ها و اشعه  $\beta$  با استفاده از پراکندگی کامپتون فوتون‌های  $\gamma$

استاد راهنما: دکتر صالح اشرفی

استاد مشاور: مهندس حمید نقش آرا

مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد

رشته: فیزیک

گرایش: هسته‌ای

دانشگاه: تبریز

دانشکده: فیزیک

تاریخ فارغ التحصیلی: ۱۳۸۹/۶/۲۸

تعداد صفحات: ۱۱۳

کلمات کلیدی: شبیه‌سازی مونت کارلو، ستیلاتور پلاستیک، کالیبراسیون آشکارساز، پراکندگی کامپتون، برازش  $\chi^2$

#### چکیده:

در این پژوهش روشی برای کالیبراسیون انرژی سوسوزن پلاستیک (AT1315) با استفاده از الکترون‌های پراکندگی کامپتون ارائه شده است. علت انتخاب فوتون‌های  $\gamma$  برای این منظور این است که باریکه‌های الکترونی تک‌انرژی در محدوده  $0.5 - 3 MeV$  وجود ندارند و الکترون‌های تبدیل داخلی که تک‌انرژی می‌باشند نیز با مشکل کاهش انرژی در پوشش چشمه مواجه هستند. بنابراین سوسوزن مورد نظر را در معرض تابش فوتون‌هایی با انرژی ۵۱۱، ۶۶۲، ۱۱۷۳، ۱۳۳۲ و  $1275 keV$  قرارداد و طیف گامای آن‌ها را اندازه‌گیری می‌کنیم. در این پژوهش به منظور بررسی غیریکنواخت بودن پاسخ سوسوزن، پاسخ ستیلاتور به باریکه  $\beta$  موازی شده، اندازه‌گیری شد و با مقایسه پاسخ در نقاط مختلف روی سطح آن، میزان غیریکنواختی‌ها در تولید و جمع‌آوری نور مرئی تعیین شد. سپس با در نظر گرفتن این غیریکنواختی‌ها، هندسه آشکارساز با استفاده از کد  $MCNP4C$  مدل‌بندی شد و بدین ترتیب توزیع نظری انرژی الکترون‌های کامپتونی پراکنده شده (با استفاده از فرمول کلاین نیشینا) توسط کد  $MCNP4C$  محاسبه شد. برای تطبیق طیف نظری و طیف تجربی، با پیچش گاوسی طیف شبیه‌سازی شده، شمارش‌های هر کانال انرژی را در کانال‌های مجاور پخش نمودیم و همچنین برای ارتباط بین شماره‌های کانال به انرژی الکترون‌های پراکنده شده، یک پارامتر مناسب در طیف تجربی تعریف کردیم. موقعیت‌های لبه کامپتون در طیف تجربی با استفاده از برازش  $\chi^2$  در طیف نظری و طیف تجربی تعیین شد و بدین ترتیب کالیبراسیون انرژی پلاستیک با توجه به محل لبه کامپتون صورت گرفت. روش کالیبراسیون ارائه شده در این پژوهش، مستقل از شکل آشکارساز بوده و قابل تعمیم به آشکارسازهای پلاستیک در اشکال و ابعاد مختلف و نیز سوسوزن‌های مایع می‌باشد و به دلیل در دسترس بودن فوتون‌های  $\gamma$ ، این روش کالیبراسیون برای تمام محققان امکان‌پذیر می‌باشد.

تقدیم ہے:

پدر و مادر عزیزم

دو مہمت آسمانی و ستارگان بی غروب زندگیم

کہ نوازش مہربان نگاہشان بدرقہ راہم بود

و چشمان نگرانشان، دل واپس می‌ام

و قلب با سخاوتشان، آسمانی از مہربانی بہ من ارزانی داشت.

و تقدیم بہ عزیزانم:

خواہرم نسیم و برادرانم

کہ تمامی زیبایی زندگیم بہ خاطر وجود آنهاست و مریبون محبت های بی دینشان، ہستم.

پاس یکران پروردگار بزرگ را که قلم به دستان لرزان این کمترین بنده خود به ودیعت نهاد و فرصت و توان دانش اندوزی عطا کرد تا گامی هر چند کوچک در مسیر علم، این میراث ارزشمند بشری برود.

اکنون که در سایه الطاف و عنایت یکران الهی موفق به نگارش این پیمان نامه شده ام، بر خود لازم می دانم از همه بزرگوارانی که مراد این راه یاری نموده اند، شکر و قدردانی بنمایم.

از جناب آقای دکتر صلاح اشرفی، استاد فرزانه و ارجمندم که ساگر دی ایشان افتخاری بزرگ برای اینجانب بوده و در تمام مراحل انجام این پروژه از راهنمایی های ارزشمند ایشان بهره مند شدم، شکر و قدردانی می نمایم و به پاس تمام لطف های بی پایان ایشان از خداوند متعال سعادت و موفقیت روز افزونشان را خواهانم. از جناب آقای دکتر بهروز صلاح پور که داور این پیمان نامه را بر عهده داشتند، میبایست سپاسگزارم. همچنین از جناب آقایان دکتر احتیاجی، جابنجش و دکتر احد عزتی به دلیل راهنمایی ها و مشاوره های ارزشمندشان در طول این پروژه، میبایست شکر و قدردانی می نمایم.

همچنین لازم می دانم خالصانه ترین و سبزه ترین پاس خود را تقدیر و ماد بزرگوارم سازم که وجود مقدسشان همیشه یار و دگر می و آرا بخشن روح و روانم بوده است و برادران و خواهر عزیزم که همواره شرمسار محبت ایشان، هستم.

از دوستان عزیز و مهربانم، خانم باستان، شهناز، نجلی، مینا و فابی، و همه دوستان و همکلاسی های عزیزم که دوره دانشجویی را در جمع میبایستشان سپری کردم و بهترین خاطرات زندگی ام را در این سال ها رقم زدن کمال شکر را دارم.

## فهرست مطالب

### فصل اول: بررسی منابع

۱-۱	مقدمه	۲
۲-۱	معرفی سوسوزنها	۳
۱-۲-۱	سوسوزن های غیرآلی یا بلوری	۴
۲-۲-۱	سوسوزن های گازی	۴
۳-۲-۱	سوسوزن های آلی	۵
۳-۱	تقسیم بندی کلی سوسوزنهای آلی	۶
۱-۳-۱	سوسوزنهای آلی خالص	۶
۲-۳-۱	سوسوزنهای آلی آبگون	۷
۳-۳-۱	سوسوزنهای پلاستیک	۷
۴-۳-۱	بررسی مکانیسم سوسوزنی در مواد آلی	۸
۴-۱	اهمیت کالیبراسیون آشکار ساز سوسوزن پلاستیک	۱۰
۵-۱	پاسخ آشکار ساز سوسوزن پلاستیک به پرتوهای $\gamma$	۱۱
۱-۵-۱	اثر فوتوالکتریک	۱۱
۲-۵-۱	اثر تولید زوج	۱۳
۳-۵-۱	اثر کامپتون	۱۴
۴-۵-۱	مقایسه سهم هریک از این برهم کنشها، در دو سستیلاتور پلاستیک و $\text{NaI(Tl)}$	۱۸

- ۶-۱ روش مونت کارلو..... ۲۰
- ۱-۶-۱ روش مونت کارلو چیست ..... ۲۰
- ۱-۶-۲ چند مثال ..... ۲۱

## فصل دوم: مواد و روش‌ها

- ۱-۲ اسپکترومتر گاما-بتا (AT1315) ..... ۳۰
- ۱-۱-۲ ساختمان اسپکترومتر گاما-بتا (AT1315) ..... ۳۱
- ۲-۱-۲ مشخصات فنی اسپکترومتر ..... ۳۳
- ۳-۱-۲ بکارگیری عملی اسپکترومتر ..... ۴۱
- ۴-۱-۲ توصیف اجزای اسپکترومتر ..... ۴۲
- ۱-۴-۱-۲ واحد آشکارسازی **Detection unit** ..... ۴۲
- ۲-۴-۱-۲ واحد پردازش داده‌ها ..... ۴۵
- ۳-۴-۱-۲ واحد **HV** ..... ۴۶
- ۵-۱-۲ آماده‌سازی اسپکترومتر برای استفاده ..... ۴۶
- ۱-۵-۱-۲ روشن کردن اسپکترومتر ..... ۴۶
- ۲-۵-۱-۲ کنترل اولیه پارامترهای دستگاه ..... ۴۸
- ۳-۵-۱-۲ تنظیم اسپکترومتر ..... ۵۰
- ۴-۵-۱-۲ زمینه ..... ۵۱
- ۲-۲ کد **MCNP** ..... ۵۳
- ۱-۲-۲ تخمین خطای روش مونت کارلو در کد **MCNP** ..... ۵۵
- ۲-۲-۲ چگونگی بکارگیری کد **MCNP** ..... ۵۶
- ۳-۲-۲ سطح مقطع‌ها و داده‌های هسته‌ای در **MCNP** ..... ۵۷
- ۴-۲-۲ چگونگی تعریف هندسه در **MCNP** ..... ۵۸

۶۰	..... ۵-۲-۲ کارتهای اطلاعات
۶۰	..... ۶-۲-۲ معرفی خروجی
۶۲	..... ۷-۲-۲ چگونگی تعریف چشمه در MCNP
۶۹	..... ۸-۲-۲ دستور خاتمه دهنده ی مسئله

## فصل سوم: نتایج و بحث

۷۹	..... شبیه سازی
۷۹	..... ۱-۳ طراحی هندسه آشکارساز
۸۰	..... ۲-۳ شبیه سازی ذرات و فرآیندها
۸۱	..... ۲-۲-۳ معرفی چشمه
۸۳	..... ۳-۲-۳ معرفی نوع مسئله (الکترون نوترون، فوتون)
۸۳	..... ۴-۲-۳ تعیین خروجی خواسته شده از کد
۸۴	..... ۳-۳ چگونگی بدست آوردن پاسخ آشکارسازها در شبیه سازی توسط کد MCNP4C
۸۴	..... ۱-۳-۳ بررسی غیریکنواخت بودن پاسخ سوسوزن
۸۸	..... ۴-۳ پاسخ سوسوزن پلاستیک برای چشمه های رادیو اکتیو $^{137}\text{Cs}$ و $^{60}\text{Co}$
۹۱	..... ۱-۴-۳ اندازه گیری
۹۱	..... ۲-۴-۳ تاثیر فاصله چشمه از آشکارساز
۹۴	..... ۵-۳ تطابق طیف تجربی و شبیه سازی
۹۵	..... ۱-۵-۳ فاکتور پخش کنندگی
۹۷	..... ۱-۱-۵-۳ پیچش
۱۰۱	..... ۲-۵-۳ فاکتور مقیاس بندی
۱۰۱	..... ۳-۵-۳ انتخاب بهترین فاکتور مقیاس بندی و فاکتور پخش کنندگی
۱۰۴	..... ۶-۳ کالیبراسیون انرژی آشکارساز پلاستیک



## فهرست شکل‌ها

- شکل (۱-۱) ترازهای انرژی الکترونی  $\pi$  ..... ۱۰
- شکل (۲-۱) پدیده فوتوالکتریک ..... ۱۳
- شکل (۳-۱) اثر تولید زوج ..... ۱۵
- شکل (۴-۱) پدیده پراکندگی کامپتون ..... ۱۶
- شکل (۵-۱) مقایسه سهم اندرکنش های فوتونی در دو سستیلاتور ..... ۲۲
- شکل (۶-۱) منحنی  $P(x)$  بر حسب  $x$  ..... ۲۴
- شکل (۷-۱) شبیه سازی با پرتاب ۵۰۰ سوزن برای تعیین ..... ۲۵
- شکل (۹-۱) محدودیت اینکه هر مکان را تنها یک نفر می تواند اشغال کند هرچند حل ریاضی را مشکل می کند ولی شبیه سازی به روش مونت کارلو را ساده میکند ..... ۲۶
- شکل (۱۰-۱) نقش روش مونت کارلو در علوم کاربردی ..... ۲۹
- شکل (۱-۲) اسپکترومتر AT1315 ..... ۳۱
- شکل (۲-۲) ۱-GDU، ۲-کابل GDU ..... ۳۲
- شکل (۳-۲) جزئیات ۱-GDU آشکارساز ۲-case فوتومولتی پلی یر ۴-تقسیم کننده ولتاژ ۵-آمپلی فایر ۶-شماره سریال ۷- پایانه زمین ..... ۳۲
- شکل (۴-۲) جزئیات ۱-BDU فیلم پستی ۲-آشکارساز ۳-فوتومولتی پلی یر ۴-case ۵-تقسیم کننده ولتاژ ۶-آمپلی فایر ۷-شماره سریال ۸-پایانه زمین ..... ۳۳
- شکل (۵-۲) طیف چشمه  $^{137}\text{Cs}$  ..... ۳۹
- شکل (۶-۲) بلوک دیاگرام اسپکترومتر ..... ۴۳

۴۴	..... شکل ۲-۷) بلوک دیاگرام GDU
۴۵	..... شکل ۲-۸) بلوک دیاگرام BDU
۴۶	..... شکل ۲-۹) بلوک دیاگرام DPU
۴۹	..... شکل ۲-۱۰) اعمال ولتاژ
۴۹	..... شکل ۲-۱۱) ۱-محل قرارگیری چشمه ۲-نگهدارنده ۳-DU
۵۰	..... شکل ۲-۱۲) عمل بازیابی
۵۱	..... شکل ۲-۱۳) تراشه 468133XXX
۵۳	..... شکل ۲-۱۴) طیف زمینه
۵۴	..... شکل ۲-۱۵) کنترل زمینه
۸۱	..... شکل ۳-۲) طرح واپاشی برای $^{137}\text{Cs}$
۸۴	..... شکل ۳-۱) ۱-آمپلی فایر ۲-تقسیم کننده ولتاژ ۳-فوتومولتی پلیر ۴-آشکارساز ۵-کلیما تورسری ۶-چشمه نقطه ای ۷-موقعیتهای مختلف چشمه در مقابل دتکتور
۸۵	..... شکل ۳-۴) نمایش توزیع غیریکنواخت نور خروجی در سرتاسر آشکارساز
۸۶	..... شکل ۳-۵) پاسخ شبیه سازی برای چشمه $^{60}\text{Co}$
۸۹	..... شکل ۳-۷) پاسخ آنتراسین در برابر چشمه $^{57}\text{Co}$ و $^{241}\text{Am}$ و $^{109}\text{Cd}$
۹۰	..... شکل ۳-۸) پاسخ آنتراسین در برابر چشمه $^{137}\text{Cs}$ و $^{22}\text{Na}$
۹۱	..... شکل ۳-۹) شکل طیف تجربی $^{137}\text{Cs}$ برای دو فاصله مختلف چشمه از آشکارساز
۹۲	..... شکل ۳-۱۰) شکل طیف تجربی $^{60}\text{Co}$ برای دو فاصله مختلف چشمه از آشکارساز
۹۴	..... شکل ۳-۱۱) مقایسه بین طیف تجربی و شبیه سازی شده مربوط به چشمه $^{60}\text{Co}$
۹۶	..... شکل ۳-۱۳) FWHM
۹۸	..... شکل ۳-۱۴) یک تابع مربعی که با یک توزیع گاوسی پیچیده شده است
۱۰۰	..... شکل ۳-۱۵) مقایسه طیف پس از پیچش با طیف تجربی
۱۰۴	..... شکل ۳-۱۶) مقادیر $\chi^2$ برای طیف گاماهاى $^{137}\text{Cs}$

شکل ۳-۱۷) مقادیر  $X^2$  برای طیف گاماهاى  $^{60}\text{Co}$  ..... ۱۰۴

شکل ۳-۱۸) مقایسه طیف تجربی و طیف شبیه سازی شده پس از اعمال پارامترهای مناسب برای  $^{60}\text{Co}$  ..... ۱۰۵

شکل ۳-۱۹) نمودار کالیبراسیون انرژی آشکارساز پلاستیک ..... ۱۰۶

## فهرست جدول ها

- جدول (۱-۲) مشخصه های اسمی تبدیل کانال به انرژی برای گاما ..... ۳۴
- جدول (۲-۲) مشخصه های اسمی تبدیل کانال به انرژی برای بتا ..... ۳۴
- جدول (۳-۲) راندمان آشکارساز گاما محدوده 50KeV تا 3000KeV برای چشمه های نقطه ای ..... ۳۵
- جدول (۴-۲) سطح زمینه خود اسپکترومتر ..... ۳۶
- جدول (۵-۲) راندمان آشکارساز گاما در محدوده 50KeV تا 3000KeV برای چشمه های حجمی ..... ۳۷
- جدول (۶-۲) محدوده اندازه گیری اکتیویته حجمی و اکتیویته ویژه ..... ۴۰
- جدول (۷-۲) حساسیت اسپکترومتر ..... ۴۱
- جدول (۱-۳) مواد بکار برده شده در شبیه سازی ..... ۸۰
- جدول (۲-۳) چشمه های رادیواکتیو و انرژی گاما ..... ۸۸

# فصل اول

## بررسی منابع

## ۱-۱ مقدمه

امروزه سنتیلاتورهای<sup>۱</sup> پلاستیک به عنوان آشکارسازهای پرتو $\beta$  بطور وسیعی بکار برده می‌شوند. ضرورت انجام کالیبراسیون در این است که امروزه تقاضا برای سوسوزن‌های پلاستیک به عنوان آشکارسازهای پرتو $\beta$  افزایش یافته‌است و بنابراین کالیبراسیون سوسوزن‌های پلاستیک برای طیف سنجی ذرات $\beta$  به عنوان آشکار ساز $\beta$  لازم است. با این حال کالیبراسیون انرژی آشکارسازهای $\beta$  با یک سری مسائل اساسی مواجه است. از جمله اینکه باریکه‌های الکترونی تک‌انرژی در محدوده  $0.5 - 2 MeV$  وجود ندارند. هرچند الکترون‌های تبدیل داخلی تک‌انرژی می‌باشند، ولی آن‌ها نیز با مشکل کاهش انرژی در پوشش چشمه مواجه هستند و شدت پرتوی این الکترون‌ها در مقایسه با پرتو $\gamma$  پایین است. کالیبراسیون سوسوزن‌های پلاستیک از طریق مقایسه توزیع نظری الکترون‌ها با طیف تجربی حاصل می‌شود. در این پروژه سعی کردیم که پس از بدست آوردن توزیع نظری انرژی الکترون‌های کامپتونی پراکنده‌شده (با استفاده از فرمول کلاین نیشینا<sup>۲</sup>) و نیز توزیع انرژی اندازه‌گیری شده (که با قرارگیری چشمه‌های نقطه‌ای مناسب در مقابل سنتیلاتور بدست می‌آید)، با استفاده از مدل‌های آماری مناسب بتوانیم این دو توزیع نظری و تجربی را برهم منطبق نماییم و کالیبراسیون سنتیلاتور پلاستیک را به انجام برسانیم.

---

<sup>۱</sup> scintillator<sup>۲</sup> Klein-Nishina

## ۲-۱ معرفی سوسوزن‌ها

آشکار سازی پرتوهای یونساز، بوسیله سوسوزنی نوری توسط مواد خاص یکی از قدیمی ترین روش- های بکار رفته می‌باشد. سوسوزن‌ها که به صورت موادی جامد، مایع، گاز هستند وقتی تابش یوننده وارد آن‌ها می‌شود، تولید جرقه‌ی نوری می‌کنند. در یک بلور جسم جامد، برهم‌کنش ذره باردار پرنرژی با الکترون های مداری باعث کنده‌شدن آن‌ها می‌شود. الکترون کنده‌شده وقتی در مدار الکترونی فاقد الکترون، می‌افتد، نور گسیل می‌کند. اگر بلور به این نور شفاف باشد، عبور ذره باردار حامل انرژی با سیتیلیاسیون یا سوسوزنی نور گسیل شده از بلور علامت داده می‌شود که این علامت نوری توسط اثر فوتوالکتریک به یک تپ الکتریکی تبدیل می‌شود.

به طور کلی کار یک آشکار ساز سوسوزن رامی توان به دو مرحله تقسیم کرد:

۱) جذب انرژی تابش فرودی بوسیله بلور سوسوزن و تولید فوتون هایی در بخش مرئی (۲) تولید الکترون- های فوتوالکتریک بوسیله صفحه حساس در اثر تابش فوتونی و تقویت نور بوسیله تکثیر کننده فوتونی و تولید پالس خروجی.

در مورد خواص اصلی سوسوزن‌ها میتوان به موارد زیر اشاره کرد که اکثر سوسوزنهای مورد استفاده امروزی به طور نسبی این خواص را باید داشته باشند:

۱- توان تبدیل انرژی جنبشی ذرات باردار به نور قابل آشکارسازی

۲- خطی بودن تولید نور نسبت به انرژی جذب‌شده در ماده سوسوزن در یک گستره وسیعی از انرژی‌ها

۳- زمان واپاشی سریع حالت‌های برانگیخته برای ایجاد پالس‌های سریع

۴- کیفیت اپتیکی مناسب و همچنین قابل تولید در سایزهای مورد نظر آشکارسازها

۵- شفاف بودن ماده سوسوزن نسبت به طول موج تولیدشده توسط خود سوسوزن به منظور جمع آوری

مناسب نور

۶- ضریب شکست نزدیک به شیشه برای قابلیت جفت شدن نور سوسوزنی به فوتومولتی پلیمر

به طور کلی سوسوزنها به سه دسته تقسیم بندی می‌شوند: (۱) سوسوزن های غیرآلی یا بلوری (۲) سوسوزن

های آلی (۳) سوسوزن های گازی [۱].

### ۱-۲-۱ سوسوزن های غیرآلی یا بلوری

بیشتر سوسوزن های غیرآلی یا بلوری، بلورهای آلیاژ فلزات قلیایی هستند، به خصوص یدورهای قلیایی

که مقدار کمی از یک ناخالصی را دربر دارند. ترکیبات  $\text{LiI}(\text{Eu})$ ,  $\text{CaI}(\text{Na})$ ,  $\text{CsI}(\text{Tl})$ ,  $\text{NaI}(\text{Tl})$  از این

مقوله‌اند. عنصر داخل پرانتز، همان ناخالصی یا فعالساز است.

### ۱-۲-۲ سوسوزن های گازی

این سوسوزنها مخلوط‌هایی از گازهای بی اثر هستند. چون نور گسیل شده توسط این گازها در ناحیه

فرابنفش است گازهای دیگری مثل ازت به آن می‌افزایند تا به صورت جابجا گر طول موج عمل کند. این

سوسوزن‌ها دارای زمان واپاشی خیلی سریع بوده در عوض دارای بازده نور کمی هستند. از طرفی مقدار نور

خروجی آنها به ازای واحد انرژی ذخیره‌شده در آشکارساز بستگی بسیار کمی به بار و جرم ذره ای که

آشکار می‌شود، دارد. از این رو از این مواد بیشتر در اندازه گیری ذرات باردار سنگین مثل ذرات آلفا، پاره-

های شکافت و سایر یون‌های سنگین استفاده می‌شود.



## ۱-۲-۳ سوسوزن های آلی

مواد سوسوزن آلی با بازده بالا در رده ترکیبات معطر قراردارند. این مواد از مولکول های مسطحی ساخته شده اند که از حلقه های بنزنی تشکیل شده اند. تولوئین و آنتراسین دو نمونه از این ترکیبات هستند. این سوسوزن ها از در آمیختن ترکیبات مناسب با هم درست می شوند و بسته به ترکیبات موجود در آمیخته به صورت یکتایی، دوتایی، سه تایی و جز اینها رده بندی می شوند. ماده با بالاترین غلظت را حلال و بقیه را محلول می نامند. یک سوسوزن دوتایی، از یک حلال و یک محلول ساخته می شود، در صورتیکه یک سوسوزن سه تایی از یک حلال و یک محلول اولیه و یک محلول ثانویه تشکیل می شود. سوسوزن های آلی طیف وسیعی از کاربردهای آشکارسازی را شامل می شوند. از زمان معرفی شدن نفتالین در سال ۱۹۴۷ به عنوان سوسوزن، مواد دیگری با بازده نور بالامثل آنتراسین و استیلبن، محلولهای کریستالی مثل آنتراسین در نفتالین و محلولهای پلاستیک وارد این عرصه شده اند.

تقسیم بندی سوسوزن های آلی بر اساس تعداد اجزاء تشکیل دهنده آنها:

اجزاء اصلی یک ترکیب سوسوزن آلی:

۱-حلال: که انرژی برجای مانده از پرتو یونساز فرودی به طور ذاتی در این قسمت جذب می شود.

۲-ماده حل شونده: که تابش سوسوزنی نهائی از طریق یک گذار موثر انرژی برانگیختگی از این قسمت

ناشی می شود.

بر این اساس می توان سوسوزن های آلی را به صورت زیر تقسیم بندی کرد [۲].

۱- تکتائی (unitary)

۲- دوتائی (binary)

۳- سه تائی (ternary)

### ۳-۱ تقسیم بندی کلی سوسوزن‌های آلی

در یک تقسیم بندی کلی می توان سوسوزن‌ها آلی را به صورت زیر بیان کرد.

#### ۱-۳-۱ سوسوزن‌های آلی خالص

تنها دو ماده به شهرت و مقبولیت کاملا گسترده ای به عنوان سوسوزن‌های آلی خالص کریستالی رسیده اند. آنتراسین یکی از قدیمی‌ترین مواد به کار رفته برای اهداف سوسوزنی و دارای بیشترین بازده تولید نور در بین هر سوسوزن آلی می باشد. استیلبن دارای بازده سوسوزنی کمتر است ولی هنگامی که به منظور کاربرد در روش تمایز پالس‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد دارای استفاده بیشتر است (برای تمایز بین سوسوزنی حاصل از سایر ذرات باردار و الکترونها). هر دو این مواد ترد و شکننده هستند و تولید آن‌ها در ابعاد بزرگتر مشکل می‌باشد. همچنین بازده سوسوزنی آن‌ها وابسته به جهت عبور ذره نسبت به محورهای کریستالی بوده و می تواند وضوح انرژی را تا حدود ۳۰٪-۲۰٪ تغییر دهد.

#### ۱-۳-۲ سوسوزن‌های آلی آبگون

یک گروه مهم از سوسوزن‌های آلی بوسیله حل کردن یک سوسوزن آلی در یک محلول مناسب بدست می‌آیند.

سوسوزن‌های مایع در ظرف‌های شیشه‌ای و در حالتی شبیه به سوسوزن‌های جامد نگهداری می‌شوند. کاربرد آن‌ها در آشکارسازهایی با حجم زیاد (ابعاد تا حدود چند متر) است. در اینگونه موارد تنها انتخاب عملی ممکن سوسوزن‌های مایع هستند. در بسیاری از مایع‌ها وجود اکسیژن حل شده می‌تواند باعث فرایند کورینچینگ قوی و کاهش بازده نور تولیدی بشود. پس لازم است که محیط حاوی این مایع‌ها سر بسته و خالی از اکسیژن بشوند. همچنین به خاطر آسیب‌های ناشی از تشعشعات در کریستال‌های جامد و سوسوزن‌های پلاستیک، سوسوزن‌های مایع به خاطر مقاومت بیشتر به علت نداشتن ساختار جامد مورد توجه قرار گرفته‌اند. همچنین از این سوسوزن‌ها میتوان در شمارش مواد رادیواکتیو قابل حل در قسمتی از محلول استفاده کرد در این مورد تمامی پرتوهای تابش شده بوسیله منبع سریعاً از سوسوزن عبور می‌کنند و بازده در این حالت می‌تواند در حدود ۱۰۰٪ باشد.

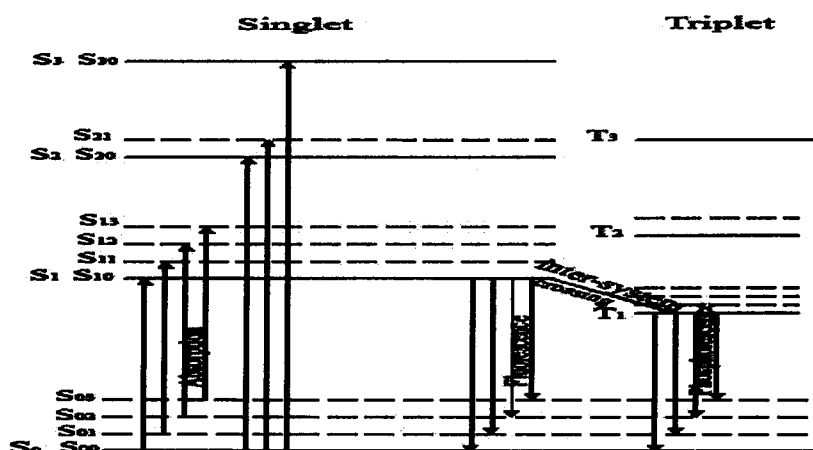
### ۳-۳-۱ سوسوزن‌های پلاستیک

اگر یک سوسوزن آلی در یک حلال حل شده باشد و بتواند به پلیمر تبدیل شود، می‌توانیم محلول‌های جامد داشته باشیم و در واقع سوسوزن‌های پلاستیک را می‌توان به صورت محلول‌های جامدی از سوسوزن‌های آلی تلقی کرد. یک مثال ساده، حلال تشکیل‌شده از مونومر استیرن که در مقدار مناسبی از یک سوسوزن آلی حل شده است، می‌باشد. سپس این محلول پلیمر شده و به صورت یک پلاستیک جامد در می‌آید. دیگر محلول‌های مورد استفاده می‌تواند پلی وینیل تولوئن، پلی متایل متاسریلیت باشند. از متداولترین حلال‌ها نیز می‌توان به پولیستیرن و پولی وینیل تولوین اشاره کرد. خواص این سوسوزن‌ها شبیه سوسوزن‌های آبگون است اما در مقایسه با سوسوزن‌های آبگون دارای این برتری هستند که نیازی به ظرف ندارند. این سوسوزن

ها در مقابل آب، هوا و بسیاری از مواد شیمیایی بی‌اثرند و به همین دلیل می‌توان آن‌ها را در تماس مستقیم با نمونه پرتوزا مورد استفاده قرار داد. چگالی سوسوزن‌های پلاستیکی تقریباً برابر  $10^3 \text{ kg/m}^3$  و مقدار نور خروجی آن‌ها کمتر از آنتراسین است. زمان واپاشی این سوسوزن‌ها کوتاه و طول موج همخوان با شدت بیشینه طیف گسیلی‌اشان بین  $350 \text{ nm}$  و  $400 \text{ nm}$  است. همچنین سوسوزن‌های پلاستیک را می‌توان تقریباً به هر شکل دلخواهی، از تارهای نازک گرفته تا صفحات نازک درآورد. سوسوزن‌های پلاستیک به دلیل شکل دهی و تولید آسان و به علت قیمت پایین، کاربرد وسیعی پیدا کرده‌اند [۱].

### ۴-۳-۱ بررسی مکانیسم سوسوزنی در مواد آلی

در ابتدایک سوسوزن تک کریستال خالص تشکیل شده از ترکیب  $\pi$  (تکتایی) را در نظر بگیریم. به خاطر انرژی بین مولکولی ضعیف در چنین کریستال‌هایی، کریستال می‌تواند به عنوان یک سیستمی که علیرغم جهت‌گیری خاص مولکول‌هایش، سلول‌های آن برهم‌کنشی با یکدیگر ندارند تقریب زده شود. ترازهای انرژی الکترونی  $\pi$  برای یک چنین الکترونی در شکل ۱-۱ نمایش داده شده است.



شکل ۱-۱) ترازهای انرژی الکترونی  $\pi$  [۱]