

# SID



سرویس های ویژه



سرویس ترجمه تخصصی



کارگاه های آموزشی



بلاگ مرکز اطلاعات علمی



سامانه ویراستاری STES



فیلم های آموزشی

## کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی

دوره ترمین

کارگاه آنلاین  
بررسی مقابله ای متون (مقدماتی)

دوره ترمین

کارگاه آنلاین  
پروپوزال نویسی و پایان نامه نویسی

دوره ترمین

کارگاه آنلاین آشنایی با پایگاه های اطلاعات علمی بین المللی و ترند های جستجو

## تفاوت بین جت های کوارک و گلوئون در فرآیند نابودی الکترون-پوزیترون

هاشمی نیا<sup>۱</sup>، مریم<sup>۱</sup>؛ زمردیان، محمدابراهیم<sup>۲</sup>؛ میرجلیلی، ابوالفضل<sup>۱</sup>؛ سپهری، علیرضا<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup>دانشکده فیزیک، دانشگاه یزد

<sup>۲</sup>گروه فیزیک، دانشکده علوم دانشگاه فردوسی، مشهد

<sup>۳</sup>دانشکده فیزیک، دانشگاه شهید باهنر، کرمان

### چکیده

در بررسی فرآیند نابودی الکترون پوزیترون و تولید هادرون ها در انرژی های بالا به جز رویدادهای دو جتی نشانه هایی از رویدادهای سه جتی نیز مشاهده می شود که بر طبق مطالعات *QCD* به عنوان تابش یک گلوئون ساطع شده از کوارک شناخته شده است. در این مقاله ترکش کوارک ها و گلوئون ها را به جت های هادرونی مورد مطالعه قرار می دهیم. و نشان می دهیم که در انرژی های یکسان چندگانگی جت گلوئون بیشتر از چندگانگی جت کوارک است. بعلاوه با در نظر گرفتن طعم های مختلف در توزیع کوارک ها و گلوئون ها به این نتیجه می رسیم که جت های کوارک وابسته به طعم بوده در حالیکه جت گلوئون فاقد طعم می باشند. همچنین مشاهده می شود که ترکش جت گلوئون از ترکش جت کوارک نرم تر است

## The difference between Quark and Gluon jets in electron-positron annihilation

M. Hashemini<sup>1</sup>, M.E. Zomorrodian<sup>2</sup>, A. Mirjalili<sup>1</sup>, A. Sepehri<sup>3</sup>

1-Faculty of Physics, University of Yazd, P.O.Box 89195-741 Yazd, Iran

2- Department of physics, Ferdowsi University of Mashhad, 91775-1436, Mashhad, Iran,

3- Faculty of Physics, Shahid Bahonar University, P.O.Box 76175, Kerman, Iran.

### Abstract

The analysis of electron positron annihilations to hadrons at high energies shows that apart from two jet events, there are also signs of three jet events which is interpreted according to the *QCD*, as a gluon radiating by a quark. In this paper, we investigate the fragmentation of quarks and gluons into hadron jets. We show that gluon jets have a higher multiplicity compared to that for quark jets of the same energy. Furthermore, inclusion of different flavors in the distributions shows that quark jets are flavor dependent, while gluon jets are lack of flavors. We observe that the fragmentation for gluon jet is softer than that for quark jet.

PACS.No :13

روش مونت کارلو این خصوصیات را در انرژی های مختلف با یکدیگر مقایسه می کنیم. سپس نتایج به دست آمده از شبیه سازی مونت کارلو را با داده های آزمایشگاهی که از آشکارساز AMY واقع در KEK ژاپن در دست است مورد بررسی قرار می دهیم.

### الگوریتم JADE

الگوریتم های یابندهی جت در نابودی  $e^+e^-$  براساس ترکیب خوشه ای جفت ذرات نزدیک به هم، برای تشکیل شبه ذرات بنا شده اند. این روش به صورت تکراری برای ترکیب ذرات ادامه می یابد تا زمانی که، رویدادها شامل تعداد اندکی شبه ذره جدا

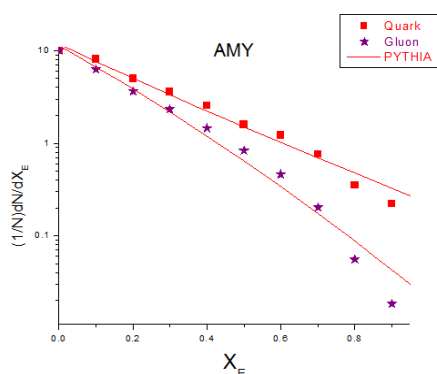
### مقدمه

در دنیای دینامیک کوانتومی رنگ (*QCD*) سرچشمه جت های مشاهده شده در آزمایش ها، کوارک ها و گلوئون ها می باشند. جت هایی که منشاء آنها کوارک ها و پاد کوارک ها می باشند تاکنون با جزئیات کامل مورد بررسی قرار گرفته اند اما در مورد جت هایی که از گلوئون ها ناشی می شوند اطلاعات نسبتاً اندکی در دسترس است [1]. در این مقاله خصوصیات مربوط به ترکش جت کوارک و جت گلوئون را با استفاده از الگوریتم JADE مورد بررسی قرار می دهیم [2,3,4] سپس با استفاده از

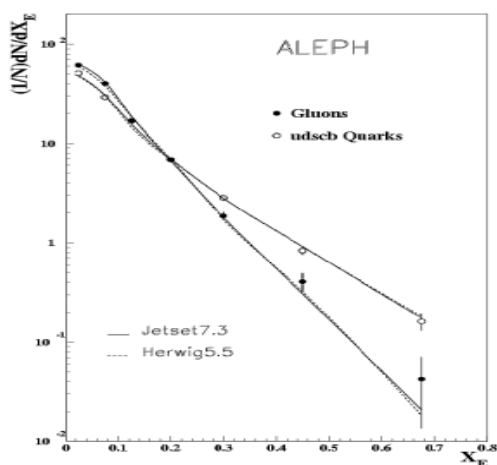
پارامتر بعدی که مورد بررسی قرار می دهیم و بیانگر اختلاف بین جت کوآرک و گلوئون می باشد مربوط به تابع ترکش است. تابع ترکش توصیف کننده گذار پارتون اولیه به هادرون نهایی می باشد. جت های کوآرک و گلوئون اختلافشان را در توابع ترکش بصورت کسری از انرژی که توسط هر ذره حمل می شود و بصورت زیر تعریف می شود نشان می دهند:

$$x_E = \frac{E_{part}}{E_{jet}} \quad (2)$$

برطبق الگوریتم JADE قادر هستیم جت های کوآرک و گلوئون را از یکدیگر جدا نماییم. در شکل ۲ تابع ترکش شامل کوآرک با تابع ترکش شامل گلوئون با یکدیگر مقایسه شده اند. شکل ۳ نیز توزیع مشابهی را با استفاده از داده های ALEPH نشان می دهد. با مقایسه دو شکل مشاهده می کنیم که دو نمودار با یکدیگر سازگارند. در هر دو مورد سطح مقطع توزیع ترکش جت کوآرک از سطح مقطع متناظر برای جت گلوئون بیشتر است [5]



شکل ۲: توزیع های ترکش برای جت های کوآرک و گلوئون

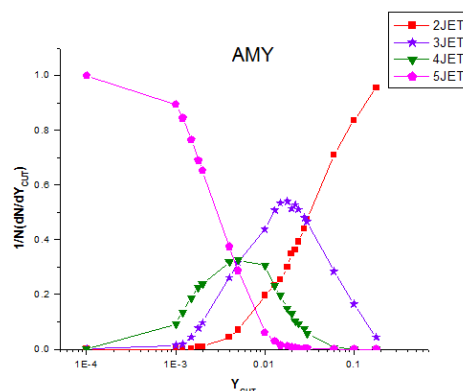


شکل ۳: توزیع ترکش جت های کوآرک و جت های گلوئون [5]

شده‌ی مناسب، در چارچوب قواعد تعریف شده در الگوریتم مورد نظر، گردند. در این مورد با بهره گیری از الگوریتم خوشه ای JADE جت ها را با استفاده از متغیرهای سینماتیکی که در زیر آمده است، از یکدیگر تفکیک می کنیم. برای همه جفت ذرات  $i$  و  $j$  مربع جرم ناوردای مقیاس شده  $y_{ij}$  بصورت زیر محاسبه می‌شود:

$$y_{ij} = \frac{2E_i E_j (1 - \cos \theta_{ij})}{E_{vis}^2} \quad (1)$$

که در آن  $E_i$  و  $E_j$  انرژی های ذرات و  $\theta_{ij}$  زاویه بین راستای بردارهای اندازه حرکت آنها و  $E_{vis}$  انرژی مشاهده شده برای هر رویداد می باشد. به این ترتیب جفت ذره با کمترین مقدار  $y_{ij}$  پیدا شده و اگر این مقدار کمتر از پارامتر  $y_{cut}$  باشد این جفت ذره با یک شبه ذره که چاربردار اندازه حرکت آن بصورت  $P^\mu = P_i^\mu + P_j^\mu$  است جایگزین می شود. سپس این فرآیند توسط جفت جدید متشکل از شبه ذره و ذرات ادامه پیدا می کند تا وقتی که تمام مقادیر  $y_{ij}$  بزرگتر از مقدار  $y_{cut}$  تعریف شده شوند. به این ترتیب تمام ذرات در تشکیل جت مشارکت داده می شوند. توزیع فراوانی های جت بدست آمده توسط این الگوریتم خوشه ای به مقدار تعریف شده برای پارامتر  $y_{cut}$  بستگی دارد.

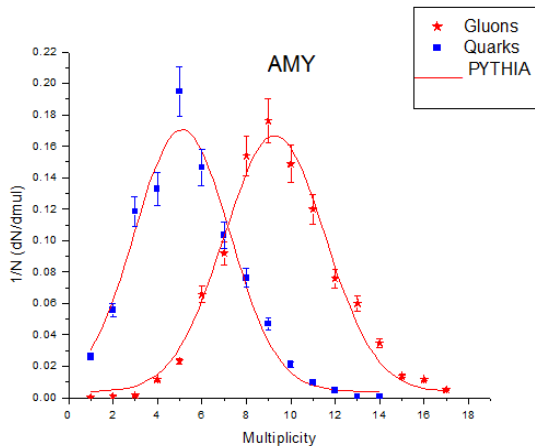


شکل (۱): کسر ۲، ۳، ۴ و ۵ جتی ها برای  $y_{cut}$  های مختلف

برای  $y_{cut}$  های خیلی کوچک تعداد جت های بیشتری یافت می شود درحالیکه به ازای  $y_{cut}$  بزرگ اغلب رویدادهای دو جتی دیده می شوند. در شکل ۱ فراوانی رویدادهای چند جتی برای بازه ای از  $y_{cut}$  ها نشان داده شده است. از شکل پیداست که مقدار بهینه  $y_{cut}$  برای رویدادهای سه جتی  $y_{cut} = 0.02$  می باشد.

## تابع ترکش

## توزیع چندگانگی جت ها



شکل ۴: توزیع چندگانگی جت های کوآرک و جت های گلوئون

## عامل رنگ

در QCD به گلوئون ضریب بار رنگ  $C_A=3$  و به کوآرک ضریب بار رنگ  $C_F=4/3$  تعلق می گیرد. ضریب بار رنگ گلوئون به نسبت  $C_A/C_F=9/4$  بزرگتر از ضریب بار رنگی کوآرک است، یعنی گلوئون بیشتر از کوآرک تابش می کند که اگر شرط مجانبی  $E_{particle} \ll E_{jet}$  برقرار باشد این ضریب برابر است با  $\frac{C_A}{C_F} = 2.25$  می باشد [۶]. که منجر به یکی از اختلافات مهم بین

جت های کوآرک و جت های گلوئون می شود. در واقع این تفاوت منجر به تابش گلوئون های نرم و در نتیجه ایجاد یک جت کم انرژی تر اما پهن تر برای گلوئون می شود. همچنین نسبت بین

میانگین چندگانگی دو جت کوآرک و گلوئون  $r = \frac{\langle N \rangle_g}{\langle N \rangle_q}$  از

نظر تئوری بسیار مورد توجه قرار دارد چرا که این ضریب با نسبت ضریب رنگ های دو جت  $\frac{C_A}{C_F}$  یکسان است [۶]. این

نسبت را برای داده های AMY در انرژی 60 GeV و داده های مونت کارلو در بازه انرژی 20-172 GeV در جدول شماره ۱ آمده است. نتایج مونت کارلو در 60 GeV با نتایج بدست آمده از داده های آزمایشگاهی در همین انرژی همخوانی دارند. همچنین با افزایش انرژی یک افزایش اندک در مقدار این نسبت مشاهده می شود اما به دلیل آنکه این انرژی ها به اندازه کافی بزرگ نیستند، از مقدار مجانبی ۲.۲۵ فاصله زیادی دارند [8].

با بررسی چندگانگی ذرات باردار در جت ها، به این نتیجه می رسیم که جت گلوئون چندگانگی بیشتری نسبت به جت کوآرک دارد و همچنین با افزایش انرژی مرکز جرم چندگانگی در جت گلوئون و کوآرک افزایش می یابد. در شکل ۴. توزیع چندگانگی جت های کوآرک و گلوئون برای داده های AMY و داده های مونت کارلو PYTHIA در انرژی مرکز جرم 60 GeV به تفکیک رسم شده اند. با در نظر گرفتن خطاهای آماری مشاهده می کنیم که چندگانگی جت گلوئون بیشتر از چندگانگی جت کوآرک است. همچنین نتایج حاصل از داده های مونت کارلو روند یکسانی را با داده های حقیقی دارند. بدین ترتیب در صورت نیاز به انرژی های دیگری به طور مناسبی می توان از داده های شبیه سازی شده استفاده نمود.

در این مرحله تاثیر طعم های گوناگون بر چندگانگی جت کوآرک و جت گلوئون را مورد مطالعه قرار می دهیم. شکل 5 فراوانی میانگین چندگانگی ذرات باردار را بر حسب انرژی جت کوآرک برای طعم های گوناگون نشان می دهد. مشاهده می شود که در یک انرژی مشخص جت، با افزایش جرم کوآرک فراوانی میانگین ذرات باردار نیز افزایش می یابد. این نتیجه برای کوآرک b که جرم بیشتری نسبت به کوآرک های c,s,u,d دارد بهتر قابل تشخیص است. به عبارت دیگر اختلاف بین این توزیع ها برای کوآرک های سبک تر چندان قابل اهمیت نیست. شکل ۶ توزیع مشابهی را برای جت گلوئون با طعم های متفاوت نشان می دهد. بر خلاف شکل 5 تفاوت طعم ها تغییر قابل توجهی را در توزیع نشان نمی دهد. این نتیجه قابل پیش بینی است، زیرا همانگونه که از نظریه QCD انتظار می رود گلوئون ها فاقد طعم هستند در صورتیکه کوآرک ها حامل طعم می باشند. این رفتار به عنوان یک اختلاف اساسی بین جت های کوآرک و جت های گلوئون جلوه گر می شود. همچنین تفاوت اندکی که در انتهای توزیع شکل ۵ مشاهده می شود احتمالاً به دلیل خطاهایی است که در تفکیک جت های گلوئون و جت های کوآرک رخ می دهد، نتیجه می گیریم که نتایج ما با نظریه QCD سازگار است.

در انرژی مرکز جرم  $60\text{GeV}$  بر مبنای پارامتر ترکش  $x_E$  و همچنین بر مبنای توزیع های چند گانگی مورد بررسی قرار گرفته است. با توجه به نظریه QCD، به دلیل بار رنگ بیشتری که توسط گلوئون ها حمل می شود انتظار می رود که جت های گلوئون تفاوت های قابل ملاحظه ای را نسبت به جت های کوارک از خود نشان دهند. از اینرو پیش بینی می شود که در یک انرژی مشابه، جت گلوئون چند گانگی بیشتر، ترکش نرم تر و زاویه پهن تری نسبت به جت کوارک داشته باشد. همچنین تاثیر طعم های متفاوت را بر فراوانی جت کوارک و گلوئون مورد مطالعه قرار می دهیم. با افزایش طعم های سنگین، تغییر چشمگیری در توزیع جت کوارک مشاهده میشود، اما تغییر قابل ملاحظه ای در توزیع جت گلوئون مشاهده نمی شود. دلیل آن بر این واقعیت استوار است که بر مبنای نظریه QCD جت های کوارک حامل طعم هستند در صورتی که جت های گلوئون فاقد طعم می باشند. این نتایج با نظریه QCD سازگار است [۷].

### تقدیر و تشکر

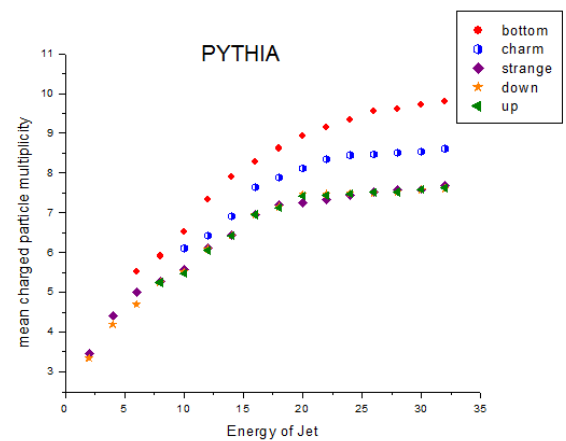
از اعضای KEK و شتابدهنده AMY که داده های آزمایشگاهی را در اختیار ما قرار دادند تشکر و قدردانی می شود.

### مراجع

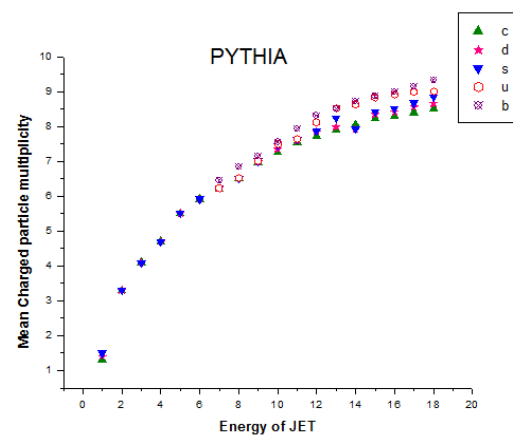
- [۱] JADE Collab W Bartel et al, *Phys.Lett.* **123B**,460 (1983), Z. Phys. C21, 37 (1983).
- [۲] JADE Collab W Bartel et al, Z Phys C33 (1986)23, S Bethke et al, *phys Lett* **B213** (1988) 235.
- [۳] S Catani et al, *Phys Lett* **B264** (1991) 432.
- [۴] Jet rates in electron-positron annihilations at  $o(\alpha^3)$  in QCD, A.Gehrmann, T.Gehrmann, E.W.N.Glover,.. *Phys.Rev.Lett.* **100**, **172001** (2008)
- [۵] Fuster.J, Mart.S. (1995)"Charged Particle Production in the Fragmentation of Quark and Gluon Jets"<*arXiv:hep-ex/9511002v4* 17 Nov 1995.
- [۶] Differences between Quark and Gluon jets as seen at LEP. Marek Tesevsky. arXiv:hep-ex/0110084v1.
- [۷] P J Rijken and W L Van Neerven, *Phys Lett.* B386(1996) 422.
- [8] Manageol, J., "Correlation in the Charged Particle Multiplicity Distribution", university of Nijmegen, 2002.

جدول ۱: نسبت میانگین ذرات باردار در جت گلوئون به جت کوارک

E (GeV)	r
20	$1.58 \pm 0.038$
60(AMY)	$1.62 \pm 0.034$
60	$1.64 \pm 0.033$
91.2	$1.65 \pm 0.042$
133	$1.67 \pm 0.037$
161	$1.69 \pm 0.039$
172	$1.71 \pm 0.041$



شکل ۵: فراوانی میانگین چندگانگی ذرات باردار برحسب انرژی جت کوارک



شکل ۶: فراوانی میانگین چندگانگی ذرات باردار برحسب انرژی جت گلوئون

### نتیجه گیری

در این مقاله ترکش ذرات باردار در نابودی الکترون-پوزیترون

# SID



سرویس های ویژه



سرویس ترجمه تخصصی



کارگاه های آموزشی



بلاگ مرکز اطلاعات علمی



سامانه ویراستاری STES



فیلم های آموزشی

## کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی

توجه: بررسی مقاله ای متون (مقدماتی)

کارگاه آنلاین  
بررسی مقابله ای متون (مقدماتی)

PROPOSAL  
پروپوزال

توجه: پروپوزال نویسی و پایان نامه نویسی

کارگاه آنلاین  
پروپوزال نویسی و پایان نامه نویسی

ISI  
Scopus

توجه: آشنایی با پایگاه های اطلاعات علمی بین المللی و ترند های جستجو

کارگاه آنلاین آشنایی با پایگاه های اطلاعات علمی بین المللی و ترند های جستجو