

عنوان البحث

دراسة لبعض خصائص تعدديات الجسيمات في تصادم أيونات الأكسجين مع المستحلب النووي عند الطاقة العالية

أ.د مصطفى عبدالسلام بن نصر بعيو¹ أ. حليلة الهادي الجمل¹ أ. فاطمة عبدالسلام ابوزقية¹

¹ قسم الفيزياء - كلية العلوم - جامعة مصراتة، ليبيا
بريد الكتروني: alhadihalima160@gmail.com

تاريخ القبول: 2021/07/24م

تاريخ النشر: 2021/08/01م

المستخلص

أجريت هذه الدراسة لتفاعل أنوية الاكسجين عند طاقة $3.7 \text{ AGeV}/c$ مع المستحلب النووي .
تتمحور هذه الورقة البحثية على نقطتين اساسيتين :

1. دراسة معامل التشتت والعلاقة بين التعددية المركبة والتعدديات الاخرى (الثقيلة , السوداء,الرمادية والرذاذية)
لنوية الاكسجين عند طاقة ($3.7 \text{ A Gev} / c$).

وقد قمنا بنفس الدراسة سابقا لنوية الكربون عند طاقة($4.5 \text{ A Gev} / c$) في الورقة المنشورة في مجلة
الساتل المحكمة والنتائج في الدراستين متطابقة ومنسجمة مع ماتوصل له باحثون اخرون تمت مقارنة نتائج
هذه الدراسة مع نتائجهم .

2. دراسة متوسط التعددية $\langle N_i \rangle$ لشظايا الهدف الناتجة عند ($3.7 \text{ A Gev} / c$) في تصادمات
المستحلب ,بعد تقسيم انوية الهدف الى انوية خفيفة وثقيلة وكانت النتائج كذلك منسجمة مع ماتوصل اليه
الباحث (Fu-Hu Liu) والذي قام بنفس الدراسة لنوية الاكسجين عند قيمتين للطاقة ($3.7 \text{ A Gev} / c$)
و 200) في تصادمات المستحلب

تمت دراسة بعض خصائص التعددية المركبة واعتمادها على بقية التعدديات الاخرى كما تم حساب متوسط التعددية
لشظايا الهدف الناتجة في تصادمات المستحلب عند نفس الطاقة وتمت مناقشة النتائج ومقارنتها مع نتائج لباحثين
اخرين.

الكلمات المفتاحية: الطاقة العالية, المستحلب النووي ,نموذج المساهم واللا مساهم ,تعددية الجسيمات .

RESEARCH ARTICLE

STUDY OF SOME CHARACTERISTICS MULTIPLICITY OF PARTICLES IN THE COLLISIONS OF OXAIGAIN WITH NUCLEAR EMULSION AT HIGH ENERGY**Prof. Dr. Mustafa Abdel Salam bin Nasrbio¹ , Halima Al-Hadi Al-Jamal¹
Fatima Abdel Salam Abu Zukia¹**

¹ 1 Department of Physics - Faculty of Science - University of Misurata, Libya
Email: alhadihalima160@gmail.com

Published at 01/08/2021**Accepted at 24/07/2021****Abstract**

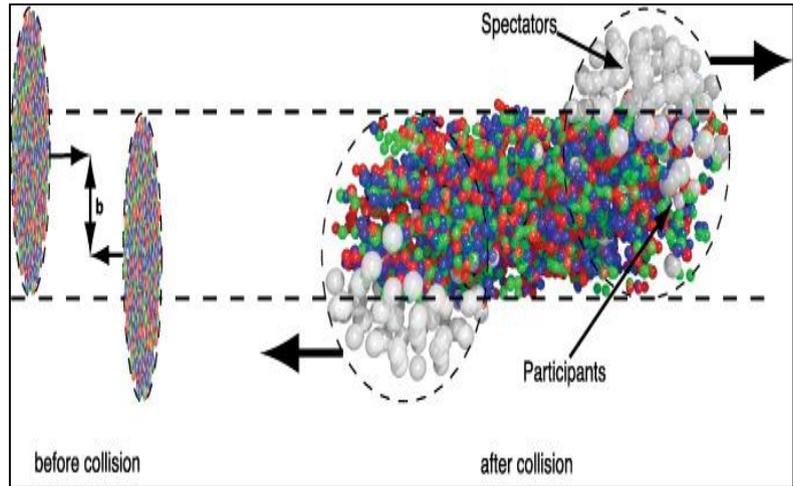
This paper deals mainly with interaction of ^{16}O nuclei at (3.7AGeV/C) with emulsion .Some features of the compound multiplicity are given by the numerical sum of grey and shower particles have been investigated. In addition, the multiplicity distribution of target fragments in oxygen-emulsion collisions is given .furthermore, the results were discussed and compared to other researches outcomes.

Key Words: High energy , Nuclear emulsion, participant spectator model, multiplicity of particle.

مقدمة :

طبقا لنموذج المساهم واللامساهم (The participant – spectator model) ، يقسم نظام التفاعل النووي في تصادمات (نواة – نواة) عند الطاقة العالية ، إلى ثلاثة أجزاء كما بالشكل (1) حيث يظهر :الهدف اللامساهم "المشاهد" (A target spectator) ، المساهمين من الهدف والقذيفة (A participant) والقذيفة اللامساهمة "المشاهدة" (Projectile spectator).

شكل(1) يوضح نموذج المساهم واللامساهم



يمكن القول أن منطقة التفاعل والتي تحدث فيها التصادمات العنيفة بين النيوكليونات هي الجزء المشترك بين النواتين المتصادمتين ، أما الإثارة الضعيفة والتصادمات المتتالية (والتي تدعى شلال التصادمات Cascade collisions) فتحدث عند اللامساهمين.

ينتج عن المساهمين عدة ميزونات ، نيوكلونات ، فوتونات وأزواج لبيبتوناتالخ ، أما شظايا اللامساهمين فتنتج على هيئة نيوكلونات وأنوية .

نتيجة التفاعلات أو الحالة النهائية الناتجة تتكون دائما من : شظايا قذيفة ، شظايا هدف ، جسيمات ناتجة نسبية وميزونات بطيئة . كما يمكن القول أن هناك ثلاث صور من التفاعل في هذا النموذج وهي : -

1- تصادمات مرنة : وهو تفاعل بين القذيفة والهدف في المستحلب وينتج عنها شظايا الهدف والقذيفة "جسيمات سوداء" .

2- الانفصال الكهرومغناطيسي : يحدث التفاعل بين القذيفة والهدف ، وينتج من التفاعلات الكهرومغناطيسية وينتج عنه شظايا قذيفة أو شظايا هدف "كشظايا الهيليوم والهيدروجين" .

3- تصادمات غير مرنة : وهي تفاعلات تحدث بين النواتين المتصادمتين في الجزء المشارك منهما بالتحديد ، وينتج عن التفاعلات النووية هنا جسيمات مشحونة نسبية "كالميزونات Mesons ، باريونات Baryons ، فوتونات Photons " وأزواج الليبتونات Lepton pairs" [2,1] .

تحدث حالة "الكوارك – قلوون – بلازما Q G P " في منطقة المشاركين بعد أن ترتفع الطاقة إلى قيمة عالية جدا بعد التصادم ، بينما يحدث انتقال الطور "غاز – سائل A liquid – gas phase transition

في مناطق اللامشاركين وكلا من المشارك واللامشارك وثيق الصلة لدراسة ميكانيكية التفاعل النووي . [3] وتتراوح سرعة النويات المشاركة من الصفر وحتى سرعة القذيفة ، بينما سرعة الهدف المشارك في المعمل هي الصفر تقريبا ، بينما تتخذ سرعة المقذوف اللامشارك نفس سرعة المقذوف تقريبا. [4].

ويقدم النموذج تفسيراً لانبعاث الشظايا النسبية "السالفة الذكر" بدرجات حرارة مختلفة وسرعات وزاوية انبعاث وزخم انتقالي ، تختلف جميعاً من شظية إلى أخرى وذلك باعتبار النواة "سواء أكانت هدفاً أو مقذوفاً" تحتوي على مصدري انبعاث بدرجتي حرارة وهما :-

1- اللامساهم في طبقة الاحتكاك "التلامس" ، أو ما يسمى باللامساهم الساخن ذو الحرارة العالية .

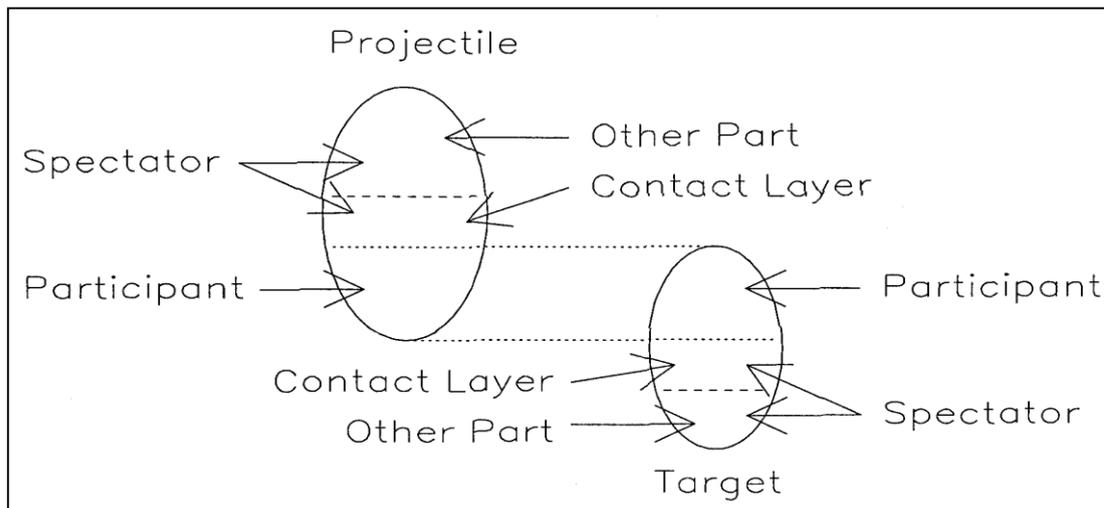
2- اللامساهم البارد بدرجة حرارة منخفضة .

عند التصادم تنشأ حركة نسبية بين المساهم واللامساهم ، ونتيجة لهذا تتكون طبقة الاحتكاك ويمر بعض الوقت لتنتقل حرارة الاحتكاك إلى الجزء المتبقي وهذا لا يكفي لجعل اللامساهم يتحول إلى الحالة السائلة الكاملة ولكنه يحول هذه الطبقة والطبقة التالية من اللامساهم إلى حالة سائلة محلية ، كما بالشكل (2).

تتفصل الطبقتان عن بعضهما بسبب حرارة الإحتكاك وتصبحان بالتالي مصدرين لانبعاث الشظايا الخفيفة بدرجتي حرارة مختلفتين وتبعث منطقة المقذوف المساهم ببروتونات رئيسية عالية السرعة أكثر مما تبعث منطقة المساهم للهدف ، والأخيرة تعتبر غالباً مصدر انبعاث ثالث لشظايا بروتون نسبية ، ويعتبر المقذوف المساهم لا يسهم بشكل مباشر في انبعاث الشظايا النسبية في هذه التصادمات ، وتبقى معظم البروتونات الرئيسية للمقذوف في منطقة تشظي المقذوف ومزيج منها في مخروط التشظي الأمامي مع شظايا المقذوف الناتجة في اللامساهم وبالتالي الشظايا النسبية لديها مصدري انبعاث وشظايا بروتون نسبية لديها ثلاث مصادر انبعاث .

إذا كان (d) هو سمك المقذوف اللامساهم و (D) هو سمك اللامساهم الساخن ، ففي حالة الشظايا النسبية : إذا كان ($d = 0$) فهذا يعني أنه لا يوجد لمصدر انبعاث، وإذا كان ($d \cdot D > 0$) فهناك مصدر انبعاث واحد فقط هو اللامساهم الساخن .

شكل (2) يوضح مصدري الانبعاث في نواتي الهدف والمقذوف حسب نموذج المساهم واللامساهم



وإذا كان $(D < d.2R_p)$ حيث R_p قطر نواة المقذوف، ففي هذه الحالة هناك مصدري انبعاث: اللامساهم الساخن واللامساهم البارد .

أما لشظايا البروتون النسبية: إذا كانت $(d = 0)$ هناك مصدر انبعاث واحد هو المقذوف المساهم، وإذا كان $(d.D > 0)$ فهناك مصدري انبعاث: المقذوف المساهم واللامساهم الساخن، وإذا كان $(D < d.2R_p)$ فهناك إذن ثلاث مصادر انبعاث :

المقذوف المساهم واللامساهم الساخن واللامساهم البارد. [5]

خواص هذه الشظايا كلها يمكن وصفها بالتعددية، زوايا الانبعاث، الكتلة وتوزيعات الشحنة والعلاقات بينها .

في هذه الورقة سنستخدم التعددية المركبة والتي تعرف بالعلاقة $(N_c = N_s + N_g)$ لدراسة آلية إنتاج الجسيمات كذلك تعددية الجسيمات الثقيلة $(N_h = N_b + N_g)$ لوصف خواص الشظايا النووية وتقديم تحليل عددي لشظايا الهدف والقذيفة في تفاعلات أيونات الأكسجين مع المستحلب النووي عند طاقة (3.7 A) Gev / c .

مصدر وطريقة تحليل البيانات التجريبية:

(Source and analyses method of experimental data)

في هذا البحث، سنقوم بتحليل (297) حدث، نتجت من تعريض كومة المستحلب النووي، من نوع (NIKFI-BR-2)، لشعاع عمودي من أنوية الأكسجين، بطاقة (3.7 GeV/c) لكل نوية.

مصدر هذه البيانات هو معجل دوبنا في روسيا (Dubna Synchrophastron, Russia)، تم فحص الأحداث بواسطة نظرية المسح السريع على طول الأثر في اتجاه القذيفة والمسح البطيء في الاتجاه المعاكس كما تم اختيار الأحداث وفق المعيارين الآتيين :

1. كل آثار الشعاع بزوايا قذف أقل من (3°) مع الاتجاه الرئيسي الابتدائي، تم استبعادها.

2. الأحداث الناتجة لمسافة $(30 \mu m)$ من قمة أو قاع شرائح المستحلب لم تؤخذ في التحليل .

كما تم تقسيم كل الآثار الناتجة عن الجسيمات الثانوية المشحونة، والمنبعثة عن التصادم، طبقاً للمعايير المستخدمة في طريقة المستحلب النووي تبعاً لمداها في شريحة المستحلب $(R\text{-Rang})$ ولسرعتها النسبية (β) $(Relative \ velocity)$ ولتأينها $(I - Ionization)$ ، حيث I هي عدد الحبيبات الظاهرة والمفصولة لكل وحدة طول وتسمى كثافة الحبيبة $(Grain \ density)$ وهي تشير إلى القيمة الفعالة للتأين وتعتمد على درجة الاظهار (التحميض) للمستحلب، وعلى نوع المستحلب المستخدم .

لذلك من المفيد استخدام كمية أخرى تدعى كثافة الحبيبة المعيارية $(Normalized \ grain \ density)$ وتعطى بالمعادلة :

حيث $I^* = I/I_{min}$ $(The \ minimum \ grain \ density)$ هي كثافة الحبيبة للجسيم المشحون المفرد

المر عبر نفس المستحلب وبسرعة نسبية مناسبة.

هذه التقسيمات هي :

1- الأثار الرذاذية (N_g - Shower tracks).

2- الأثار الرمادي (N_g - Grey tracks).

3- الأثار السوداء (N_b - Black tracks).

الأثار كثيفة التأين ($The\ heavy\ ionizing\ tracks$) وتعرف بالعلاقة ($N_h = N_g + N_b$) وهي أجزاء من نويات الهدف، تدعى أيضا بشظايا الهدف (Target fragments)

كذلك اصطلح على تسمية مجموع تعددية الجسيمات الرذاذية والرمادية بالتعددية المركبة والتي تعرف بالعلاقة:

$$(N_c = N_g + N_s)$$

4- شظايا القذيفة الثقيلة (N_f - projectile fragments).

النتائج التجريبية والمناقشة (Experiments results and discussion) :

في جدول (1) نوضح متوسطات التعددية المركبة $\langle N_c \rangle$ لقذائف مختلفة، ومعامل التشتت لها، والذي يعرف بالعلاقة :

$$D(N_c) = \sqrt{\langle (N_c)^2 \rangle - (\langle N_c \rangle)^2} \quad (1)$$

وكذلك النسبة $\langle N_c \rangle / D(N_c)$.

ونلاحظ ثبوت قيم هذه النسبة رغم اختلاف نوع القذيفة، أي أنها لا تعتمد على عدد الكتلة للمقذوف، كما نرى أن التشتت $D(N_c)$ يزداد مع زيادة $\langle N_c \rangle$.

جدول (1) يوضح قيم بارامترات مختلفة في تصادمات نواة - نواة عند ($4.5, 3.7\ A\ Gev / c$)

PROJECTILE	$\langle N_c \rangle$	$D(N_c)$	$\langle N_c \rangle / D(N_c)$	G ev/c	REF
1H	4.44	-----	-----	4.5	[6]
2H	5.42	-----	-----	4.5	[7]
4He	8.60	-----	-----	4.5	[8]
^{12}C	12.08	7.50	1.61	4.5	[9]
^{12}C	12.54	9.05	1.39	4.5	[10]
^{12}C	16.17	10.51	1.54	4.5	[11]

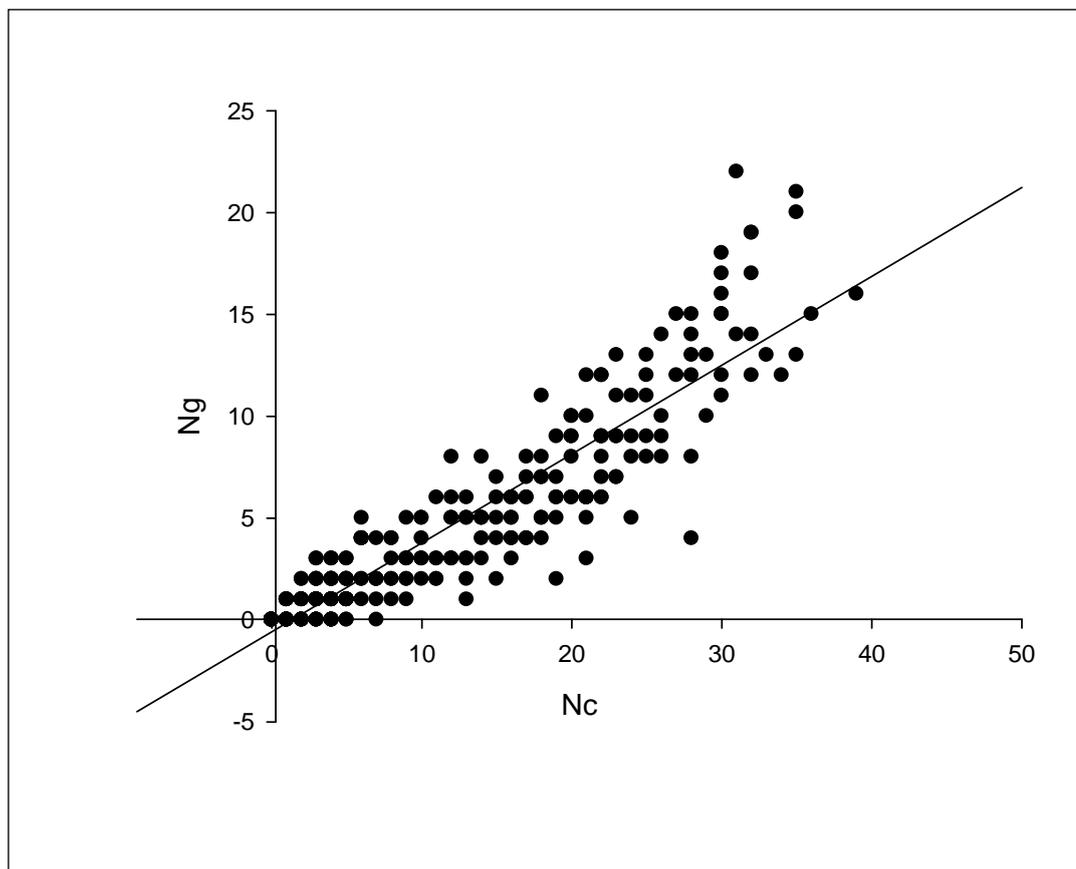
^{16}O	18.10	-----	-----	4.5	[12]
^{16}O	11.56	10.08	1.147	3.7	Present work
^{24}Mg	23.63	15.34	1.61	4.5	[13]
^{24}Mg	19.50	16.80	1.21	4.5	[13]
^{28}Si	19.85	-----	-----	4.5	[10]
^{28}Si	18.20	18.8	1.00	4.5	[13]
^{28}Si	21.85	14.09	1.55	4.5	[14]

في الاشكال (3, 4, 5, 6) قمنا بتوضيح اعتماد تعددية الجسيمات (N_h, N_b, N_g, N_s) على التعددية المركبة للجسيمات ، ومنه نلاحظ أن العلاقة خطية بين N_c وكلا من التعدديات السالفة الذكر ، وبارامترات هذه العلاقة موضحة بالمعادلة الآتية :

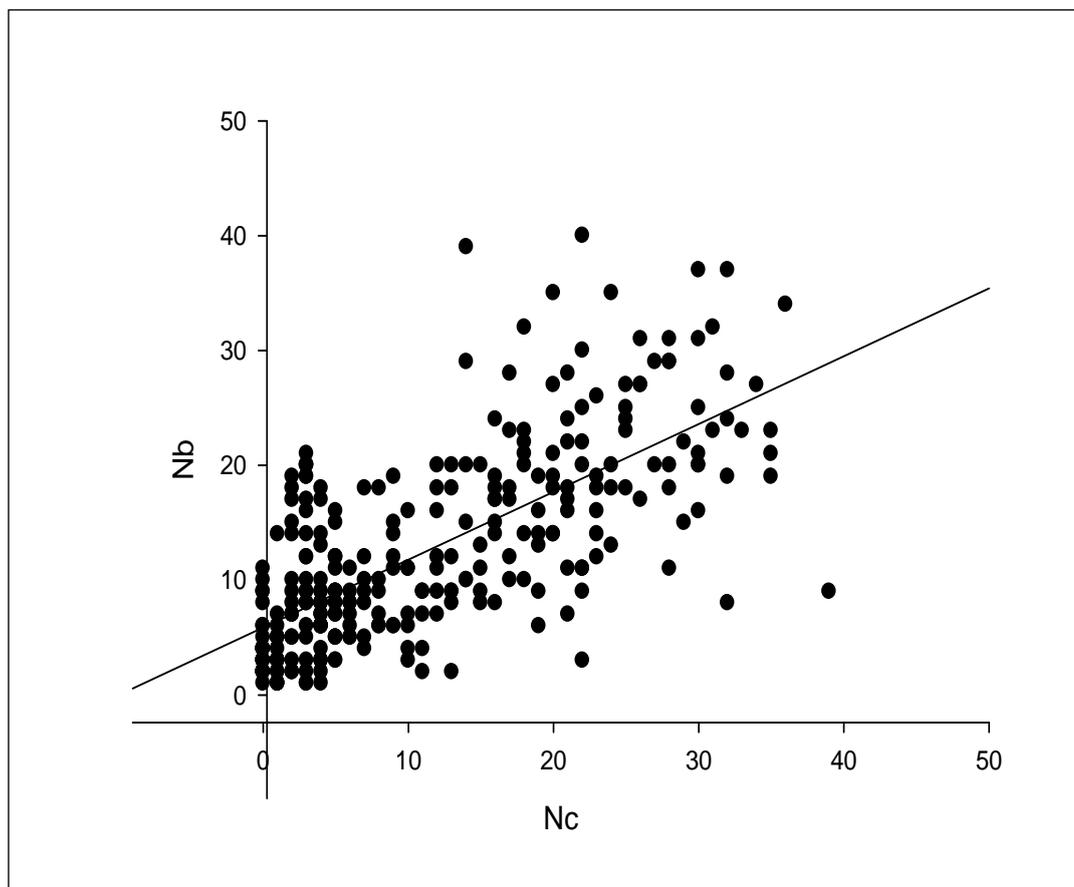
$$N_i = a + b N_c$$

حيث : $i = s, g, b, h$, وقيم البارامترات موضحة في الجدول (2) .

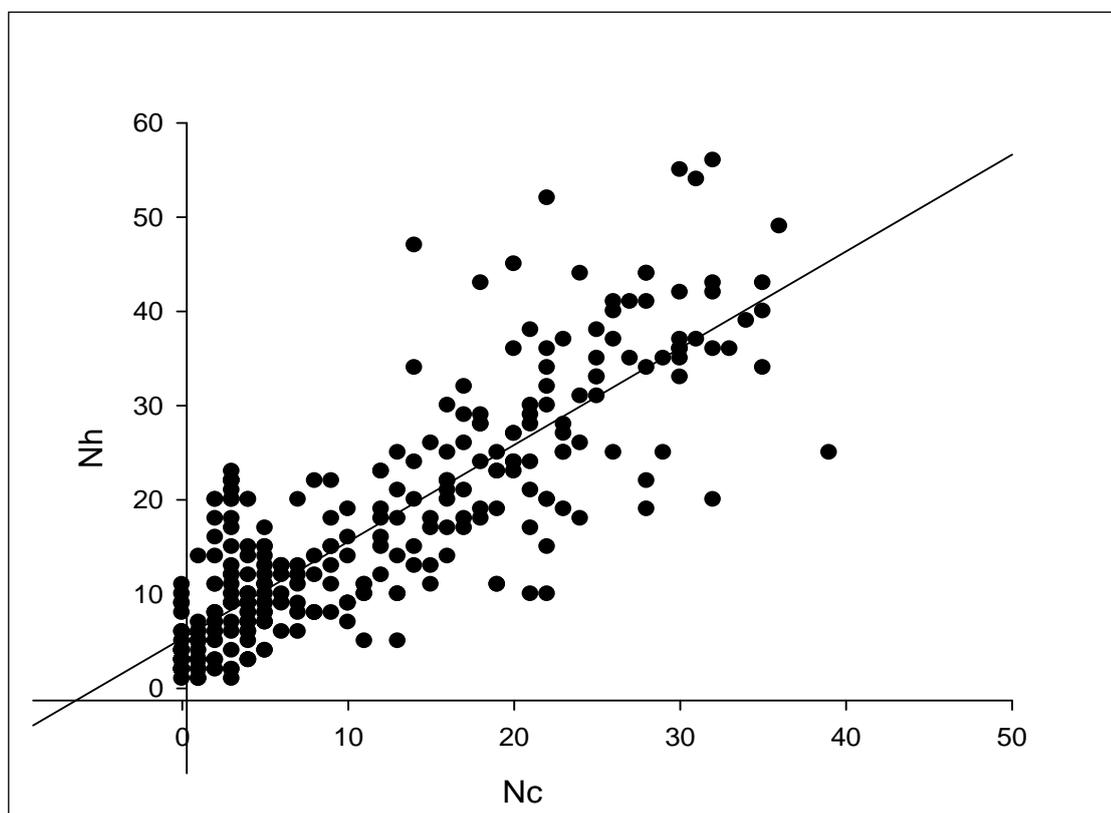
شكل (3) يوضح العلاقة بين التعددية المركبة والجسيمات الرمادية



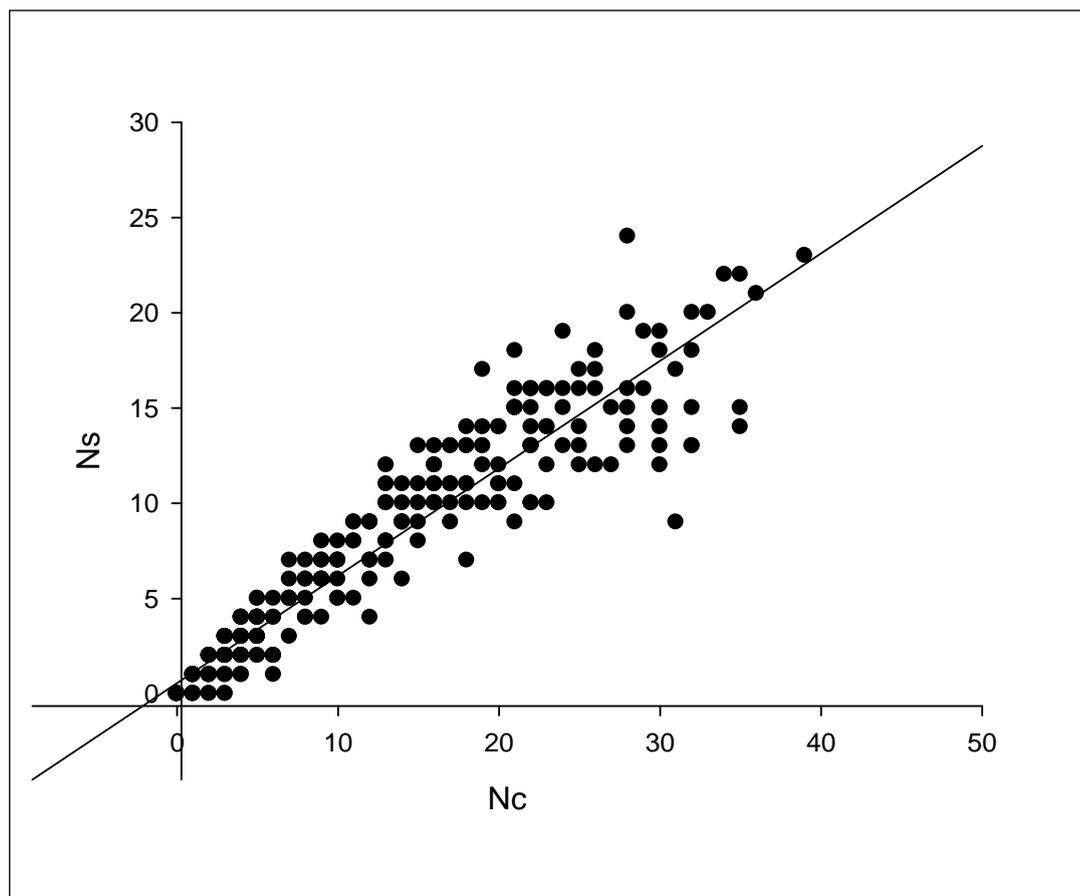
شكل (4) يوضح العلاقة بين التعددية المركبة والجسيمات السوداء



شكل (5) يوضح العلاقة بين التعددية المركبة والجسيمات الثقيلة



شكل (6) يوضح العلاقة بين التعددية المركبة والجسيمات الرذاذية

جدول (2) يوضح قيم البارامترات a و b

N_i	a	b
N_s	0	0.59
N_b	0	0.88
N_h	5.31	1.03
N_g	0.57-	0.44

أما في الجدول (3) فنوضح متوسط التعددية $\langle N_i \rangle$ لشظايا الهدف الناتجة في تصادمات المستحلب عند $(3.7 \text{ A GeV} / c)$ ، $(200 \text{ A GeV} / c)$.

أنوية المستحلب تم تقسيمها الى جزئين :

الأنوية الخفيفة ($C, N, O, N_h < 8$) والأنوية الثقيلة ($Ag, Br, N_h > 8$) , وكما نلاحظ من الجدول فالإختلاف في الأنوية الخفيفة أقل من الإختلاف في الأنوية الثقيلة , كذلك الإختلاف بين قيم $\langle N_b \rangle$ أصغر من $\langle N_g \rangle$, وهذا يتفق مع ماوصل إليه الباحث (Fu-Hu Liu) والذي تمت المقارنة بنتائجه في هذا الجدول . بالإمكان شرح سبب هذه الاختلافات المتشابهة بين الطاقين كالتالي :

1- رغم اختلاف الطاقة الا ان نواة الهدف هي نفسها والأنوية الحادثة هي نفسها ايضا , وعند طاقة المعجل

فإن عملية انتاج شظايا الهدف تتحدد في الاساس بواسطة الهندسة النووية .

2- بارامتر التصادم يزداد مع زيادة تأثير التفاعل الكهرومغناطيسي بين القذيفة والهدف , هذا يعني أن احتمالية الأحداث تزداد مع انخفاض التعددية .

3- أنوية الهدف تمتلك قوة إيقاف , حيث أن أنوية الأكسجين الناتجة بإمكانها اختراق الأنوية الخفيفة

(C, N, O) ولا يمكنها ذلك مع الأنوية الثقيلة (Ag, Br) , هذا عند طاقة ($3.7 \text{ A GeV} / c$) .

أما عند طاقة ($200 \text{ A GeV} / c$) , فبالإمكان أنوية الأكسجين اختراق كل الأنوية على السواء .

4- تنتج شظايا الهدف السوداء أساسا بواسطة إثارة الهدف المساهم , حيث تتحقق طاقات الإثارة للأهداف

عند الطاقات الحادثة وهي نفسها غالبا , وهذا يعني أن الاختلاف بين متوسطات التعددية السوداء $\langle N_b \rangle$

سيكون أقل , كذلك إسهام الهدف المساهم أكبر من الهدف اللامساهم بالطبع , ويزداد إسهام

المساهم ويتناقص نظيره للهدف اللامساهم عند الطاقات المنخفضة وذلك نتيجة لتأثير قوة الإيقاف .

جدول (3) يوضح متوسط التعددية لشظايا الهدف الناتجة في تصادمات المستحلب عند ($200, 3.7 \text{ A GeV} / c$)

Target(N_h Region)	$\langle N_b \rangle$	$\langle N_h \rangle$	$\langle N_g \rangle$	Energy AGeV/c	Ref
$N_h \geq 0$	12.7	11.1	4.5	3.7	Present work
$N_h < 8$	3.5	4.7	0.6		
$N_h > 8$	16.1	21.9	5.99		
$N_h \geq 0$	5.1	11.5	6.4	3.7	15
$N_h < 8$	1.6	2.9	1.3		
$N_h > 8$	9.5	22.1	12.6		
$N_h \geq 0$	4.1	8.0	3.9	200	15
$N_h < 8$	1.5	2.6	1.1		
$N_h > 8$	9.3	18.9	9.6		

الخلاصة (Conclusion):

1. تزداد تعددية الجسيمات الرذاذية الرمادية السوداء والثقيلة زيادة خطية مع زيادة التعددية المركبة للجسيمات.
2. قيمة النسبة $D(Nc) / \langle Nc \rangle$ مستقلة عن كتلة القذيفة .
3. التشابه والاختلاف في تعدديات شظايا الهدف عند $(200 \text{ AGeV} / c, 3.7)$ يمكن توضيحها بواسطة خصائص الهندسة النووية .

المراجع:

- [1]-Target fragmentation in oxygen-Emulsion collision ,Fu-Hu-Lio,(2001).
- [2]- Fu-Hu-Lio et al,Particle multiplicity distribution in silicon-emulsion collision at 4.5A GeV/C,PHYSICAL REVIEW C-67 ,047603 (2003).
- [3]- Manoj Kumar Singh ,Study of projectile fragmentation characteristics ,May(2011).
- [4]-Comparative Study for Nucleus-Nucleus Interactions and Modified Cascade Evaporation Model at (4.1-4.5)AGeV/C,A.EL-Naghy et al ,Heavy Ion Physics 15 (2002) 000-000.
- [5]- Fu-Hu-Lio ,Emission of relativistic light fragments in nucleus-Emulsion collisions at light energy ,vol.38,no.6 (2002)1063 1073.
- [6] –AABDDKLM TU-B Collaboration, Z.Phys. A 302, 133 (1981).
- [7] – E.S. Basova, G. M. Chernov,K.G. Gulamo, and B. G. Rokhimbaev, Z.Phys.A 287 ,393 (1978).
- [8] – DGKLM TN Collaboration, JINR Dubna Comm. P .1-8313 (1974).
- [9] – D. Ghosh, A. Mukhopadhy, A. Ghosh, and R.Sengupta, N ucl. Phys. A 499,850 (1989).
- [10] أ.حليمة الجمل وأ.د. مصطفى بعيو, مجلة الساتل المحكمة , العدد 17 , ص(1-11) , ديسمبر (2016).
- [11] – M. S.Khan, et al.,can. J. Phys. 75,1 (1997).
- [12] – V.A. Antonchich, et al.,Sov. J.Nucl. Phys. 39, 774 (1984).
- [13] – A. EL-Naghy, et al.,Tr. J. Phys. 19, 1170 (1995).
- [14] – B. K.Singh, I.D.Ojha and S.K. Tuli,Proc. DAE Symposium on Nuclear Physics, Bhabha Atomic Research Centre, Bombay, India, 35 B, 400 (1992)
- [15]-Fu-Hu Liu .Target Fragmentation in Oxygen-Emulsion Collision at Dubna and SPS Energies,CHINESE JOURNAL OF PHYSICS,vol.40,NO.2 (APRIL 2002).