

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

کلیه امتیازهای این پایان‌نامه به دانشگاه بوعلی سینا تعلق دارد. در صورت استفاده از تمام یا بخشی از مطالب این پایان‌نامه در مجلات، کنفرانس‌ها و یا سخنرانی‌ها، باید نام دانشگاه بوعلی سینا یا استاد راهنمای پایان‌نامه و نام دانشجو با ذکر مأخذ و ضمن کسب مجوز کتبی از دفتر تحصیلات تکمیلی دانشگاه ثبت شود. در غیر این صورت مورد پیگرد قانونی قرار خواهد گرفت. درج آدرس‌های ذیل در کلیه مقالات خارجی و داخلی مستخرج از تمام یا بخشی از مطالب این پایان‌نامه در مجلات، کنفرانس‌ها و یا سخنرانی‌ها الزامی می‌باشد.

....., Bu-Ali Sina University, Hamedan,

..... دانشکده دانشگاه بوعلی سینا، همدان.



پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته فیزیک گرایش هسته‌ای

عنوان:

بررسی رفتار های غیر عادی در توزیع زاویه ای پاره های شکافت برخی از واکنش های شکافت القایی با یون سنگین با استفاده از تغییرات پهنای توزیع جرم پاره های شکافت بر حسب دمای هسته

استاد راهنما:

دکتر سعید سهیلی

استاد مشاور:

دکتر منوچهر بابایی پور

نگارش:

مینا زارعی

داننده تویی هر آنچه دانی آن ده

این بنده چه داند که چه می باید جست

تقدیم به پدرم

که لحظه لحظه زینستنم را در سایه بزرگواری و محبت اش آسودم

و وجود پرافتخارش سایه ای است جاودانه بر فراز سر بلندی های من

و تقدیم به مادرم

که مفهوم بی دریغ مهربانی و صداقت است

او که دنجوشی های امروزم را دیدیون دلواپسی های همیشگی اش هستم.

و تقدیم به همسرم

که باش و اندیشه با من نیکو شکیب است

تقدیر و پاسگزاری

پاس و تایش بیکران سزاوار خداوند یگانه ای است که انسان را آفریده او توان دانش اندوزی و تحقیق علم را عطا فرمود.

باتقدیر و درود فراوان خدمت پدر و مادر بسیار عزیز و دلسوز و خداکارم که پیوسته جرحه نوش جام تعلیم و تربیت فضیلت و انسانیت آن ها بوده ام. و همواره چراغ وجودشان روشن راه من در سختی ها و مشکلات بوده ام.

از استاد راهنمای بزرگوارم جناب آقای دکتر سهیلی که با بلند نظری و بینشی عمیق برایم آموزگار اخلاق بودند و در تمام مراحل، از راهنمایی های ارزنده و تجارب علمی ایشان بهره مند شده ام کمال تشکر را دارم. بی شک افتخاری شاکردی ایشان بزرگترین دستاورد دوران تحصیل من می باشد.

و نیز پاس از استاد مشاور کرامی جناب آقای دکتر منوچهر بابایی پور



دانشگاه بوعلی سینا
مشخصات رساله/پایان نامه تحصیلی

عنوان:

بررسی رفتار های غیر عادی در توزیع زاویه ای پاره های شکافت برخی از واکنش های شکافت القایی با یون سنگین با استفاده از تغییرات پهنای توزیع جرم پاره های شکافت بر حسب دمای هسته

نام نویسنده: مینا زارعی

نام استاد/اساتید راهنما: دکتر سعید سهیلی

نام استاد/اساتید مشاور: دکتر منوچهر بابایی پور

دانشکده: علوم پایه

گروه آموزشی: فیزیک

رشته تحصیلی: فیزیک

گرایش تحصیلی: هسته ای

مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد

تاریخ تصویب پروپوزال: ۱۳۹۱/۰۸/۰۸

تاریخ دفاع: ۱۳۹۲/۱۰/۰۸

تعداد صفحات: ۷۸

چکیده:

در واکنش های شکافت القایی با یون های سنگین، یکی از کمیت های مهم، توزیع زاویه ای پاره های شکافت است. این توزیع برخی از خواص دینامیکی شکافت را مشخص می کند. در آزمایش های سال های اخیر، مشاهده گردید که، داده های تجربی توزیع زاویه ای پاره های شکافت با پیش بینی مدل های آماری در برخی از واکنش های شکافت القایی با یون های سنگین، سازگاری ندارد، به طوری که توزیع زاویه ای با استفاده از مدل آماری از مقادیر تجربی ناهمسانگردی زاویه ای پاره های شکافت کمتر پیش بینی می شود و در این حالت یک رفتار غیر عادی در توزیع زاویه ای پاره های شکافت مشاهده می شود. چنین رفتار غیر عادی از طریق رفتار مجذور انحراف معیار توزیع جرم پاره های شکافت بر حسب دمای هسته نیز قابل پیش بینی است. در این تحقیق، به بررسی رفتار مجذور انحراف معیار توزیع جرم پاره های شکافت با دمای هسته برای برخی از واکنش های شکافت القایی با پرتابه های سبک و یون های سنگین پرداخته ایم. نتایج بدست آمده نشان می دهد که پیش بینی رفتار توزیع زاویه ای پاره های شکافت از طریق بررسی توزیع جرم پاره های شکافت با روش مقایسه داده های تجربی توزیع - زاویه ای پاره های شکافت با پیش بینی مدل آماری هم خوانی دارد.

واژه های کلیدی: توزیع زاویه ای، توزیع جرم، پرتابه های سنگین، پرتابه های سبک

فصل اول: توزیع زاویه ای پاره های شکافت

..... ۱	..... ۱-۱- مقدمه
..... ۲	..... ۲-۱- مدل آماری توزیع زاویه ای پاره های شکافت
..... ۳	..... ۳-۱- مدل آماری نقطه زینی استاندارد (SSPSM)
..... ۷	..... ۴-۱- مدل انقطاع آماری (SSM)
..... ۹	..... ۵-۱- ناهمسانگردی زاویه ای پاره های شکافت
..... ۱۲	..... ۶-۱- پیش بینی رفتار توزیع زاویه ای پاره های شکافت

فصل دوم: توزیع جرم پاره های شکافت

..... ۱۵	..... ۱-۲- مقدمه
..... ۱۷	..... ۲-۲- توزیع جرم متقارن
..... ۱۸	..... ۳-۲- توزیع جرم نامتقارن
..... ۲۱	..... ۴-۲- پهنای شکافت

فصل سوم: محاسبات σ_m^2 برای شکافت القایی با یون های سنگین

..... ۲۵	..... ۱-۳- مقدمه
..... ۲۶	..... ۲-۳- سیستم هایی با رفتار عادی
..... ۲۶	..... ۱-۲-۳ الف: بررسی توزیع زاویه ای پاره های شکافت واکنش $^{12}_6C + ^{232}_{90}Th$
..... ۲۸	..... ۱-۲-۳ ب: بررسی پهنای توزیع جرم واکنش $^{12}_6C + ^{232}_{90}Th \rightarrow ^{244}_{96}Cm$
..... ۳۰	..... ۲-۲-۳ الف: بررسی توزیع زاویه ای پاره های شکافت واکنش $^{16}_8O + ^{208}_{82}Pb$
..... ۳۲	..... ۲-۲-۳ ب: بررسی پهنای توزیع جرم واکنش $^{16}_8O + ^{208}_{82}Pb \rightarrow ^{224}_{90}Th$
..... ۳۳	..... ۳-۲-۳ الف: توزیع زاویه ای پاره های شکافت واکنش $^{16}_8O + ^{209}_{83}Bi$
..... ۳۵	..... ۳-۲-۳ ب: بررسی پهنای توزیع جرم واکنش $^{16}_8O + ^{209}_{83}Bi \rightarrow ^{225}_{91}Pa$
..... ۳۷	..... ۴-۲-۳ الف: بررسی توزیع زاویه ای پاره های شکافت واکنش $^{11}_5B + ^{235}_{92}U$

..... ۳۹.	$^{11}_5\text{B} + ^{235}_{92}\text{U} \rightarrow ^{246}_{97}\text{Bk}$ بررسی پهنای توزیع جرم واکنش	۴-۲-۳
..... ۴۰.		۳-۳- سیستم هایی با رفتار غیر عادی
... ۴۱.	$^{16}_7\text{N} + ^{232}_{90}\text{Th}$ واکنش شکافت و پاره های زاویه ای	۱-۳-۳ الف: بررسی توزیع زاویه ای پاره های شکافت و واکنش
..... ۴۳.	$^{16}_7\text{N} + ^{232}_{90}\text{Th} \rightarrow ^{248}_{97}\text{Bk}$ واکنش	۱-۳-۳ ب: بررسی پهنای توزیع جرم واکنش
... ۴۴.	$^{16}_8\text{O} + ^{232}_{90}\text{Th}$ واکنش شکافت و پاره های زاویه ای	۲-۳-۳ الف: بررسی توزیع زاویه ای پاره های شکافت و واکنش
..... ۴۶.	$^{16}_8\text{O} + ^{232}_{90}\text{Th} \rightarrow ^{248}_{98}\text{Cf}$ واکنش	۲-۳-۳ ب: بررسی پهنای توزیع جرم واکنش
..... ۴۸.	$^{19}_9\text{F} + ^{232}_{90}\text{Th}$ واکنش شکافت و پاره های زاویه ای	۳-۳-۳ الف: بررسی توزیع زاویه ای پاره های شکافت و واکنش
..... ۵۰.	$^{19}_9\text{F} + ^{232}_{90}\text{Th} \rightarrow ^{251}_{99}\text{Es}$ واکنش	۳-۳-۳ ب: بررسی پهنای توزیع جرم واکنش

فصل چهارم: محاسبات برای پرتابه های سبک

..... ۵۳.		۱-۴ مقدمه
... ۵۳.		۲-۴- بررسی توزیع جرم پاره های شکافت با پرتابه های سبک
..... ۵۳.	$^4_2\text{He} + ^{200}_{81}\text{Tl} \rightarrow ^{204}_{83}\text{Bi}$ واکنش	۱-۲-۴ توزیع جرم واکنش
..... ۵۴.	$^4_2\text{He} + ^{204}_{82}\text{Pb} \rightarrow ^{208}_{84}\text{Po}$ واکنش	۲-۲-۴ توزیع جرم واکنش
..... ۵۶.	$^4_2\text{He} + ^{206}_{82}\text{Pb} \rightarrow ^{210}_{84}\text{Po}$ واکنش	۳-۲-۴ توزیع جرم واکنش
..... ۵۷.	$^4_2\text{He} + ^{206}_{83}\text{Bi} \rightarrow ^{210}_{85}\text{At}$ واکنش	۴-۲-۴ توزیع جرم واکنش
..... ۵۸.	$^4_2\text{He} + ^{207}_{83}\text{Bi} \rightarrow ^{211}_{85}\text{At}$ واکنش	۵-۲-۴ توزیع جرم واکنش
..... ۵۹.	$^4_2\text{He} + ^{209}_{83}\text{Bi} \rightarrow ^{213}_{85}\text{At}$ واکنش	۶-۲-۴ توزیع جرم واکنش
..... ۶۰.	$^4_2\text{He} + ^{208}_{84}\text{Po} \rightarrow ^{212}_{86}\text{Rn}$ واکنش	۷-۲-۴ توزیع جرم واکنش
..... ۶۱.	$^4_2\text{He} + ^{210}_{84}\text{Po} \rightarrow ^{214}_{86}\text{Rn}$ واکنش	۸-۲-۴ توزیع جرم واکنش
..... ۶۲.	$^4_2\text{He} + ^{211}_{84}\text{Po} \rightarrow ^{215}_{86}\text{Rn}$ واکنش	۹-۲-۴ توزیع جرم واکنش
..... ۶۳.	$^4_2\text{He} + ^{211}_{85}\text{At} \rightarrow ^{215}_{87}\text{Fr}$ واکنش	۱۰-۲-۴ توزیع جرم واکنش
... ۶۴.	$\text{P} + ^{210}_{84}\text{Po} \rightarrow ^{211}_{85}\text{At}$ واکنش	۱۱-۲-۴ توزیع جرم واکنش
.. ۶۵.	$\text{P} + ^{212}_{85}\text{At} \rightarrow ^{213}_{86}\text{Fr}$ واکنش	۱۲-۲-۴ توزیع جرم واکنش

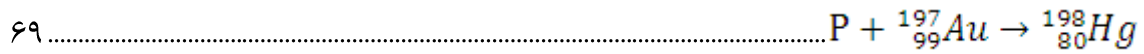
.....۶۶.....	${}^3_2\text{He} + {}^{210}_{84}\text{Po} \rightarrow {}^{213}_{86}\text{Rn}$ واکنش توزیع جرم واکنش ۱۳-۲-۴
.....۶۷.....	${}^3_2\text{He} + {}^{213}_{85}\text{At} \rightarrow {}^{216}_{87}\text{Fr}$ واکنش توزیع جرم واکنش ۱۴-۲-۴
.....۶۸.....	۳-۴- توزیع زاویه ای پاره های شکافت
.....۶۸.....	$P + {}^{197}_{99}\text{Au} \rightarrow {}^{198}_{80}\text{Hg}$ واکنش پاره های شکافت واکنش ۱-۳-۴
.....۷۰.....	$n + {}^{238}_{92}\text{U} \rightarrow {}^{239}_{92}\text{U}$ واکنش پاره های شکافت واکنش ۲-۳-۴
.....۷۱.....	$P + {}^{209}_{83}\text{Bi} \rightarrow {}^{210}_{84}\text{Po}$ واکنش توزیع زاویه ای و توزیع جرم واکنش ۴-۴
.....۷۶.....	نتیجه گیری

فهرست شکل‌ها

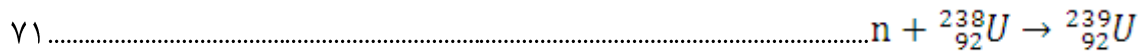
- شکل (۱-۱) پیکربندی های هسته شکافت پذیر در دو نقطه زمین و نقطه انقطاع ۲
- شکل (۲-۱) نمایش شکل هسته مرکب در نقطه زمین..... ۴
- شکل (۳-۱) پیکربندی سیستم در نقطه انقطاع بصورت دو کره بدون تماس با یکدیگر ۸
- شکل (۴-۱) پیکربندی سیستم در نقطه انقطاع بصورت دو بیضی در تماس با یکدیگر..... ۸
- شکل (۱-۲) نمودار توزیع جرم متقارن برای واکنش $^{16}_8\text{O} + ^{238}_{92}\text{U}$ ۱۸
- شکل (۲-۲) نمودار توزیع جرم نامتقارن برای شکافت خودبخودی $^{252}_{98}\text{Cf}$ ۱۹
- شکل (۳-۲) نمودار توزیع جرم نامتقارن برای دو ایزوتوپ $^{256}_{100}\text{Fm}$ و $^{257}_{100}\text{Fm}$ و نمودار توزیع جرم متقارن برای واکنش نوترون با $^{257}_{100}\text{Fm}$ ۲۰
- شکل (۴-۲) پهنای شکافت در نمودار ۲۱
- شکل (۱-۳) نمودار ناهمسانگردی توزیع زاویه ای پاره های شکافت مربوط به واکنش $^{12}_6\text{C} + ^{232}_{90}\text{Th} \rightarrow ^{244}_{96}\text{Cm}$ ۲۸
- شکل (۲-۳) نمودار $\sigma_m^2 - T$ مربوط به واکنش $^{12}_6\text{C} + ^{232}_{90}\text{Th} \rightarrow ^{244}_{96}\text{Cm}$ ۲۹
- شکل (۳-۳) نمودار ناهمسانگردی توزیع زاویه ای پاره های شکافت مربوط به واکنش $^{16}_8\text{O} + ^{208}_{82}\text{Pb} \rightarrow ^{224}_{90}\text{Th}$ ۳۱
- شکل (۴-۳) نمودار $\sigma_m^2 - T$ مربوط به واکنش $^{16}_8\text{O} + ^{208}_{82}\text{Pb} \rightarrow ^{224}_{90}\text{Th}$ ۳۳
- شکل (۵-۳) نمودار ناهمسانگردی توزیع زاویه ای پاره های شکافت مربوط به واکنش $^{16}_8\text{O} + ^{209}_{83}\text{Bi} \rightarrow ^{225}_{91}\text{Pa}$ ۳۵
- شکل (۶-۳) نمودار $\sigma_m^2 - T$ مربوط به واکنش $^{16}_8\text{O} + ^{209}_{83}\text{Bi} \rightarrow ^{225}_{91}\text{Pa}$ ۳۶
- شکل (۷-۳) نمودار ناهمسانگردی توزیع زاویه ای پاره های شکافت مربوط به واکنش $^{11}_5\text{B} + ^{235}_{92}\text{U} \rightarrow ^{246}_{97}\text{Bk}$ ۳۸
- شکل (۸-۳) نمودار $\sigma_m^2 - T$ مربوط به واکنش $^{11}_5\text{B} + ^{235}_{92}\text{U} \rightarrow ^{246}_{97}\text{Bk}$ ۴۰
- شکل (۹-۳) نمودار ناهمسانگردی توزیع زاویه ای پاره های شکافت مربوط به واکنش $^{16}_7\text{N} + ^{232}_{90}\text{Th} \rightarrow ^{248}_{97}\text{Bk}$ ۴۲

- شکل (۱۰-۳) نمودار σ_m^2 -T مربوط به واکنش
 ۴۴..... $^{16}_7\text{N} + ^{232}_{90}\text{Th} \rightarrow ^{248}_{97}\text{Bk}$
- شکل (۱۱-۳) نمودار ناهمسانگردی توزیع زاویه ای پاره های شکافت مربوط به واکنش
 ۴۶..... $^{16}_8\text{O} + ^{232}_{90}\text{Th} \rightarrow ^{248}_{98}\text{Cf}$
- شکل (۱۲-۳) نمودار σ_m^2 -T مربوط به واکنش
 ۴۷..... $^{16}_8\text{O} + ^{232}_{90}\text{Th} \rightarrow ^{248}_{98}\text{Cf}$
- شکل (۱۳-۳) نمودار ناهمسانگردی توزیع زاویه ای پاره های شکافت مربوط به واکنش
 ۴۹..... $^{19}_9\text{F} + ^{232}_{90}\text{Th} \rightarrow ^{251}_{99}\text{Es}$
- شکل (۱۴-۳) نمودار σ_m^2 -T مربوط به واکنش
 ۵۱ $^{16}_8\text{O} + ^{248}_{96}\text{Cm} \quad ^{19}_9\text{F} + ^{232}_{90}\text{Th} \rightarrow ^{251}_{99}\text{Es}$
- شکل (۱-۴) نمودار σ_m^2 -T مربوط به واکنش
 ۵۴..... $^4_2\text{He} + ^{200}_{81}\text{Tl} \rightarrow ^{204}_{83}\text{Bi}$
- شکل (۲-۴) نمودار σ_m^2 -T مربوط به واکنش
 ۵۵..... $^4_2\text{He} + ^{204}_{82}\text{Pb} \rightarrow ^{208}_{84}\text{Po}$
- شکل (۳-۴) نمودار σ_m^2 -T مربوط به واکنش
 ۵۶..... $^4_2\text{He} + ^{206}_{82}\text{Pb} \rightarrow ^{210}_{84}\text{Po}$
- شکل (۴-۴) نمودار σ_m^2 -T مربوط به واکنش
 ۵۷..... $^4_2\text{He} + ^{206}_{83}\text{Bi} \rightarrow ^{210}_{85}\text{At}$
- شکل (۵-۴) نمودار σ_m^2 -T مربوط به واکنش
 ۵۸..... $^4_2\text{He} + ^{207}_{83}\text{Bi} \rightarrow ^{211}_{85}\text{At}$
- شکل (۶-۴) نمودار σ_m^2 -T مربوط به واکنش
 ۵۹..... $^4_2\text{He} + ^{209}_{83}\text{Bi} \rightarrow ^{213}_{85}\text{At}$
- شکل (۷-۴) نمودار σ_m^2 -T مربوط به واکنش
 ۶۰..... $^4_2\text{He} + ^{208}_{84}\text{Po} \rightarrow ^{212}_{86}\text{Rn}$
- شکل (۸-۴) نمودار σ_m^2 -T مربوط به واکنش
 ۶۱..... $^4_2\text{He} + ^{210}_{84}\text{Po} \rightarrow ^{214}_{86}\text{Rn}$
- شکل (۹-۴) نمودار σ_m^2 -T مربوط به واکنش
 ۶۲..... $^4_2\text{He} + ^{211}_{84}\text{Po} \rightarrow ^{215}_{86}\text{Rn}$
- شکل (۱۰-۴) نمودار σ_m^2 -T مربوط به واکنش
 ۶۳..... $^4_2\text{He} + ^{211}_{85}\text{At} \rightarrow ^{215}_{87}\text{Fr}$
- شکل (۱۱-۴) نمودار σ_m^2 -T مربوط به واکنش
 ۶۴..... $\text{P} + ^{210}_{84}\text{Po} \rightarrow ^{211}_{85}\text{At}$
- شکل (۱۲-۴) نمودار σ_m^2 -T مربوط به واکنش
 ۶۵..... $\text{P} + ^{212}_{85}\text{At} \rightarrow ^{213}_{86}\text{Fr}$
- شکل (۱۳-۴) نمودار σ_m^2 -T مربوط به واکنش
 ۶۶..... $^3_2\text{He} + ^{210}_{84}\text{Po} \rightarrow ^{213}_{86}\text{Rn}$
- شکل (۱۴-۴) نمودار σ_m^2 -T مربوط به واکنش
 ۶۷..... $^3_2\text{He} + ^{213}_{85}\text{At} \rightarrow ^{216}_{87}\text{Fr}$

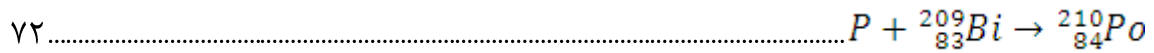
شکل (۴-۱۵) نمودار ناهمسانگردی توزیع زاویه ای پاره های شکافت مربوط به واکنش



شکل (۴-۱۶) نمودار ناهمسانگردی توزیع زاویه ای پاره های شکافت مربوط به واکنش



شکل (۴-۱۷) نمودار ناهمسانگردی توزیع زاویه ای پاره های شکافت مربوط به واکنش

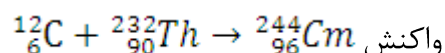


شکل (۴-۱۸) نمودار $\sigma_m^2 - T$ مربوط به واکنش $P + {}^{209}_{83}Bi \rightarrow {}^{210}_{84}Po$

۷۴.....

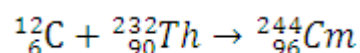
فهرست جدول‌ها

جدول (۱-۳) داده‌های تجربی و داده‌های بدست آمده از روابط برای واکنش



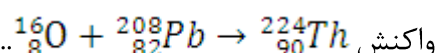
..... ۲۷.....

جدول (۲-۳) داده‌های بدست آمده در بررسی توزیع جرم برای واکنش



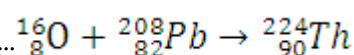
..... ۲۹.....

جدول (۳-۳) داده‌های تجربی و داده‌های بدست آمده از روابط برای واکنش



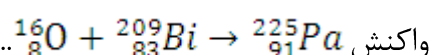
..... ۳۱.....

جدول (۴-۳) داده‌های بدست آمده در بررسی توزیع جرم برای واکنش



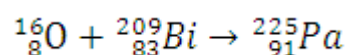
..... ۳۲.....

جدول (۵-۳) داده‌های تجربی و داده‌های بدست آمده از روابط برای واکنش



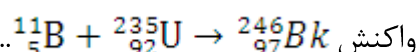
..... ۳۴.....

جدول (۶-۳) داده‌های بدست آمده در بررسی توزیع جرم برای واکنش



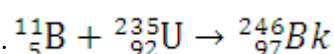
..... ۳۶.....

جدول (۷-۳) داده‌های تجربی و داده‌های بدست آمده از روابط برای واکنش



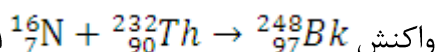
..... ۳۸.....

جدول (۸-۳) داده‌های بدست آمده در بررسی توزیع جرم برای واکنش



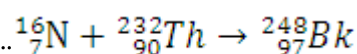
..... ۳۹.....

جدول (۹-۳) داده‌های تجربی و داده‌های بدست آمده از روابط برای واکنش



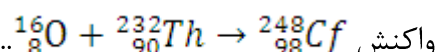
..... ۴۱..... E:\Documents and Settings\moory\Desktop\takmil\۴۱\جدول 784787! Toc7

جدول (۱۰-۳) داده‌های بدست آمده در بررسی توزیع جرم برای واکنش



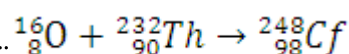
..... ۴۳.....

جدول (۱۱-۳) داده‌های تجربی و داده‌های بدست آمده از روابط برای واکنش



..... ۴۵.....

جدول (۱۲-۳) داده‌های بدست آمده در بررسی توزیع جرم برای واکنش



..... ۴۷.....

- جدول (۳-۱۳) داده های تجربی و داده های بدست آمده از روابط برای واکنش
 ۴۹..... $^{19}_9\text{F} + ^{232}_{90}\text{Th} \rightarrow ^{251}_{99}\text{Es}$
- جدول (۳-۱۴) داده های بدست آمده در بررسی توزیع جرم برای واکنش
 ۵۰..... $^{19}_9\text{F} + ^{232}_{90}\text{Th} \rightarrow ^{251}_{99}\text{Es}$
- جدول (۴-۱) داده های بدست آمده در بررسی توزیع جرم برای واکنش
 ۵۳..... $^4_2\text{He} + ^{200}_{81}\text{Tl} \rightarrow ^{204}_{83}\text{Bi}$
- جدول (۴-۲) داده های بدست آمده در بررسی توزیع جرم برای واکنش
 ۵۵..... $^4_2\text{He} + ^{204}_{82}\text{Pb} \rightarrow ^{208}_{84}\text{Po}$
- جدول (۴-۳) داده های بدست آمده در بررسی توزیع جرم برای واکنش
 ۵۶..... $^4_2\text{He} + ^{206}_{82}\text{Pb} \rightarrow ^{210}_{84}\text{Po}$
- جدول (۴-۴) داده های بدست آمده در بررسی توزیع جرم برای واکنش
 ۵۷..... $^4_2\text{He} + ^{206}_{83}\text{Bi} \rightarrow ^{210}_{85}\text{At}$
- جدول (۴-۵) داده های بدست آمده در بررسی توزیع جرم برای واکنش
 ۵۸..... $^4_2\text{He} + ^{207}_{83}\text{Bi} \rightarrow ^{211}_{85}\text{At}$
- جدول (۴-۶) داده های بدست آمده در بررسی توزیع جرم برای واکنش
 ۵۹..... $^4_2\text{He} + ^{209}_{83}\text{Bi} \rightarrow ^{213}_{85}\text{At} \text{ } ^{32}_{16}\text{S} + ^{208}_{82}\text{Pb} \rightarrow ^{240}_{98}\text{Cf}$
- جدول (۴-۷) داده های بدست آمده در بررسی توزیع جرم برای واکنش
 ۶۰..... $^4_2\text{He} + ^{208}_{84}\text{Po} \rightarrow ^{212}_{86}\text{Rn}$
- جدول (۴-۸) داده های بدست آمده در بررسی توزیع جرم برای واکنش
 ۶۱..... $^4_2\text{He} + ^{210}_{84}\text{Po} \rightarrow ^{214}_{86}\text{Rn}$
- جدول (۴-۹) داده های بدست آمده در بررسی توزیع جرم برای واکنش
 ۶۲..... $^4_2\text{He} + ^{211}_{84}\text{Po} \rightarrow ^{215}_{86}\text{Rn}$
- جدول (۴-۱۰) داده های بدست آمده در بررسی توزیع جرم برای واکنش $\langle L^2 \rangle$
 ۶۳..... $^4_2\text{He} + ^{211}_{85}\text{At} \rightarrow ^{215}_{87}\text{Fr} \text{ } ^{18}_8\text{O} + ^{208}_{82}\text{Pb} \rightarrow ^{226}_{90}\text{Th}$

جدول (۴-۱۱) داده های بدست آمده در بررسی توزیع جرم برای واکنش
 ۶۴..... $P + {}^{210}_{84}Po \rightarrow {}^{211}_{85}At + {}^{18}_8O + {}^{208}_{82}Pb \rightarrow {}^{226}_{90}Th$

جدول (۴-۱۲) داده های بدست آمده در بررسی توزیع جرم برای واکنش $\frac{E_{cm}}{v_b}$
 ۶۵..... $P + {}^{212}_{85}At \rightarrow {}^{213}_{86}Fr$

جدول (۴-۱۳) داده های بدست آمده در بررسی توزیع جرم برای واکنش
 ۶۶..... ${}^3_2He + {}^{210}_{84}Po \rightarrow {}^{213}_{86}Rn$

جدول (۴-۱۴) داده های بدست آمده در بررسی توزیع جرم برای واکنش
 ۶۷..... ${}^3_2He + {}^{213}_{85}At \rightarrow {}^{216}_{87}Fr$

جدول (۴-۱۵) داده های تجربی و داده های بدست آمده از روابط برای
 واکنش ۶۹..... $\frac{E_{cm}}{v_b} P + {}^{197}_{99}Au \rightarrow {}^{198}_{80}Hg$

جدول (۴-۱۶) داده های تجربی و داده های بدست آمده از روابط برای
 واکنش ۷۰..... $n + {}^{238}_{92}U \rightarrow {}^{239}_{92}U + {}^{19}_9F + {}^{238}_{82}U \rightarrow {}^{257}_{101}Md$

جدول (۴-۱۷) داده های تجربی و داده های بدست آمده از روابط برای
 واکنش ۷۲..... $P + {}^{209}_{83}Bi \rightarrow {}^{210}_{84}Po + \frac{E_{cm}}{v_b}$

جدول (۴-۱۸) داده های بدست آمده در بررسی توزیع جرم برای واکنش
 ۷۳..... $P + {}^{209}_{83}Bi \rightarrow {}^{210}_{84}Po + {}^{26}_{12}Mg + {}^{238}_{92}U \rightarrow {}^{264}_{104}Rf$

مقدمه