



سومین همایش علمی - تخصصی فیزیک دانشگاه پیام نور دانشگاه پیام نور استان خوزستان - 23 الی 25 آذر 1387

چکیده - در این مقاله شعاع هسته را با استفاده از برهم کنش های نابودی الکترون-پوزیترون محاسبه می کنیم. با توجه به آنکه شعاع ناحیه بر هم کنش در نابودی الکترون-پوزیترون قابل مقایسه با شعاع هسته است از این رو با استفاده از داده های آشکار ساز AMY، مربوط به برهم کنش e^+e^- در انرژی مرکز جرم 60GeV ، تکانه عرضی را نسبت به پرتو فرودی محاسبه می کنیم، سپس با استفاده از فرمول عدم قطعیت هایزنبرگ شعاع هسته را اندازه می گیریم. مشاهده می کنیم مقدار عددی بدست آمده با این روش با محاسبات نظری مطابقت دارد.

کلید واژه - شعاع هسته، کوارک، ناحیه برهم کنش، هادرونها.

Calculation of Radius of a Nucleon by using the interaction region in electron-positron annihilation

1-Zomorrodian M.E, 2- Zarei Gh.R

1-Ferdowsi university, Physics dept 91775-1436, Iran- Mashhad.

2-Payame noor university, Physics dept 93919951630 Iran-Fariman.

Abstract-In this paper we calculate radius of the nucleon by using electron-positron annihilation. Since the radius of the interaction region is similar to the radius of a nucleon, we calculate the transverse momentum with respect the incoming beam by using the e^+e^- data at 60GeV centre of mass energy. Next we measure radius of the nucleon from the Heisenberg uncertainty principle. We observe that our numerical value obtained by this method, is consistent with that of the theoretical calculations.

Keywords: Hadrons, Interaction region, Quark, Radius of the nucleon.

6) پراکندگی α (آزمایش راتروفورد)

- 7) و اپاشی پرتوهای گاما
8) اندرکنش $n-p$

9) بررسی هسته های زوج-زوج

10) انتقال ایزوتوپ پرتو ایکس
11) و اپاشی μ

هدف از این مقاله بدست آوردن شعاع هسته با استفاده از داده های آشکار ساز AMY از شتاب دهنده *TRISTAN* واقع در مرکز تحقیقات *KEK* ژاپن است. در ادامه با بدست آوردن یک سری داده های

1- مقدمه

برای بدست آوردن شعاع هسته راههای مختلف وجود دارند که عبارتند از:

1) اندازه گیری شعاع هسته توسط پراکندگی الکترون های سریع

2) محاسبه شعاع هسته توسط پراکندگی نوترونهای سریع

3) استفاده از عدم قطعیت هایزنبرگ

4) و اپاشی ذرات α

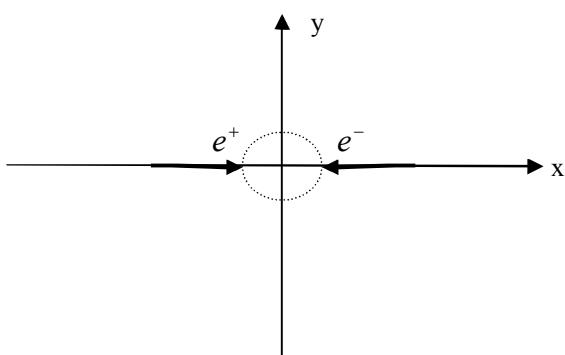
5) هسته های آینه ای

شکل 1 آشکار ساز *AMY* [1].

3- ناحیه برهم کنش e^+e^-
 با توجه به عدم دسترسی به بر هم کنش های هادرон ها با هسته می توان از بر هم کنش های الکترون- پوزیtron استفاده کرد. شایان ذکر است که در نابودی e^+e^- ، ناحیه ای که کوارک ها به هادرون ها تبدیل می شوند نقطه ای نیست و این ناحیه موسوم به ناحیه بر هم کنش، با شعاع هسته قابل مقایسه است. به این ترتیب با استفاده از داده هایی که از نابودی الکترون- پوزیtron داریم این ناحیه را میتوان انتظار می روید. محاسبات بدست آمده مقادیری به ما بدهد که با شعاع هسته قابل مقایسه باشد.

4- تعیین اندازه چشمی یا شعاع ناحیه بر هم کنش e^+e^-

با استفاده از اصل عدم قطعیت و همجنین نتایج حاصل از پراکندگی ذرات بوجود آمده از بر هم کنش e^+e^- ، شعاع ناحیه بر هم کنش را می توان برآورد نمود. طبق شکل 2 برای ذره بنیادی فرودی، سرعت ذره تنها در امتداد محور X هاست و در امتداد محور Y ها سرعت یا تکانه تصویری خواهد داشت. بعد از پراکندگی، تکانه ذرات پراکنده شده دارای دو مولفه P_X و P_Y می باشد. قانون پایستگی تکانه ایجاب می کند برآیند P_y ها بعد از پراکندگی، صفر باشد.



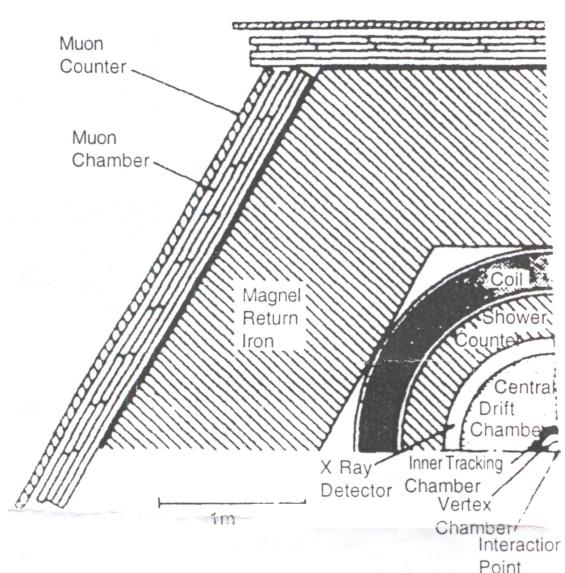
تجربی قابل دسترس، تکانه خطی و جهت آن را برای هر ذره پراکنده شده بدست می آوریم. پس از آن با توجه به رابطه عدم قطعیت هایزنبرگ می توان از روی مولفه های تکانه خطی، ابعاد هسته را بدست آورد.

2- رویه آزمایشگاهی

آشکار ساز *AMY* (شکل 1) مشتمل بر یک آشکار ساز رد یاب ذرات باردار و یک شمارشگر رگباری است که در داخل یک سیم پیچ مغناطیسی با شدت 3 تسل قرار داشته و مجموعه آن با قطعات ضخیم فولادی مصور شده است. در پشت سر این لایه، استوانه ای با 4 لایه از لوله های رانشی (اتاکه رانش مرکزی یا *CDC*) قرار دارد. ذرات باردار عمدتاً بر روی یک ناحیه زاویه ای قطبی آشکار می شوند.

در خارج از *CDC* یک کالریمتر الکترو مغناطیسی به درازای 15 طول تابشی وجود دارد که به آن شمارنده رگباری یا *SHC* می گویند و به عنوان یک آشکار ساز فوتون عمل می نماید.

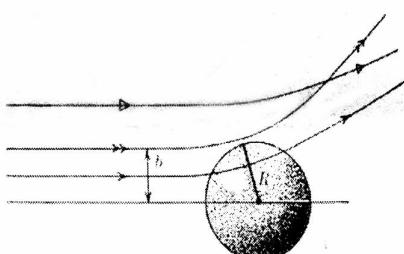
آشکار ساز یک ناحیه زاویه ای را کاملاً می پوشاند، به این ترتیب تکانه ذرات باردار در *CDC* و انرژی ذرات خنثی در *SHC* اندازه گیری می شوند. توضیح بیشتر برای شرایط آزمایشی در مرجع [1] آمده است.



یک ورقه نازک طلا مورد بررسی قرار گرفت [2]. بیشترین اخraf از واکنش کولنی بین ذرات α ($Z_\alpha=2$) و هسته طلا ($Z=79$) ناشی می شود. فرض کنید هسته طلا دارای شعاع R باشد. شکل 4 مسیر ذره α را نشان می دهد، که توسط پارامتر برخورد آن مشخص می شود. به ازای $b > R$ به وضوح هر چه b کوچکتر باشد، ذره α به هسته نزدیکتر خواهد بود. با این همه به ازای $b > R$ ذره α از میان توزیع بار عبور خواهد کرد، مادامی که ذره در داخل هسته است نیروهایی که اخraf را تولید می کنند بسیار قوی هستند. بیشینه اخraf وقتی رخ می دهد که ذره α بر لبه هسته منطبق می باشد و در این حالت شعاع توزیع بار به طور تقریبی برابر با بیشینه اخraf است. این ایده را نیز می توان از نظر کمی با استفاده از نظریه کلاسیکی دنبال کرد. یک مسیر با اخraf اندازه R را در نظر می گیرید. سرعت ذره در طول مسیر اولیه حرکت به سمت هسته کند می شود و به هنگام پشت سرگذاشتن هسته بر سرعت آن افزوده می شود. اخraf اصلی هنگامی رخ می دهد که ذره درست هسته را پشت سر می گذارد. به این ترتیب نیروی رانش کولنی در این ناحیه تقریباً برابر است با:

(1)

$$F = Z_0 Z e^2 / b^2$$



شکل 2

حال اگر راستای ذره فرودی را با L نمایش دهیم می توان مولفه تکانه عمود بر راستای L (P_T) را برای تمام ذرات پراکنده شده یک رویداد حساب کرد. طبق رابطه عدم قطعیت هایزنبرگ، بین مولفه عدم قطعیت R (شعاع ناحیه بر هم کنش) و مولفه عدم قطعیت P_T (تکانه عرضی ذره) رابطه $\Delta P_T \Delta R \geq \hbar/2$ برقرار است.



شکل 3

اگر در اندازه گیری محل پراکنده بشه اندازه ΔR خطای داشته باشیم در این صورت حد اکثر خطای برابر است با $\Delta R = R$ ، که R در حدود ابعاد ناحیه بر هم کنش است. بدین ترتیب اگر میانگین کل تکانه ذرات پراکنده شده در راستای خور عمود بر راستای فرودی (\bar{P}_T) باشد، برای اندازه گیری تکانه هر ذره به اندازه ΔP_T خطای خواهیم داشت، که با احتساب حد اکثر خطای توانیم بنویسیم $\Delta P_T = \bar{P}_T$
 $\Delta P_T \approx P_T$
 $\Delta R \approx R$
 $\Delta P_T \Delta R \geq \hbar/2 \Rightarrow \bar{P}_T R \approx \hbar/2 \Rightarrow R = \hbar/2\bar{P}_T$

5- محاسبه شعاع هسته با استفاده از پراکنده را ترکیب

اندازه گیری شعاع هسته اولین بار توسط راترفورد در سال 1912 میلادی انجام شد. آزمایش او از طریق مطالعه اخrafات تولید شده در مسیر ذرات α در عبور آن از

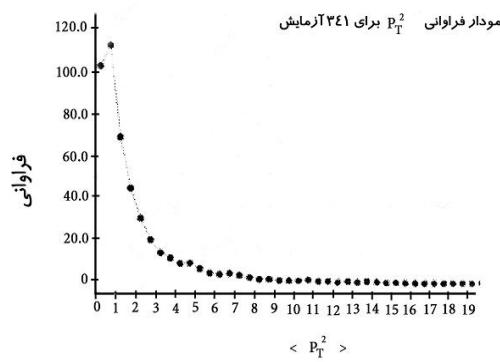
مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته اند[1]. در این روش تکانه هر ذره را عمود بر فرودی (تکانه عرضی، ΔP_Y) به دست می آوریم. شکل 5 توزیع تکانه عرضی را در راستای عمود بر ذره فرودی نشان می دهد. با استفاده از این نمودار میانگین تکانه عرضی کل را محاسبه می نماییم و با استفاده از فرمول عدم قطعیت هایزنبرگ:

$$\Delta P_Y \Delta Y \geq \hbar/2 \rightarrow P_T \cdot Y = \hbar/2P_T \rightarrow Y = \hbar/2P_T$$

شعاع هسته را بدست می آوریم:

$$Y = R = 4/9 \times 10^{-14} \text{ m}$$

مشاهده می کنیم که این نتیجه با نتیجه به دست آمده از طریق محاسبات راترفورد تا تقریب چندین مرتبه بزرگی مطابقت دارد.



شکل 5

7- نتیجه‌گیری

در این مقاله با استفاده از داده های الکترون-پوزیtron در انرژی مرکز جرم 60Gev 60 شاعع ناحیه برهمن کنش را محاسبه می کنیم. شاعع این ناحیه با شاعع هسته قابل مقایسه است. از این رو با استفاده از این داده ها، تکانه عرضی را نسبت به پرتو فرودی محاسبه می کنیم. پس از آن با استفاده از فرمول عدم قطعیت هایزنبرگ شاعع ناحیه بر هم کنش را اندازه می گیریم، مشاهده می کنیم مقدار عددی بدست آمده با این روش با محاسبات نظری و با شاعع هسته مطابقت دارد.

شکل 4

باشد، نیرو برای $\Delta t = b/v$ عمل اگر سرعت ذره v زمان می کند. این بر طبق قانون نیوتن ($F = \Delta p/\Delta t$) یک تکانه عرضی را تولید خواهد کرد[2].

$$(2) \quad \Delta P = F \Delta t = z_\alpha z e^2 / bv$$

اخراج برابر است با:

$$(3) \quad \theta = \Delta p/p = z_\alpha z e^2 / mbv^2$$

که در آن m جرم ذره α است بدین ترتیب رابطه تقریبی این اخراج و پارامتر برخورد برابر است با:

$$(4)$$

$$b = z_\alpha z e^2 / mv^2 \theta$$

بیشینه اخراج که توسط راترفورد مشاهده گردید از مرتبه یک رادیان بود و همان گونه که قبل ذکر گردید می توان پارامتر برخورد متناظر با این اخراج را با شاعع هسته مساوی گرفت. بدین ترتیب

$$(5) \quad (b = R, \theta = 1) \quad (b = R, \theta = 1)$$

$$b = z_\alpha z e^2 / mv^2$$

با انتخاب $m = 6 \times 10^{27} \text{ kg}$ و سرعت تا اندازه ای کمتر از سرعت نور:

$$v \leq 10^7 \text{ m/s}$$

مقدار R تقریبا برابر است با:

$$R \leq 10^{-14} \text{ m}$$

6- محاسبه شاعع هسته با استفاده از عدم قطعیت هایزنبرگ

در این روش از داده های الکترون- پوزیtron که در انرژی مرکز جرم 60Gev در آشکار ساز AMY تهیه گردیده، استفاده می کنیم داده های مربوط به نابودی الکترون- پوزیtron طی یک دوره فرست مطالعاتی در آن مرکز تهیه گردیده اند، پس از آن در دانشگاه فردوسی توسط محققین



سومین همایش علمی - تخصصی فیزیک دانشگاه پیام نور
دانشگاه پیام نور استان خوزستان - 23 الی 25 آذر 1387

References

- [1]: AMY collaboration, K L Stern, et al. physics lett. B303 (1993) 385
- [2] Y.Y. Kim et al, phys. Rev. Lett.63 1772(1989)
- [3] P.T. Mathews . F.R.S. introduction to Quantum Mechanics. McGRAW.