

تركيب ألفا العنقودي في نوى المغنسيوم -24
والسليكون -28 والكبريت -32 والكالسيوم -40:
وصف لنموذج الطي

إعداد

أمال حسين سعيد الغامدي
ماجستير فيزياء نووية نظرية

بحث مقدم لنيل درجة الدكتوراه في فلسفة العلوم
(تخصص فيزياء - فيزياء نووية نظرية)

إشراف

أ.د. محمد العزب حسن فريد
أستاذ الفيزياء النووية النظرية

كلية التربية - الأقسام العلمية
جامعة الملك عبد العزيز
جدة - المملكة العربية السعودية

**Alpha-Cluster Structure in
 ^{24}Mg , ^{28}Si , ^{32}S and ^{40}Ca Nuclei: A Folding
Model Description**

**By
Amal H. AL-Ghamdi
Master in Theoretical Nuclear Physics**

**A thesis submitted for the requirements of the degree of Doctor
of Philosophy in Science (Physics - Theoretical Nuclear Physics)**

**Supervised by
Prof. Dr. Mohamed EL-Azab Farid
Professor of Theoretical Nuclear Physics**

**FACULTY OF EDUCATION - SCIENCE SECTIONS
KING ABDULAZIZ UNIVERSITY
JEDDAH - SAUDI ARABIA
Shawwal 1430 H - October 2009G**

قائمة المحتويات

نموذج إجازة الرسالة

الإهداء

د	.....	الشكر والتقدير.....
هـ	.....	المستخلص باللغة العربية.....
و	.....	المستخلص باللغة الإنجليزية.....
ز	.....	قائمة المحتويات.....
ط	.....	قائمة الأشكال.....
س	.....	قائمة الجداول.....
ع	.....	قائمة الرموز والمصطلحات.....

1 الفصل الأول : مقدمة عامة.....

1	.....	1.1 استهلال
2	.....	1.2 التفاعلات النووية:.....
3	.....	1.2.1 تفاعل النواة المركبة
4	.....	1.2.2 التفاعل النووي المباشر
6	.....	1.3 كثافة المادة النووية.....
7	.....	1.3.1 صيغة فيرمي.....
7	.....	1.3.2 الصيغة الجاوسية.....
8	.....	1.3.3 صيغة المتذبذب التوافقي.....
12	.....	1.3.4 صيغة فيرمي المعدلة.....
12	.....	1.3.5 الصيغة الجاوسية المعدلة.....
13	.....	1.4 نماذج التركيب النووي.....
13	.....	1.4.1 نموذج قطرة السائل.....
16	.....	1.4.2 نموذج القشرة النووية.....
17	.....	1.4.3 النموذج الضوئي.....
24	.....	1.4.4 نموذج الطي.....
27	.....	1.4.5 نموذج ألفا العنقودي.....
29	.....	1.5 التأثير الفعال لنيوكلين مع نيوكلين.....
30	.....	1.5.1 تأثير JLM.....

32 الفصل الثاني : المسح المرجعي.....

32	.....	2.1 استهلال
23	.....	2.2 دراسات مرجعية سابقة.....
34	.....	2.3 أهداف البحث

38	.....	الفصل الثالث : المقطع المستعرض للاستطارة المرنة.....
38	.....	3.1 مقدمة.....
39	.....	3.2 المقطع المستعرض التفاضلي
42	.....	3.3 المقطع المستعرض للامتصاص.....
43	.....	الفصل الرابع : جهود الطي المنفرد
43	.....	4.1 تركيب ألفا العنقودي لنوى الأهداف
51	.....	4.2 جهد الطي المنفرد المبني على تركيب ألفا العنقودي لنواة الهدف.....
54	.....	4.3 الحسابات.....
56	.....	.....
56	.....	الفصل الخامس: جهود الطي المزدوج
56	.....	5.1 مقدمة.....
57	.....	5.2 الحسابات.....
63	.....	الفصل السادس : النتائج والمناقشة
63	.....	6.1 تحليل الاستطارة المرنة بالجهود شبه المجهرية.....
105	.....	6.2 تحليل الاستطارة المرنة بالجهود المجهرية.....
145	.....	6.3 المقطع العرضي للامتصاص.....
146	.....	6.4 التكامل الحجمي لجهد التخليبي.....
149	.....	الفصل السابع: الخلاصة والاستنتاجات.....
151	.....	المراجع
i	.....	الملخص باللغة الانجليزية

المستخلص

تقدم الرسالة المعروضة دراسة تحليلية للاستطارة المرنة لتفاعلات قذائف جسيمات ألفا مع بعض النوى متوسطة الثقل عند مدى واسع من الطاقة المتوسطة (10 – 240 MeV) في إطار نموذج الجهد الضوئي النووي. وقد تم اختيار أربع من نوى الأهداف وهي تحديدا المغنسيوم 24 والسيليكون 28 والكبريت 32 والكالسيوم 40 وذلك من خلال دراسة ستة وثلاثين تفاعلا في هذا المدى من الطاقة. ولتشبيد جهود نووية شبه مجهرية من خلال نموذج الطي المنفرد لهذه التفاعلات تعاملنا مع التركيب النووي لنواة الهدف باعتبار أن المادة النووية داخل نواة الهدف ممثلة في عدد صحيح من عناقيد ألفا وهو ما يسمى بتركيب ألفا العنقودي. وللمقارنة تم أيضا استخلاص جهود مجهرية باستخدام مفهوم الطي المزدوج المبني على تأثير JLM الفعال الذي يعتمد على كثافتى القذيفة والهدف، باعتبار أن المادة النووية في نواتي الهدف والقذيفة ممثلة بتوزيع النيوكليونات داخل نواة الهدف. ولقد اعتبرت الجهود المستخلصة معبرة عن الجزء الحقيقي من الجهد الضوئي النووي. أما الجزء التخيلي فقد عولج باستخدام صيغة وودز- ساكسون الوضعية. تم تحليل الاستطارة المرنة لتفاعلات جسيمات ألفا ممثلة في خمس وثلاثين مجموعة من القياسات العملية. وقد أظهرت النتائج نجاحا ملموسا للجهود المستنتجة المجهرية وشبه المجهرية في التنبؤ بالقيم العملية للمقطع المستعرض التفاضلي للتفاعلات المدروسة. إلا أنه لوحظ أن التوافق مع القيم العملية للنتائج التي أفرزتها الجهود شبه المجهرية أفضل من ذلك الذي جنيناه من التحليل باستخدام الجهود المجهرية. هذا يدل على أن جنوح نيوكليونات النوى لتكوين عناقيد ألفا ظاهرة صادقة إلى حد كبير عند مدى الطاقة قيد الدراسة. كذلك بدت هذه النتيجة مشجعة لمزيد من البحث لتوظيف النموذج المستخدم في الدراسة الحالية لعمل دراسات مستقبلية لتحليل تفاعلات جسيمات أخرى وتحليل تفاعلات الاستطارة اللامرنة أيضا.

الخلاصة والاستنتاجات

Summary and conclusions

تعرضت الدراسة المطروحة لاشتقاق جهود الطي المنفرد المبني على تركيب ألفا العنقودي وجهود الطي المزدوج المبني على توزيع المادة النووية داخل نواتي الهدف والقذيفة. ولقد استخدمت الجهود المستنتجة في تحليل الاستطارة المرنة لقذائف جسيمات ألفا على نوى أهداف مختلفة عند مدى الطاقة الواسع 10-240 MeV. صيغت أولاً جهود شبه مجهرية مبنية على اعتبار تركيب ألفا العنقودي لنواة الهدف، ثم صيغت جهود مجهرية مبنية على تأثير JLM الفعلي بين نيوكليونات ونيوكليونات، ولقد استخدمت صيغة المتذبذب التوافقي لوصف الكثافة النووية داخل نواة الهدف في الحالتين.

ومن تحليل ست وثلثين مجموعة من القياسات العملية للاستطارة المرنة مع أربع من نوى الأهداف المختلفة باستخدام هذه الجهود يمكن استخلاص واستنتاج الآتي:

(1) أظهر النموذج المستخدم نجاحاً بيناً في وصف تفاعلات الاستطارة المرنة لقذائف جسيمات ألفا مع أهداف النوى المدروسة ذات التركيب العنقودي الألفوي، ويكون هذا النجاح ملموساً عند الطاقات المنخفضة أكثر منه عند الطاقات العالية نسبياً. هذا يدل على أن جنوح نيوكليونات النوى لتكوين عناقيد ألفا ظاهرة صادقة إلى حد كبير 0

(2) تزداد قيمة عمق الجهد التنافري في جهد ألفا - ألفا المستخدم لتوليد الجهود الحقيقية شبه المجهرية بشكل جلي مع زيادة الطاقة، أي أنها تكاد تنعدم عند الطاقات المنخفضة مما يؤثر على ضحالة أو عمق الجهد النووي المستنتج 0

3) تتضاءل قيمة التكامل الحجمي للجهد التخيلي عند طاقة ما مع زيادة العدد الكتلي لنواة

الهدف في شكل علاقة خطية جلية 0

4) تزداد قيمة المقطع المستعرض للتفاعل عند طاقة ما بشكل ملموس مع زيادة كتلة نواة

الهدف بصورة مطردة 0

5) إن الجهود المجهرية المستخلصة من تأثير JLM الفعلي تعطي - بشكل عام- نجاحا

لوصف تفاعل الاستطارة المرنة، ولقد أظهرت النتائج أن التأثير الذي يعتمد على

كثافة نواة القذيفة يعطي وصفا أفضل للقيم العملية من نظيره في حالة عدم اعتماد

التأثير على هذه الكثافة و لكن هذا النجاح يبدو متواضعا إلى حد ما مقارنة بنظيره

الذي تحقق باستخدام الجهود شبه المجهرية في المدى المدروس من الطاقة 0

6) إن النجاح الذي أظهرته هذه الدراسة يمثل حافزا قويا لدراسة مستقبلية

لتطبيق النموذج النظري المستخدم في تحليل الاستطارة اللامرنة لقذائف من

نوى ثقيلة عند مدى واسع من الطاقة 0

Abstract

The alpha (α) elastic scattering from different targets in the framework of the single folding (SF) optical model (OM) potential over the energy range 10–240 MeV has been analyzed. Four targets are considered; namely, ^{24}Mg , ^{28}Si , ^{32}S and ^{40}Ca . The SF calculations for the real central part of the nuclear optical potential are performed based by folding an effective α - α interaction with the α -clusters distribution density in the target nucleus. The imaginary part of the optical potential is expressed in a phenomenological Woods-Saxon (WS) form. The calculated angular distributions of the elastic scattering differential cross sections using the derived unnormalized semimicroscopic potentials present successful description of thirty-six sets of data all over the measured angular range. This result confirms the validity of the α -cluster structure of the considered nuclei. For the sake of comparison, the same elastic scattering systems are reanalyzed using density-dependent microscopic double folded optical potentials based upon the JLM effective nucleon-nucleon interaction.

SUMMARY

The present thesis deals with the study of alpha (α) elastic scattering from different targets in the framework of the single folding (SF) optical model (OM) over the energy range 10 – 240 MeV. Four targets are considered; namely, ^{24}Mg , ^{28}Si , ^{32}S and ^{40}Ca .

The α -target semimicroscopic SF potentials are constructed by folding an effective α - α interaction with the α -clusters distribution density in the target nucleus. The derived potentials are considered as the real part of the nuclear OM potentials, while the imaginary part is expressed in a phenomenological Woods-Saxon form. The derived potentials are used to calculate the elastic scattering differential cross section of thirty-five sets of experimental data. Successful description of the data is obtained without need to renormalize the potentials. For the sake of comparison, the same elastic scattering systems are reanalyzed using microscopic double folded (DF) potentials based upon the JLM effective nucleon-nucleon interaction folded with nuclear matter density of the colliding nuclei. The agreement between the present theoretical and measured cross sections obtained by the semimicroscopic (SF) potentials is noticeably better than that found using the microscopic (DF) ones. This result confirms the tendency of nucleons to formulate α -clusters particularly at low energies. In the mean time, it is obviously concluded from the present results that the constructed model successfully reproduced the data. Therefore, it is greatly recommended to employ this model in the analysis of elastic and inelastic scattering of other heavier projectiles.