

لَا إِلَهَ إِلَّا اللَّهُ مُحَمَّدٌ عَبْدُهُ وَرَسُولُهُ



دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

دانشکده فیزیک

پایان نامه برای دریافت درجهی کارشناسی ارشد

فیزیک هسته‌ای کاربردی

عنوان:

بهینه‌سازی مجموعه‌ی شکل‌دهنده طیف حاصل از چشمه  ${}^7\text{Li}(p,n){}^7\text{Be}$  جهت

استفاده در BNCT

دانشجو:

زهرا احمدی گنجه

استاد راهنما:

دکتر سید فرهاد مسعودی

آذر ۱۳۹۲

تقدیم به:

دو مهربان که مهرشان را بدون هیچ خواسته‌ای به من ارزانی داشتند. تقدیم به کسانی که اولین وارثان زندگی و مهر و رسیدن را به من آموختند و سایه محبتشان، گرمای حضور و صفای نگاهشان مرا از دیروز به امروز رساند. دیروزی که دست‌انجم در دستن پر مهرشان بود و امروز که آرامشم در گرو دعایشان است. پدر و مادر عزیزم، چیزی برای تقدیم کردن به وجود شما دو عزیز ندارم، جز اینکه بگویم عصاره سال‌ها تلاش شما برای رسیدن من به مدارج تحصیلی بالا، به قلم ناچیزم تقدیم به شما.

پایدار و جاویدان بمانید

حمد و سپاس بیکران، خداوندی را که یاریم گردانید تا به از کستره بی انتهای لطفش، گذرا از مرحله ای دیگر از  
زندگیم را تجربه نمایم.

از استاد بزرگوارم

جناب آقای دکتر مسعودی که در کمال سعه صدر، با حسن خلق و فروتنی، از هیچ کجی در این عرصه بر من دریغ ننمودند  
و زحمات راهمانی این پایان نامه را بر عهده گرفتند کمال تشکر و قدردانی را دارم.

از خانواده عزیزم

سپاسگزارم که همواره مایه آرامش و دلگرمی من بوده اند و برای همه ایشان از خداوند متعال سلامت و سعادت را  
خواستارم.

## چکیده

BNCT یک روش پرتودرمانی دومرحله‌ای است. ابتدا ماده‌ی حامل بور به بدن بیمار تزریق شده، سپس بیمار تحت تابش نوترون‌های گرمایی یا فوق‌گرمایی قرار می‌گیرد. امروزه راکتورها تنها منابعی هستند که قادر به تولید شار نوترون کافی برای درمان‌های بالینی BNCT هستند. از طرفی مشکلاتی مربوط به این چشمه‌های تولید نوترون وجود دارد. برای غلبه بر مشکلات مربوط به آن‌ها، محققان استفاده از شتابدهنده‌ها را به عنوان منبع مناسب واکنش‌های هسته‌ای پیشنهاد داده‌اند. به عنوان یکی از معمول‌ترین واکنش‌های از این نوع، واکنش  ${}^7\text{Li}(p,n){}^7\text{Be}$  است که دارای مزیت‌هایی از جمله کم‌انرژی بودن نوترون‌های تولیدی از این واکنش است که به ما اجازه می‌دهد از کندکننده کمتری استفاده کنیم. همچنین بازده نوترون تولیدی از این چشمه نیز بالاست. علیرغم این مزیت‌ها، از مشکلات اساسی این چشمه نقطه ذوب پایین لیتیم ( $180^\circ\text{C}$ ) و هدایت حرارتی کم ( $84\text{W/m}^\circ\text{K}$ ) آن است. پروژه حاضر شامل سه مرحله است:

اولین گام طراحی و بهینه‌سازی چشمه نوترون مبتنی بر واکنش ذکر شده با تابش پروتون  $2/5\text{MeV}$  و جریان  $20\text{mA}$  بر روی هدف لیتیم است. در این مرحله، ضخامت لیتیم بهینه‌سازی شده است و همچنین خنک‌کننده نیز تعیین شده است. جهت کاهش قله شار حرارتی روی هدف، اسکن باریکه پروتونی به منظور افزایش منطقه تابش باریکه پروتونی روی هدف در نظر گرفته شده و دمای لیتیم نیز محاسبه شده است. طراحی و بهینه کردن یک مجموعه‌ی شکل‌دهنده‌ی طیف مبتنی بر استفاده از هندسه و مواد مناسب در مرحله‌ی دوم انجام گرفته است. شار نوترون فوق‌گرمایی برای این ساختار محاسبه شده و آلودگی‌های ناشی از نوترون و گاما تا جای ممکن کاهش یافته است. در گام آخر فانتوم اسنایدر شبیه‌سازی شده، جهت محاسبه دوز توزیع شده در تومور و بافت سالم سر استفاده شده است. کد مونت کارلوی MCNPX برای شبیه‌سازی‌ها و محاسبات ارائه شده مورد استفاده قرار گرفته است.

## فهرست مطالب

صفحه

عنوان

### فصل اول: روش‌های درمان تومورهای مغزی

۲	..... (۱-۱) مقدمه
۲	..... (۲-۱) ساختار بیرونی مغز
۳	..... (۳-۱) ساختمان مغز
۳	..... (۱-۳-۱) مخ
۴	..... (۲-۳-۱) مخچه
۴	..... (۳-۳-۱) ساقه‌ی مغز
۴	..... (۴-۱) تومور مغزی
۵	..... (۱-۴-۱) درجه بندی تومور
۶	..... (۵-۱) روش‌های درمان تومورهای مغزی
۶	..... (۱-۵-۱) جراحی
۷	..... (۲-۵-۱) شیمی‌درمانی
۷	..... (۳-۳-۱) پرتودرمانی
۹	..... (۶-۱) انواع روش‌های پرتودرمانی
۹	..... (۱-۶-۱) پرتودرمانی خارجی
۱۰	..... (۲-۶-۱) پرتودرمانی با شدت تعدیل یل یافته
۱۰	..... (۳-۶-۱) براکی‌تراپی
۱۱	..... (۴-۶-۱) پرتودرمانی داخلی
۱۱	..... (۵-۶-۱) رادیوایمونوتراپی
۱۲	..... (۶-۶-۱) چاقوی مجازی
۱۲	..... (۷-۱) روش نوترون‌درمانی با بور

- ۱۲ ..... ۱-۷-۱) تاریخچه روش نوترون درمانی با بور
- ۱۳ ..... ۲-۷-۱) حامل‌های بور
- ۱۵ ..... ۳-۷-۱) اصول روش نوترون درمانی با بور
- ۱۸ ..... ۴-۷-۱) جاذب‌های دیگر نوترون

### فصل دوم: بهینه سازی هدف تولید نوترون مبتنی بر واکنش ${}^7\text{Li}(p,n){}^7\text{Be}$

- ۲۰ ..... ۱-۲) چشمه‌های نوترون مورد استفاده در روش نوترون درمانی با بور
- ۲۰ ..... ۱-۱-۲) راکتورهای هسته‌ای
- ۲۱ ..... ۲-۱-۲) چشمه های شکافت خودبه‌خودی
- ۲۲ ..... ۳-۱-۲) همجوشی (گداخت) هسته‌ای
- ۲۴ ..... ۴-۱-۲) شتابدهنده‌ها
- ۲۶ ..... ۲-۲) فرآیند تولید نوترون با استفاده از شتابدهنده پروتون مبتنی بر واکنش  ${}^7\text{Li}(p,n){}^7\text{Be}$
- ۲۶ ..... ۱-۲-۲) معرفی واکنش  ${}^7\text{Li}(p,n){}^7\text{Be}$  جهت تولید نوترون
- ۲۶ ..... ۲-۲-۲) معرفی مواد جایگزین برای فلز لیتیم
- ۲۷ ..... ۳-۲-۲) رفع معایب مربوط به هدف لیتیم
- ۳۱ ..... ۴-۲-۲) لایه‌نشانی فلز لیتیم بر روی زیرلایه
- ۳۲ ..... ۵-۲-۲) انرژی پروتون تابشی
- ۳۳ ..... ۳-۲) بهینه‌سازی‌های هدف لیتیم مبتنی بر واکنش  ${}^7\text{Li}(p,n){}^7\text{Be}$
- ۳۳ ..... ۱-۳-۲) تعیین ضخامت بهینه برای هدف لیتیم جهت تولید نوترون
- ۳۵ ..... ۲-۳-۲) مقایسه بازده نوترون خروجی از هدف لیتیم با سایر ترکیبات آن
- ۳۶ ..... ۳-۳-۲) تعیین شرایط تابش چشمه پروتون
- ۳۹ ..... ۴-۳-۲) انتخاب زیرلایه مناسب برای هدف لیتیم
- ۴۰ ..... ۵-۳-۲) انتخاب مایع خنک‌کننده مناسب
- ۴۱ ..... ۶-۳-۲) محاسبه دمای هدف لیتیم
- ۴۵ ..... ۴-۲) مدل‌سازی نهایی

## فصل سوم: طراحی و بهینه‌سازی مجموعه‌ی شکل‌دهنده‌ی طیف

- ۱-۳) مقدمه‌ای بر طراحی مجموعه‌ی شکل‌دهنده‌ی طیف..... ۴۷
- ۲-۳) طراحی و بهینه‌سازی مجموعه‌ی شکل‌دهنده‌ی طیف..... ۴۹
- ۱-۲-۳) انتخاب کندکننده مناسب..... ۴۹
- ۲-۲-۳) طراحی چشمه نوترونی..... ۵۴
- ۳-۲-۳) انتخاب بازتابنده..... ۵۴
- ۴-۲-۳) فیلتر نوترون‌های گرمایی..... ۵۸
- ۵-۲-۳) انتخاب موازی‌ساز..... ۶۰
- ۶-۲-۳) تعیین شعاع نهایی بازتابنده و موازی‌ساز..... ۶۲
- ۳-۳) طراحی نهایی مجموعه‌ی شکل‌دهنده‌ی طیف..... ۶۳
- ۴-۳) نتایج به‌دست آمده از انتهای BSA با تغییر شرایط تابش چشمه..... ۶۵
- ۵-۳) مقایسه نتایج به‌دست آمده با سایر کارهای انجام شده..... ۶۵
- ۴-۳) مقایسه طیف خروجی از BSA و چند مورد از کارهای انجام شده..... ۶۷

## فصل چهارم: محاسبات دزیمتری با استفاده از فانتوم شبیه‌سازی شده

- ۱-۴) مقدمه..... ۷۳
- ۲-۴) تعریف فانتوم..... ۷۳
- ۳-۴) مؤلفه‌های دوز در روش درمانی BNCT..... ۷۷
- ۱-۳-۴) دوز نوترون‌های گرمایی..... ۷۷
- ۲-۳-۴) دوز نوترون‌های سریع..... ۷۷
- ۳-۳-۴) دوز گاما..... ۷۷
- ۴-۳-۴) دوز بور..... ۷۸
- ۴-۴) روش‌های دزیمتری..... ۷۸
- ۵-۴) اثر زیستی نسبی..... ۷۹



۶-۴	پارامترهای ارزیابی باریکه‌ی نوترون درمانی در فانتوم.....	۸۰
۱-۶-۴	عمق مفید.....	۸۱
۲-۶-۴	آهنگ دوز عمق مفید.....	۸۱
۳-۶-۴	زمان درمان.....	۸۱
۴-۶-۴	نسبت مفید.....	۸۱
۷-۴	نمودارهای دوز و پارامترهای In-phantom برای BSA های طراحی شده.....	۸۲
۱-۷-۴	نتایج دزیمتری برای مجموعه‌ی شکل‌دهنده‌ی طیف با شعاع بازتابنده ۱۸cm.....	۸۲
۲-۷-۴	نتایج دزیمتری برای مجموعه‌ی شکل‌دهنده‌ی طیف با شعاع بازتابنده ۲۰cm.....	۸۳
۸-۴	بررسی اثر مکان تومور بر روی دوز رسیده به فانتوم.....	۸۵
۹-۴	بررسی دوز کل عرضی رسیده به تومور و بافت سالم.....	۸۷
۱-۹-۴	بررسی دوز عرضی رسیده به تومور و بافت سالم برای پیکربندی شکل ۳-۱۳.....	۸۷
۲-۹-۴	بررسی اثر مکان تومور بر روی دوز عرضی رسیده به تومور و بافت سالم.....	۸۸
۱۰-۴	بررسی اثر قرارگیری فانتوم از دهانه‌ی خروجی BSA بر روی دوز دریافتی.....	۸۹
۱۱-۴	بررسی اثر غلظت بور بر روی دوز دریافتی توسط تومور و بافت سالم.....	۹۰
۹۳	نتیجه‌گیری.....	۹۳
۹۵	پیشنهادات جهت ادامه‌ی کار.....	۹۵
۹۶	لیست مقالات.....	۹۶
۹۸	مراجع.....	۹۸

## فهرست شکل‌ها

صفحه

عنوان

### فصل اول: روش‌های درمان تومورهای مغزی

- شکل ۱-۱: ساختار بیرونی مغز ..... ۲
- شکل ۲-۱: ساختمان کلی مغز ..... ۳
- شکل ۳-۱: نمونه‌ای از تومور گلیوبلاستومای مولتی‌فرم ..... ۶
- شکل ۴-۱: نمایی از درمان تومورهای مغزی به روش پرتودرمانی ..... ۹
- شکل ۵-۱: ساختار تشکیل‌دهنده‌ی دو داروی حامل بور ..... ۱۵
- شکل ۶-۱: ساختار تشکیل‌دهنده‌ی نانو داروی حامل بور ..... ۱۵
- شکل ۷-۱: واکنش ایجاد شده در روش BNCT ..... ۱۶
- شکل ۸-۱: نمایی از درمان به روش BNCT ..... ۱۷

### فصل دوم: بهینه‌سازی چشمه تولید نوترون مبتنی بر واکنش ${}^7\text{Li}(p,n){}^7\text{Be}$

- شکل ۱-۲: نمایی از درمان تومورهای مغزی با استفاده از راکتور ..... ۲۰
- شکل ۲-۲: نمونه‌هایی از چشمه‌های شکافت خودبه‌خودی ..... ۲۱
- شکل ۳-۲: نمایی از سیستم درمانی طراحی شده با استفاده از چشمه‌های شکافت خودبه‌خودی ..... ۲۲
- شکل ۴-۲: انجام واکنش به روش D-D ..... ۲۳

- شکل ۲-۵: انجام واکنش به روش D-T ..... ۲۳
- شکل ۲-۶: نمایی از سیستم درمانی تومورهای مغزی با استفاده از شتابدهنده ..... ۲۴
- شکل ۲-۷: استفاده از لیتیم مایع در جهت تولید نوترون ..... ۲۸
- شکل ۲-۸: نمونه‌ای از هدف طراحی شده با زیرلایه تنگستن ..... ۲۹
- شکل ۲-۹: نمونه‌ای از هدف طراحی شده با زیرلایه مس ..... ۲۹
- شکل ۲-۱۰: هدف طراحی شده به شکل مربعی جهت استفاده در BNCT ..... ۲۹
- شکل ۲-۱۱: تغییر شکل لیتیم پس از قرار گیری در معرض هوا ..... ۳۰
- شکل ۲-۱۲: دستگاه مخصوص لایه‌نشانی فلز لیتیم بر روی صفحه زیرلایه ..... ۳۱
- شکل ۲-۱۳: مراحل لایه‌نشانی فلز لیتیم بر روی زیرلایه ..... ۳۲
- شکل ۲-۱۴: سطح مقطع کل برای واکنش  ${}^7\text{Li}(p,n){}^7\text{Be}$  ..... ۳۳
- شکل ۲-۱۵: مقدار  $N/N_0$  بر حسب ضخامت‌های مختلف هدف لیتیم ..... ۳۴
- شکل ۲-۱۶: طیف نوترون خروجی از هدف لیتیم ..... ۳۴
- شکل ۲-۱۷: نوترون خروجی از هدف لیتیم و سایر ترکیبات آن با ضخامت‌های مختلف ..... ۳۶
- شکل ۲-۱۸: حالت‌های مختلف تابش چشمه پروتون به هدف لیتیم ..... ۳۷
- شکل ۲-۱۹:  $N/N_0$  برای حالت‌های مختلف تابش بیم پروتونی ..... ۳۸
- شکل ۲-۲۰:  $N/N_0$  برای شعاع‌های مختلف بیم پروتونی ..... ۳۸
- شکل ۲-۲۱: مدل سازی نهایی شامل هدف لیتیم به همراه سیستم خنک‌کننده ..... ۴۵

## فصل سوم: طراحی و بهینه‌سازی مجموعه‌ی شکل‌دهنده‌ی طیف

شکل ۳-۱: شار نوترون‌های فوق‌گرمایی بر حسب ضخامت‌های مختلف ۹ ماده‌ی پیشنهاد شده

به عنوان کندکننده..... ۴۹

شکل ۳-۲: شار نوترون‌های فوق‌گرمایی بر حسب ضخامت‌های مختلف ۹ ماده‌ی پیشنهاد شده

به عنوان کندکننده..... ۵۰

شکل ۳-۳: نسبت دوز نوترون‌های سریع به شار نوترون‌های فوق‌گرمایی بر حسب ضخامت‌های

مختلف ۹ ماده‌ی پیشنهاد شده به عنوان کندکننده..... ۵۰

شکل ۳-۴: نسبت دوز نوترون‌های سریع به شار نوترون‌های فوق‌گرمایی بر حسب ضخامت‌های

مختلف ۹ ماده‌ی پیشنهاد شده به عنوان کندکننده..... ۵۱

شکل ۳-۵: شار نوترون‌های فوق‌گرمایی بر حسب ضخامت‌های مختلف ۵ ماده‌ی پیشنهاد شده

به عنوان کندکننده در حضور زیرلایه آلومینیوم..... ۵۲

شکل ۳-۶: نسبت دوز نوترون‌های سریع به شار نوترون‌های فوق‌گرمایی بر حسب ضخامت‌های

مختلف ۵ ماده‌ی پیشنهاد شده به عنوان کندکننده با حضور زیرلایه آلومینیوم ..... ۵۲

شکل ۳-۷: شار توترون‌های فوق‌گرمایی برای شعاع‌های مختلف مواد امتحان شده به عنوان بازتابنده..... ۵۵

شکل ۳-۸: نسبت دوز نوترون‌های سریع به شار توترون‌های فوق‌گرمایی برای شعاع‌های مختلف مواد

کاندید شده به عنوان بازتابنده..... ۵۶

شکل ۳-۹: نسبت دوز گاما به شار توترون‌های فوق‌گرمایی برای شعاع‌های مختلف مواد کاندید شده

به عنوان بازتابنده..... ۵۶

- شکل ۳-۱۰: شار نوترون‌های فوق‌گرمایی مربوط به تغییر فیلتر گرمایی..... ۵۹
- شکل ۳-۱۱: شار نوترون‌های فوق‌گرمایی مربوط به تغییر ماده‌ی موازی‌ساز..... ۶۰
- شکل ۳-۱۲: نسبت دوز گاما به شار نوترون‌های فوق‌گرمایی مربوط به تغییرات نهایی شعاع بازتابنده و موازی‌ساز..... ۶۲
- شکل ۳-۱۳: شماتیکی از مجموعه‌ی شکل‌دهنده‌ی طیف طراحی شده..... ۶۳
- شکل ۳-۱۴: شار نوترون خروجی از دهانه‌ی BSA با شعاع بازتابنده ۱۸cm و ۲۰cm..... ۶۴
- شکل ۳-۱۵: مجموعه‌ی شکل‌دهنده‌ی طیف برای بیم پروتون با انرژی ۲/۶MeV..... ۶۷
- شکل ۳-۱۶: شار نوترون خروجی برای BSA طراحی شده در شکل ۳-۱۵..... ۶۸
- شکل ۳-۱۷: مجموعه‌ی شکل‌دهنده‌ی طیف برای بیم پروتون با انرژی ۲/۳MeV..... ۶۸
- شکل ۳-۱۸: شار نوترون خروجی برای BSA طراحی شده در شکل ۳-۱۷..... ۶۹
- شکل ۳-۱۹: BSA طراحی شده برای بیم پروتون با انرژی ۲/۳MeV و جریان ۱۰mA..... ۶۹
- شکل ۳-۲۰: شار نوترون خروجی برای BSA طراحی شده در شکل ۳-۱۹..... ۷۰
- شکل ۳-۲۱: مجموعه‌ی شکل‌دهنده‌ی طیف برای بیم پروتون با انرژی ۲/۵MeV..... ۷۰
- شکل ۳-۲۲: شار نوترون خروجی برای BSA طراحی شده در شکل ۳-۲۱..... ۷۱

#### فصل چهارم: محاسبات دزیمتری با استفاده از فانتوم شبیه‌سازی شده

- شکل ۴-۱: نمایی از بدن انسان..... ۷۴
- شکل ۴-۲: فانتوم شبیه‌سازی شده بدن انسان..... ۷۴

شکل ۴-۳: نمایی از فانتوم سر انسان..... ۷۵

شکل ۴-۴: مقطع قائم سر انسان معیار مدل Snyder..... ۷۵

شکل ۴-۵: برشی از فانتوم شبیه‌سازی شده سر توسط کد MCNP..... ۷۶

شکل ۴-۶: واکنش نوترون‌های حرارتی با بور در بافت سر..... ۷۸

شکل ۴-۷: مؤلفه‌های مختلف دوز رسیده به فانتوم بر حسب عمق نفوذ برای طیف مربوط به

BSA با شعاع بازتابنده ۱۸cm..... ۸۲

شکل ۴-۸: دوز کل رسیده به تومور و بافت سالم بر حسب عمق نفوذ برای طیف مربوط به

BSA با شعاع بازتابنده ۱۸cm..... ۸۳

شکل ۴-۹: مؤلفه‌های مختلف دوز رسیده به فانتوم بر حسب عمق نفوذ برای طیف مربوط به

BSA با شعاع بازتابنده ۲۰cm..... ۸۴

شکل ۴-۱۰: دوز کل رسیده به تومور و بافت سالم بر حسب عمق نفوذ برای طیف مربوط به

BSA با شعاع بازتابنده ۲۰cm..... ۸۴

شکل ۴-۱۱: مؤلفه‌های مختلف دوز رسیده به فانتوم بر حسب عمق نفوذ، مرکز تومور به

فاصله‌ی ۱/۱۶ cm به چشمه نزدیکتر شده است..... ۸۵

شکل ۴-۱۲: مؤلفه‌های مختلف دوز رسیده به فانتوم بر حسب عمق نفوذ، مرکز تومور به

فاصله‌ی ۲cm به چشمه نزدیکتر شده است..... ۸۶

شکل ۴-۱۳: مؤلفه‌های مختلف دوز رسیده به فانتوم بر حسب عمق نفوذ، مرکز تومور به

فاصله‌ی ۲/۸۳cm به چشمه نزدیکتر شده است..... ۸۶

شکل ۴-۱۴: مؤلفه‌های مختلف دوز رسیده به فانتوم بر حسب عمق نفوذ، مرکز تومور به

فاصله‌ی ۳/۶۱ cm به چشمه نزدیکتر شده است..... ۸۷

شکل ۴-۱۵: مؤلفه‌های دوز عرضی بر حسب عمق نفوذ برای پیکربندی شکل ۳-۱۳..... ۸۸

شکل ۴-۱۶: دوز کل در عرض فانتوم برای قرارگیری دو مکان مختلف مرکز تومور..... ۸۸

شکل ۴-۱۷: دوز کل در فانتوم برای فواصل مختلف فانتوم از دهانه‌ی BSA..... ۸۹

شکل ۴-۱۸: دوز کل در فانتوم برای چهار نسبت مختلف غلظت بور..... ۹۰

## فهرست جدول‌ها

صفحه

عنوان

### فصل اول: روش‌های درمان تومورهای مغزی

- جدول ۱-۱: پارامترهای in-air و حدود انرژی وابسته به آنها ..... ۱۷
- جدول ۱-۲: سایر جاذب‌های نوترون ..... ۱۸

### فصل دوم: طراحی و بهینه‌سازی چشمه تولید نوترون مبتنی بر واکنش ${}^7\text{Li}(p,n){}^7\text{Be}$

- جدول ۱-۲: واکنش‌های هسته‌ای متداول برای تولید نوترون و ویژگی‌های آن‌ها ..... ۲۷
- جدول ۲-۲: نتایج مربوط به هدف لیتیم به شعاع ۱۰cm و ضخامت  $100\mu\text{m}$  ..... ۳۳
- جدول ۳-۲: دمای ذوب لیتیم و سایر ترکیبات آن ..... ۳۳
- جدول ۴-۲: نتایج مربوط به مواد امتحان شده جهت انتخاب زیرلایه ..... ۳۹
- شکل ۵-۲: نتایج مربوط به مواد امتحان شده جهت انتخاب مایع خنک‌کننده ..... ۴۰

### فصل سوم: طراحی و بهینه‌سازی مجموعه‌ی شکل‌دهنده‌ی طیف

- جدول ۱-۳: مشخصات پرتو خروجی همراه با در نظر گرفتن زیرلایه مس و آلومینیوم ..... ۵۳
- جدول ۲-۳: نتایج حاصل از دو حالت شبیه‌سازی شده چشمه ..... ۵۴
- جدول ۳-۳: مشخصات پرتو نوترون خروجی از BSA با تغییر ماده و شعاع بازتابنده ..... ۵۷
- جدول ۴-۳: مشخصات پرتو نوترون خروجی از BSA با تغییر نوع فیلتر گرمایی ..... ۵۹
- جدول ۵-۳: مشخصات پرتو نوترون خروجی با تغییر ماده‌ی موازی‌ساز ..... ۶۱
- جدول ۶-۳: مشخصات پرتو نوترون خروجی از BSA با تغییر شعاع بازتابنده و موازی‌ساز ..... ۶۳
- جدول ۷-۳: مشخصات پرتو نوترون خروجی با تغییر شرایط تابش چشمه ..... ۶۵
- جدول ۸-۳: مقایسه مشخصات پرتو نوترون خروجی از BSA با سایر کارهای انجام شده ..... ۶۶



## فصل چهارم: محاسبات دزیمتری با استفاده از فانتوم شبیه‌سازی شده

جدول ۴-۱: چگالی و درصد وزنی عناصر در فانتوم Snyder..... ۷۶

جدول ۴-۲: پارامترهای in-phantom برای طیف مربوط به BSA با شعاع بازتابنده ۱۸cm..... ۸۳

جدول ۴-۳: پارامترهای in-phantom برای طیف مربوط به BSA با شعاع بازتابنده ۲۰cm..... ۸۵

جدول ۴-۴: پارامترهای in-phantom برای نسبت‌های مختلف غلظت بور..... ۹۱

فصل اول

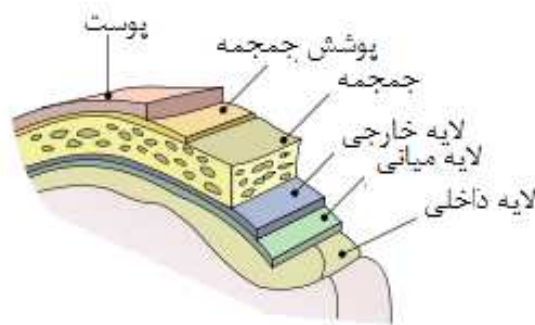
روش‌های

درمان تومورهای مغز

BNCT روشی مؤثر در درمان تومورهای مغزی است که از ذرات با انرژی بالا برای درمان تومورها استفاده می‌کند. در این روش چون بور سطح مقطع جذب بالایی برای نوترون‌های گرمایی دارد، اگر به طور موضعی در منطقه‌ی تومور جانشانی شود، پس از گیراندازی نوترون‌ها به سرعت به دو ذره‌ی پرنرژی آلفا و لیتیم تبدیل می‌شود که با تخلیه‌ی انرژی خود باعث نابودی سلول‌های سرطانی می‌شود.

## (۲-۱) ساختار بیرونی مغز

مغز بخشی از دستگاه عصبی مرکزی است که در داخل استخوان جمجمه و بالای نخاع قرار دارد. نخاع رابط مغز و قسمت‌های دیگر بدن است. سه لایه که در مجموع مننژ<sup>۱</sup> نامیده می‌شوند، مغز و نخاع را از اطراف محافظت می‌کنند. این ساختار در شکل ۱-۱ نشان داده شده است [۱].



شکل ۱-۱: ساختار بیرونی مغز

لایه داخلی: لایه داخلی چسبیده به نخاع و مغز بوده و کار تغذیه بافت عصبی را انجام می‌دهد.  
لایه میانی: لایه میانی عنکبوتیه نام دارد که به پرده خارجی چسبیده و از پرده داخلی کم و بیش محافظت می‌کند.

لایه خارجی: از بافت پیوندی محکمی تشکیل شده و به استخوان‌های محافظ چسبیده است. سیال مایعی به نام مایع نخاعی مغزی در فضای بین مننژ و فضاهای خالی مغز که حفره‌ی مغز نامیده می‌شوند جریان دارد. این مایع برای مغز به عنوان ضربه‌گیر عمل می‌کند.

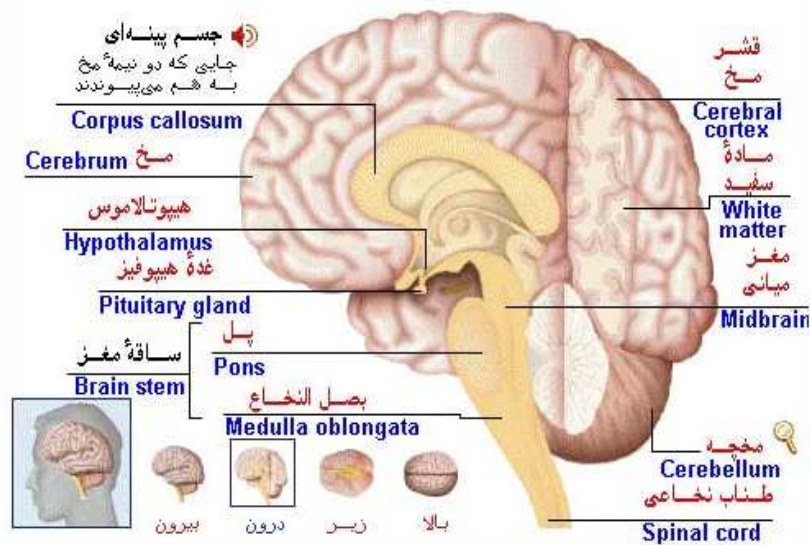
<sup>1</sup> Meninges

### ۳-۱) ساختمان مغز

مغز یکی از حساس‌ترین و پیچیده‌ترین اعضای بدن انسان است که ۲ درصد از وزن بدن را تشکیل می‌دهد. اجزای مختلف مغز در شکل ۱-۲ نمایش داده شده است.

#### مغ (۱-۳-۱)

مخ بزرگترین قسمت مغز است. مغز مهره‌داران در دوران جنینی دارای سه قسمت اولیه به نام‌های مغز پیشین، مغز میانی و مغز تحتانی است. از این قسمت‌ها به تدریج بخش‌های مختلف مغز پدیدار می‌شوند. مغز دارای دو نیمکره است که توسط ماده‌ای سفید رنگ به نام جسم پینه‌ای به هم متصلند و ارتباط بین دونیمکره نیز از طریق همین رشته‌های عصبی صورت می‌گیرد. نیمکره‌ی سمت راست ماهیچه‌های سمت چپ و نیمکره‌ی چپ ماهیچه‌های سمت راست بدن را کنترل می‌کند.



شکل ۱-۲: ساختمان کلی مغز

قسمت سطحی مخ خاکستری رنگ است و قشر مخ نامیده می‌شود. قشر مخ در انسان به دلیل وسعت زیاد و جای گرفتن در فضای محدود حالت چین خورده دارد. علاوه بر قشر مخ چند هسته خاکستری رنگ در بخش سفید آن وجود دارد که مهمترین آنها غده تالاموس و غده هیپوتالاموس است، مرکز دریافت و تفسیر اطلاعات حسی رسیده از اندام‌های حسی مختلف مانند چشم و گوش و پوست در این قسمت قرار دارد. مخ مرکز احساسات، فکر کردن و حافظه است.