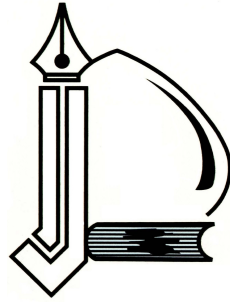

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ



دانشگاه فردوسی مشهد

دانشکده علوم

گروه فیزیک

مطالعه جفت شدگی های نابهنجار راس tbW با استفاده از کوارک تاپ منفرد تولید شده از طریق کانال t در LHC

ارایه شده جهت اخذ درجه ی کارشناسی ارشد در رشته ی فیزیک گرایش ذرات بنیادی

اساتید راهنما

علیرضا مختاری امیر مجدی و مجتبی محمدی نجف آبادی

نگارش

مرتضی خطیری یانه سری

تیر ۱۳۸۹

تقدیم بہ پدر و مادر م

قدردانی

سپاس خدایی را که صاحب صفات عالیہ است. خداوند متعال را شاکرم که در ایام جوانی فرصت تحصیل و تهذیب در جوار امام رئوف علی بن موسی الرضا را به من ارزانی کرد.

بر خود لازم می دانم که از استاد فرهیخته و گرانقدر، جناب آقای دکتر مختاری کمال تشکر را داشته باشم. کسب علم و اخلاق در کنار ایشان، برای من افتخاری بس بزرگ بود. باشد که همواره قدردان زحمات بی دریغ ایشان باشم.

همچنین از استاد عزیز و گرامی جناب آقای دکتر محمدی نجف آبادی کمال قدردانی را دارم. استفاده از تجارب علمی ایشان به عنوان محقق جوان در پژوهشگاه دانشهای بنیادی برای بنده فرصت بسیار مناسبی را در امر تحقیق فراهم کرد.

از اساتید بزرگوار جناب آقای دکتر زمردیان و دکتر جاویدان که زحمت داوری این پایان نامه را برعهده گرفتند سپاسگزارم.

از تمامی دوستان بزرگواری که در طول این مدت یاری گر بنده بوده اند تشکر کرده و از خداوند منان برای تمامی آن ها آرزوی موفقیت و سربلندی می کنم.

در پایان جا دارد که از اساتید و کارکنان محترم گروه فیزیک دانشگاه فردوسی نهایت سپاسگزاری را داشته باشم.

در این رساله سعی داریم که از امکانات LHC به منظور بررسی راس $t\bar{b}W$ استفاده کنیم، و این بررسی را برای کوارک تاپ منفردی که از طریق کانال t تولید می شود، انجام می دهیم. بررسی در حد مولد انجام می شود و همچنان شامل جدایی سیگنال از زمینه ها خواهد بود، اگر بوزون W به لپتون ها واپاشی کند. در این مطالعه CP پایسته فرض می شود و با استفاده از توزیع زاویه ای لپتون های باردار از بوزون W در واپاشی تاپ ما قیودی را با 68% C.L. روی جفت شدگی های غیرمدل استاندارد با درخشندگی کل $30 fb^{-1}$ تخمین می زنیم.

فهرست مطالب

ج	فهرست مطالب
د	فهرست جدول ها
ذ	فهرست شکل ها
۳	۱ پدیده شناسی برخورددهنده های ذرات
۳	۱.۱ مقدمه
۴	۲.۱ برخوردهنده های انرژی بالا: قویترین ابزار ما
۴	۱.۲.۱ پارامترهای برخوردهنده
۸	۲.۲.۱ برخوردهنده های e^-e^+
۹	۳.۲.۱ برخوردهنده های هادرونی
۱۰	۳.۱ آشکارسازهای برخوردهنده: چشمان الکترونیکی ما
۱۰	۱.۳.۱ آشکارساز ذرات در برخوردهنده ها
۱۱	۲.۳.۱ کدام ذرات در آشکارساز جستجو می شوند؟
۱۴	۲ برخوردهنده هادرونی بزرگ
۱۴	۱.۲ سرن
۱۴	۲.۲ برخوردهنده هادرونی بزرگ
۱۵	۱.۲.۲ اهداف

۱۶	طراحی	۲.۲.۲
۱۷	آشکارسازها	۳.۲.۲

۳ چارچوب نظری

۲۶	مدل استاندارد	۱.۳
۲۹	ماتریس CKM	۱.۱.۳
۳۲	کوارک تاپ	۲.۳
۳۲	مقدمه	۱.۲.۳
۳۴	جرم	۲.۲.۳
۳۵	نیمه عمر	۳.۲.۳
۳۵	اسپین	۴.۲.۳
۳۵	بارالکتریکی و رنگ	۵.۲.۳
۳۶	واپاشی ها	۶.۲.۳
۴۱	تولید زوج	۷.۲.۳
۴۲	تولید منفرد	۸.۲.۳

۴ مطالعه جفت شدگی های نابهنجار راس tbW

۴۵	مقدمه	۱.۴
۴۷	حساسیت پهنای کوارک تاپ به جفت شدگی های نابهنجار tbW	۲.۴
۴۷	شبیه سازی مونت کارلو و تحلیل نتایج	۳.۴
۴۷	CompHEP	۱.۳.۴
۵۹	ROOT	۲.۳.۴
۶۷	حساسیت به جفت شدگی نابهنجار	۳.۳.۴
۷۰	نتیجه گیری	۴.۴

۷۱	الف آشکار ساز CMS
۷۱	الف.۱ CMS چیست؟
۷۲	الف.۲ طراحی CMS چگونه بود؟
۷۳	الف.۳ CMS چگونه کار می کند؟
۷۵	الف.۴ چرا CMS بزرگ است؟
۷۵	الف.۵ لایه های CMS
۷۶	الف.۵.۱ نقطه ی برهمکنش
۷۶	الف.۵.۲ لایه ی ۱ - ردیاب
۷۷	الف.۵.۳ لایه ی ۲ - انرژی سنج الکترومغناطیسی
۷۷	الف.۵.۴ لایه ی ۳ - انرژی سنج هادرونی
۷۸	الف.۵.۵ لایه ی ۴ - مگنت
۷۸	الف.۵.۶ لایه ی ۵ - آشکار ساز میوآن
۷۹	الف.۶ جمع آوری و تلفیق داده ها
۷۹	الف.۶.۱ تشخیص نمونه
۷۹	الف.۶.۲ سیستم تریگر
۸۰	الف.۶.۳ تحلیل داده ها

ب سطح مقطع های تولیدی

۸۱	ب.۱ تولید کانال - t
۸۲	ب.۲ تولید کانال - s
۸۳	ب.۳ تولید مد tW

پ سیگنال ها و زمینه ها

ت اثرات فیزیک جدید

فهرست مطالب

مراجع

خ

۹۰

فهرست جدول ها

۵	چند برخورددهنده e^-e^+ و پارامترهای مهم شان:	۱.۱
۶	چند برخورددهنده هادرونی و پارامترهای مهم شان:	۲.۱
۱۳	کدام ذرات بنیادی از مدل استاندارد در آشکارسازها جستجو می شوند.	۳.۱
۲۸	بارهای الکتروضعیف و مولفه سوم ایزواسپین برای کوارک ها و لپتون ها در مدل استاندارد.	۱.۳
۳۳	تولید کوارک تاپ در برخورددهنده ها	۲.۳
۶۹	قید های جفت شدگی های نابهنجار با ۶۸ % C.L. و عدم قطعیت های مختلف.	۱.۴
۸۳	سطح مقطع های تولید تاپ منفرد	۱.ب

فهرست شکل ها

۷	پرتوها	۱.۱
۱۰	یک رخداد در برخورد هادرونی.	۲.۱
۱۱	آشکارساز چند-هدفی در برخورددهندها.	۳.۱
۱۲	علامت های برجای مانده ذرات در آشکارساز	۴.۱
۱۲	یک رخداد که به راس جابه جا شده ثانویه منجر می شود.	۵.۱
۱۸	برخورددهنده هادرونی بزرگ و آشکارسازهای آن.	۱.۲
۲۰	برخورددهنده یون بزرگ.	۲.۲
۲۱	آشکارساز ATLAS.	۳.۲
۲۲	آشکارساز CMS.	۴.۲
۲۳	آشکارساز LHCb.	۵.۲
۲۵	آشکارساز TOTEM.	۶.۲
۳۰	وایشی $K^0 \rightarrow \mu^+ + \mu^-$	۱.۳
۳۰	سازوکار GIM، به جایگزینی کوارک مجازی c با u توجه کنید	۲.۳
۳۷	تشریح وایشی کوارک تاپ به کوارک b و بوزون W^+ به ترتیب با هلی سیتی ۱-، صفر و ۱+.	۳.۳
۴۲	نمودارهای تولید زوج کوارک تاپ	۴.۳
۴۳	نمودارهای تولید کوارک تاپ منفرد	۵.۳

۴۸	.....	مرحله ی اول CompHEP	۱.۴
۴۹	.....	مرحله ی دوم CompHEP	۲.۴
۴۹	.....	مرحله ی سوم CompHEP	۳.۴
۴۹	.....	مرحله ی چهارم CompHEP	۴.۴
۵۰	.....	مرحله ی پنجم CompHEP قسمت اول	۵.۴
۵۰	.....	مرحله ی پنجم CompHEP قسمت دوم	۶.۴
۵۰	.....	مرحله ی پنجم CompHEP قسمت سوم	۷.۴
۵۱	.....	مرحله ی پنجم CompHEP قسمت چهارم	۸.۴
۵۱	.....	مرحله ی ششم CompHEP قسمت اول	۹.۴
۵۱	.....	مرحله ی ششم CompHEP قسمت دوم	۱۰.۴
۵۲	.....	مرحله ی ششم CompHEP قسمت سوم	۱۱.۴
۵۲	.....	مرحله ی ششم CompHEP قسمت چهارم	۱۲.۴
۵۲	.....	مرحله ی ششم CompHEP قسمت پنجم	۱۳.۴
۵۳	.....	مرحله ی هفتم CompHEP	۱۴.۴
۵۳	.....	مرحله ی هفتم CompHEP قسمت اول	۱۵.۴
۵۴	.....	مرحله ی هفتم CompHEP قسمت دوم	۱۶.۴
۵۴	.....	مرحله ی هشتم CompHEP قسمت اول	۱۷.۴
۵۵	.....	مرحله ی هشتم CompHEP قسمت دوم	۱۸.۴
۵۵	.....	مرحله ی نهم CompHEP قسمت اول	۱۹.۴
۵۵	.....	مرحله ی نهم CompHEP قسمت دوم	۲۰.۴
۵۶	.....	مرحله ی نهم CompHEP قسمت سوم	۲۱.۴
۵۶	.....	مرحله ی نهم CompHEP قسمت چهارم	۲۲.۴
۵۷	.....	مرحله ی دهم CompHEP قسمت اول	۲۳.۴
۵۷	.....	مرحله ی دهم CompHEP قسمت دوم	۲۴.۴

۵۷	.....	مرحله ی دهم CompHEP قسمت سوم	۲۵.۴
۵۸	.....	مرحله ی دهم CompHEP قسمت چهارم	۲۶.۴
۵۸	.....	مرحله ی دهم CompHEP قسمت پنجم	۲۷.۴
۵۸	.....	مرحله ی دهم CompHEP قسمت ششم	۲۸.۴
۵۹	.....	داده ی تولید شده توسط CompHEP	۲۹.۴
۶۵	.....	هیستوگرام مربوط به جرم بوزون W	۳۰.۴
۶۵	.....	هیستوگرام مربوط به جرم کوارک تاپ	۳۱.۴
۶۶	.....	هیستوگرام مربوط به P_t میوآن	۳۲.۴
۶۶	.....	هیستوگرام مربوط به η میوآن	۳۳.۴
۶۸	.....	توزیع زاویه ای لپتون بازسازی شده معادله ۶.۴ برای مدل استاندارد و F_{L2}, F_{R2} مختلف	۳۴.۴
۶۹	.....	منحنی ها با ۶۸ % C.L. روی جفت شدگی های نابهنجار با عدم قطعیت سیستمی صفر و ۱۵ %	۳۵.۴
۷۴	.....	الف. لایه های CMS	۱.۴

پیشگفتار

مدل استاندارد ذرات بنیادی در توافق قابل قبولی با نتایج آزمایش های مختلف بوده است . یکی از مهمترین عناصر مدل استاندارد کوارک تاپ می باشد. کوارک تاپ سنگین ترین ذره بنیادی کشف شده است و نقش بسیار مهمی در جستجو برای فیزیکِ وِرای مدل استاندارد دارد. یکی از نگرش های معروف به فیزیکِ وِرای مدل استاندارد نگرش نظریه میدان موثر می باشد که در آن جملات جدیدی را به لاگرانژی مدل استاندارد اضافه می کنند.

در این پایان نامه جملات جدیدی به لاگرانژی مدل استاندارد به برهمکنش tbW اضافه می شود و با استفاده از روش های مونت کارلو در فرآیند تولید کوارک تاپ منفرد در LHC ، جفت شدگی های نابهنجار را مورد مطالعه قرار می دهیم. با استفاده از مولد رویداد CompHEP واقعه های کوارک تاپ منفرد را از طریق کانال t در LHC با حضور جفت شدگی های نابهنجار تولید می کنیم و با استفاده از روش های آماری و استفاده از قطبش W تولید شده از کوارک تاپ سعی می کنیم جفت شدگی های نابهنجار را مورد مطالعه قرار دهیم. در انجام این تحلیل از بسته نرم افزاری محاسباتی مورد استفاده در مرکز تحقیقات هسته ای اروپا (سرن) به نام ROOT که براساس زبان برنامه ++C نوشته شده استفاده می کنیم.

ساختار این پایان نامه به صورت زیر است:

فصل ۱ در مورد برخورددهنده ها و پدیده شناسی آنها مباحثی را مطرح می کنیم. چون آنها پر قدرت ترین ابزار ها برای تولید و کشف ذرات بوده و پل بین نظریه و آزمایش هستند. بعد از آنکه به مباحث پایه در برخورددهنده ها پرداختیم برخورددهنده های الکترون-پوزیترونی و برخورددهنده های هادرونی را مورد بررسی اجمالی قرار می دهیم و سپس به صورت مختصر مباحث پایه ای از آشکار سازها را بیان می کنیم . بحث های تکمیلی را در فصل دوم دنبال می کنیم.

فصل ۲ ابتدا مطالبی را در مورد مرکز تحقیقات هسته ای اروپا (سرن) بیان می کنیم و در ادامه اشاره ای به اهداف سرن و آزمایش هایش خواهیم داشت. سپس در مورد برخورددهنده هادرونی بزرگ که در سرن ساخته شده صحبت خواهیم کرد و اهداف فیزیکی آزمایش های آن را به طور خلاصه بیان می کنیم.

فصل ۳ به طور بسیار مختصر به معرفی مدل استاندارد و کوارک تاپ می پردازیم. و بالاخص کوارک تاپ و خواص و ویژگی های آن را به شکل خلاصه بیان می کنیم، و بیشتر در مورد کوارک تاپ منفرد بحث می کنیم.

فصل ۴ با استفاده از مطالبی که در فصول قبل با آنها آشنا شده ایم و مفاهیم دیگری که در این فصل بیان می کنیم ، جفت شدگی های نابهنجار راس tbW برای کوارک تاپ منفرد که از طریق کانال t در LHC تولید می شود را تشریح می کنیم.

فصل ۱

پدیده شناسی برخورددهنده های ذرات

۱.۱ مقدمه

در چند دهه گذشته ، شتابدهنده های انرژی بالا و برخورد دهنده ها ابزارهای ما برای کشف ذرات جدید و آزمایش نظریه ها در مورد برهمکنش های بنیادی بوده اند. از برخورد دهنده هادرونی بزرگ^۱ و برخورد دهنده خطی بین المللی^۲ انتظار می رود ، فیزیک در مقیاس الکتروضعیف و ورای مدل استاندارد در بیست سال آینده تماما کشف بشود . کشف های هیجان انگیز جدید پیش بینی می کنند که مکانیسم شکست خود به خودی تقارن ، تقارن های بنیادی جدید از قبیل ابر تقارن^۳ و نظریه ی وحدت بزرگ^۴ روشن خواهد شد و همچنین این ابزارها و کشف های جدید در جستجوی وجود ابعاد اضافی یا اثرات ریسمان در مقیاس کم، و همچنین در مفاهیم کیهان شناختی از قبیل ماده تاریک و انرژی تاریک به خوبی موفق خواهند بود. پدیده شناختی برخورد دهنده نقش کلیدی در ساختن پل بین نظریه و آزمایش دارد. از سوی دیگر، چیزی که ما به آن علاقه مندیم رمز گشایی مدل های نظری و نمایش نتایج قابل مشاهده آنها به طور تجربی است. از سوی دیگر، چیز دیگری که ما نیاز داریم تفسیر کردن داده ها از آزمایش ها و فهمیدن مفاهیم عمیق آنها می باشد. پدیده شناس ها به طور طبیعی نیاز دارند که با هر دو زمینه آشنا باشند.

^۱LHC : Large Hadron Collider

^۲ILC : International Linear Collider

^۳SUSY : Supersymmetry

^۴GUTS : Grand Unification of Theories(force)

مطالبی که در ادامه می آیند به فیزیک دانان ذراتی که نیازمند دانستن اصول پدیده شناختی برخورد دهنده، چه از نظر تجربی و چه از نظر رهیافت های نظری هستند، کمک می کند. تلاش های ویژه ای انجام شد تا نظریه پردازان علاقمند به موضوعات تجربی برخورددهنده های انرژی بالا اطلاعاتی را کسب کنند و همین تلاش ها برای آن دسته از آزمایشگران علاقه مند به موضوعات نظری نیز صورت گرفت.

در بخش ۱.۲.۱ ابتدا پارامترهای بنیادی برخورد دهنده را که به ملاحظات پدیده شناختی مان مربوط می شوند نشان می دهیم. سپس به طور جداگانه و مختصر در مورد برخورد دهنده های خطی e^-e^+ و برخورد دهنده های هادرونی در چارچوب محاسباتی و انتظارات فیزیکی مدل استاندارد بحث خواهیم کرد. در بخش ۳.۱، در مورد آشکارسازی ذرات بحث خواهیم کرد - کدام ذرات بنیادی در نظریه مدل استاندارد در یک آشکارساز واقعی جستجو می شوند؟ - که دانستنش ضروری است. همچنین تشریح خواهیم کرد که چه پارامترهایی از آشکارساز و چه اندازه گیری هایی برای یک پدیده شناس اهمیت دارد که باید به آن توجه داشته باشد.

۲.۱ برخورددهنده های انرژی بالا: قویترین ابزار ما

۱.۲.۱ پارامترهای برخورددهنده

در برخورد دوزره با جرم های m_1 و m_2 و تکانه \vec{p}_1 و \vec{p}_2 ، مجذور انرژی کل در چارچوب مرکز جرم می تواند برحسب یک متغیر ناوردای لورنتس مندلستم^۵ بیان شود:

$$s \equiv (p_1 + p_2)^2 = \begin{cases} (E_1 + E_2)^2 & \text{in c.m. frame } \vec{p}_1 + \vec{p}_2 = 0, \\ m_1^2 + m_2^2 + 2(E_1 E_2 - \vec{p}_1 \cdot \vec{p}_2) & \text{in lab. frame.} \end{cases}$$

در برخوردهای انرژی بالا باریکه ی ذرات فرا نسبی هستند و تکانه ی آنها بزرگتر از جرمشان است. انرژی کل مرکز جرم سیستم دو ذره تقریباً به صورت زیر است:

$$E_{CM} \equiv \sqrt{s} \approx \begin{cases} 2E_1 \approx 2E_2 & \text{in the c.m. frame } \vec{p}_1 + \vec{p}_2 = 0, \\ \sqrt{2E_1 E_2} & \text{in the fixed target frame } \vec{p}_2 = 0. \end{cases}$$

انرژی جنبشی سیستم اگر در چارچوب هدف ثابت باشیم ($\vec{p}_2 = 0$) $T \approx E_1$ و اگر در چارچوب مرکز جرم باشیم ($\vec{p}_1 + \vec{p}_2 = 0$) $T = 0$ است. همانطور که می بینیم در چارچوب مرکز جرم، هیچ حرکت جنبشی از سیستم وجود

^۵Mandelstam

نخواهد داشت، و انرژی های باریکه برای بدست آوردن آستانه ی بالاتر به طورحداکثری تبدیل می شوند. این اصل طراحی برای برخورددهنده هایی شبیه LEPI^۶، LEP II^۶ و LHC در CERN و SLC^۷ در SLAC^۸ و همینطور تواترون در آزمایشگاه شتابدهنده ملی فرمی^۹ می باشد. انرژی مرکز جرم آنها به ترتیب در جدول ۱.۱ و ۲.۱ داده شده است.

L (km)	قطبش	f (kHz)	$\delta E/E$	\mathcal{L} ($cm^{-2}s^{-1}$)	$(GeV) \sqrt{s}$ (GeV)	برخورددهنده
۲۶/۷	%۵۵	۴۵	$\sim \%۰/۱$	$۲/۴ \times ۱۰^{۳۱}$	M_Z	LEPI
۲/۹	%۸۰	۰/۱۲	$\%۰/۱۲$	$۲/۵ \times ۱۰^{۳۰}$	~ ۱۰۰	SLC
۲۶/۷		۴۵	$\sim \%۰/۱$	$۱۰^{۳۲}$	~ ۲۱۰	LEPII
		(MHz)			(TeV)	
۱۴-۳۳	%۸۰،۶۰	۳	$\%۰/۱$	$۲/۵ \times ۱۰^{۳۴}$	۱- ۰/۵	ILC
۳۳-۵۳	%۸۰،۶۰	۱۵۰۰	$\%۰/۳۵$	$\sim ۱۰^{۳۵}$	۵-۳	CLIC

جدول ۱.۱: چند برخورددهنده e^-e^+ و پارامترهای مهم شان: انرژی مرکز جرم، قله ی درخشندگی، پهنای انرژی پرتو مربوطه، فرکانس برخورد بسته، قطبش طولی باریکه و طول کل برخورددهنده. پارامترها اساساً از گروه داده ذرات [۲]، گزارش های گروه کاری ILC [۳] و گزارش اخیر گروه CLIC [۴] هستند.

ضریب حدی انرژی برخورددهنده، که اتلاف انرژی در طی شتاب دادن است، تابش سینکروترون شناخته می شود. برای یک ماشین دایره ای به شعاع R ، اتلاف انرژی در یک دور به صورت زیر است [۲]:

$$\Delta E \propto \frac{1}{R} \left(\frac{E}{m} \right)^4, \quad (1.1)$$

که E انرژی پرتو می باشد، m جرم ذره (بنابراین E/m ضریب γ نسبیتی است). به وضوح شتاب دهنده ای موثرتر

^۶Large Electron Positron

^۷Slac Linear Collider

^۸Stanford Linear Accelerator Center

^۹Fermi National Accelerator Laboraroty

L (km)	#/بسته (10^{10})	f (MHz)	$\delta E/E$	\mathcal{L} ($cm^{-2}s^{-1}$)	\sqrt{s} (TeV)	برخورددهنده
۶/۲۸	$7/5 : \bar{p}, 27 : p$	۲,۵	9×10^{-5}	$2/1 \times 10^{32}$	۱/۹۶	Tevatron
۶/۳۴	$7 : p, 3 : e$	۱۰	$0/1, 0/2\%$	$1/4 \times 10^{31}$	۳۱۴	HERA
۲۶/۶۶	۱۰/۵	۴۰	$0/01\%$	10^{34}	۱۴	LHC
۸۷	۰/۸	۶۰	$5/5 \times 10^{-5}$	10^{33}	۴۰	SSC
۲۳۳	۲/۶	۵۳	$4/4 \times 10^{-4}$	2×10^{34}	۱۷۰-۴۰	VLHC

جدول ۲.۱: چند برخورد دهنده هادرونی و پارامترهای مهم شان [۲]: انرژی مرکز جرم، قله درخشندگی، پهنای انرژی باریکه مربوطه، فرکانس برخورد بسته، قطبش طولی باریکه و طول کل برخورددهنده.

است که دارای شعاع بزرگ تر یا یک ذره با جرم بیشتر باشد.

پارامتر مهم دیگر برای یک برخورددهنده درخشندگی^{۱۰} لحظه ای است. درخشندگی لحظه ای تعداد ذرات عبوری هر کدام در واحد زمان در واحد ناحیه عرضی در نقطه برهمکنش می باشد. در واقع، باریکه های ذرات به طور معمول به صورت بسته هایی می آیند که به صورت تقریبی در شکل ۱.۱ تشریح شده است. اگر n_1 ذره در هر بسته در پرتو ۱ و n_2 ذره در هر بسته در پرتو ۲ وجود داشته باشد. درخشندگی برخورددهنده به صورت زیر است:

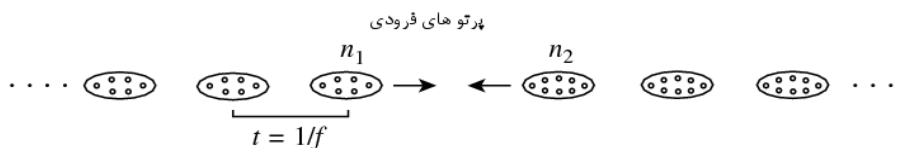
$$\mathcal{L} \propto f n_1 n_2 / a, \quad (2.1)$$

که f فرکانس برخورد^{۱۱} و a مقطع عرضی پرتوها است. درخشندگی لحظه ای معمولاً در واحد های $cm^{-2}s^{-1}$ داده می شود.

آهنگ واکنش که به صورت تعداد رویدادهای پراکندگی در واحد زمان تعریف می شود به طور مستقیم با

^{۱۰}luminosity

^{۱۱}crossing



شکل ۱.۱: پرتوهای برخوردکننده با یک فرکانس برخورد بسته f .

درخشندگی متناسب است و به صورت زیر داده می شود ^{۱۲}:

$$R(s) = \sigma(s)\mathcal{L}, \quad (3.1)$$

که $\sigma(s)$ سطح مقطع پراکندگی کل است [۵]. به هر حال واحدهای سطح مقطع به طور قراردادی به صورت cm^2 گرفته شده اند، این واحدها بسیار بسیار برای پراکندگی ذره ی زیر اتمی بزرگ اند، و بنابراین واحد مناسبتری، که یک بارن ^{۱۳} نامیده شد، به صورت زیر معرفی می شود:

$$1 \text{ cm}^2 = 10^{24} \text{ barn} = 10^{27} \text{ mb} = 10^{30} \mu\text{b} = 10^{33} \text{ nb} = 10^{36} \text{ pb} = 10^{39} \text{ fb} = 10^{42} \text{ ab}.$$

با استفاده از این واحدها می توانیم قراردادی برای درخشندگی شبیه رابطه زیر داشته باشیم

$$1 \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1} = 10^{-33} \text{ nb}^{-1} \text{ s}^{-1}.$$

بنابراین سودمند است که درخشندگی برخورددهنده برحسب واحدها را یاد آور شویم ^{۱۴}

$$10^{33} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1} = 1 \text{ nb}^{-1} \text{ s}^{-1} \approx 10 \text{ fb}^{-1} / \text{year}.$$

تاموقعی که درخشندگی مشخصه ماشین است، سطح مقطع، توسط خواص برهمکنش های بنیادی ذرات در حالت های اولیه و نهایی معین می شود. تعیین سطح مقطع واکنش و مطالعه خواص پراکندگی به صورت یک تابع انرژی، تکانه، و مقادیر زاویه ای نهایت اهمیت را برای معلوم کردن دینامیک جدید در آستانه های انرژی بالا خواهد داشت.

^{۱۲}ضریب دیگری به نام ϵ در سمت راست وجود دارد که $\epsilon < 1$ و نشان دهنده ی راندمان آشکارسازی است.

^{۱۳}Barn

^{۱۴}به طور تقریبی: یک سال $\approx 10^7 \text{ s}$ است. و این مرسوم است که یک برخورددهنده در حدود $1/\pi$ زمان یک سال را کار کند، همچنین

این رایج است که یک سال را $\leftarrow 10^7 \text{ s}$ می گیرند