فرانك كلەوز

فیزیای تەنۆلکە

پێشەکییەکی زۆر کورت

لە ئینگلیزییەوە: حوسێن رابی

منتدى إقرأ الثقافي
www.iqra.ahlamontada.com

16

زنجیرە کتێبی
ئۆکسفۆرد

فیزیای تەنۆلکە

پێشەکییەکی زۆر کورت

سەرچاوەکانی ئەم وەرگێڕانە

PARTICLE PHYSICS: A Very Short Introduction

by Frank Close 2004/Newyork

دەزگای رۆشنبیری جەمال عیرفان

بڵاوکراوەکانی دەزگای رۆشنبیری

جەمال عیرفان ٢٠٢١

زنجیرە: (٥٤)

بەڕێوەبەری دەزگا:

سیروان حەمەسەعید حەمەخورشید

Tel: 0533202936 07701549509

email: jamalerfan99@gmail.com

jamal erfan cultural foundation

www. jamalerfan.com

ناونیشان: سلێمانی، شەقامی سالم، بەرامبەر ماکسی مۆڵ

فیزیای تەنۆلکە

پێشەکییەکی زۆر کورت

فرانک کلەوز

لە ئینگلیزییەوە: حوسێن ڕابی

زنجیرە کتێبی ئۆکسفۆرد

١٦

فیزیای تەنۆلکە پێشەکییەکی زۆر کورت

بابەت: زانستی
نووسەر: فرانک کلەوز
وەرگێڕانی لە ئینگلیزییەوە: حوسێن ڕابی
هەڵەگری: هەرێم عوسمان
دیزاینی ناوەوە: ئومێد محەمەد
دیزاینی بەرگ: ئارام عەلی
ژمارەی چاپ: چاپی یەکەم: ٢٠٢١
تیراژ: ١٠٠٠ دانە
نرخ: ٣٠٠٠ دینار
چاپ: چاپخانەی تاران

مافی ئەم کتێبە پارێزراوە بۆ دەزگای ڕۆشنبیری جەمال عیرفان، هیچ کەسێک مافی لەبەرگرتنەوەی نییە، جا گەر بە شێوەی ئەلیکترۆنی، کاغەزی، وێنەیی، یان هەر شێوازێکی تر بێت.

پێڕست

پێشەکی..١١

بەشی یەکەم: گەشت بەرەو ناخی گەردوون...١٣

بەشی دووەم: گەورە و بچووک چۆن گەورە و بچووکن؟....................................٢٧

بەشی سێیەم: چۆن تێدەگەین شتەکان پێکهاتەیان هەیە و چۆن دەیاندۆزینەوە........٤١

بەشی چوارەم: ناخی مادە ٥٧

بەشی پێنجەم: تاودەرەکان: گەردوونی و دەستکرد...٧٥

بەشی شەشەم: هەستەوەرەکان: کامیراکان و مەشینی کات.................................٩٧

بەشی حەوتەم: هێزەکانی سروشت...١٢٣

بەشی هەشتەم: مادە سەمەرەکان (و دژەمادە)...١٣٩

بەشی نۆیەم: مادە لە کوێوە هاتووە؟...١٥٩

بەشی دەیەم: پرسیارەکان بۆ سەدەی بیستویەک...١٧١

خوێندنەوەی زیاتر...١٨٩

وەرگێڕانی ئەم کتێبە وەکو شەشەمین کتێبی
زانستی پێشکەش بەیادی کاوەی ئازیزم

ئەم یادنامە تا ژمارەی ١٦ بەردەوام دەبێت.

پرۆژەی وەرگێڕانی زنجیرە کتێبەکانی
زانکۆی ئۆکسفۆرد

زیاتر لە ٢٥ ساڵ بەر لە ئێستا، ساڵی ١٩٩٥، زانکۆی ئۆکسفۆرد، کە دامەزراوەیەکی دیاری دنیای ئەکادیمی و جیهانە بە گشتی، دەستی بە پرۆژەیەکی گرنگ کرد. پرۆژەکە پێکهاتووە لە زنجیرە کتێبێکی کورت و پوخت و زانستی لە تەواوی بوارە جیاوازەکاندا: لە پرسی تیرۆرەوە بۆ کەشوهەوا، ئابووری کۆن و نوێ و پرسی جیهانگیری. لە فەلسەفەی پێش سوکراتەوە بۆ مۆدێرن و پۆست‌مۆدێرن. لە مێژووی کاتەوە بۆ مێژووی جیهان، لە فیزیکی کۆنەوە بۆ کوانتەم و دنیای دیجیتاڵ و ئایندەی مرۆڤ. لە بووونناسیەوە بۆ ئایینناسی و مێژووی ئایینەکان و پرسی ئیسلام و ئەندازیاری و ماتماتیک. لە ئەفسانەناسییەوە بۆ ئەدەبناسی و تیۆر و ڕەخنەی ئەدەبی... پرۆژەکە خۆی بە یەک بوارەوە نەبەستۆتەوە، بەڵکو دەستی بۆ تەواوی بوارە جیاوازەکان بردووە، ئەمەش لە بێ پلانی و هەڕەمەکییەوە نییە، چونکە بێ پلانی لە زانکۆیەکی پلانسازی وەک ئۆکسفۆرد ناوەشێتەوە.

سروشتی ئەم زنجیرە کتێبانە، بریتییە لە زانستیبوون، کورتی و پوختی و چڕی و ئێستاییبوون، کە هەموو کتێبەکان لەلایەن کەسانی پسپۆر و شارەزای بوارەکان لەسەر ئاستی جیهان نووسراون. خوێنەر کاتێک بەر هەر بەرهەمێک لەم پرۆژەیە دەکەوێت، دەزانێت چەند هارمۆنی و سادەقووڵ نووسراون. خاڵێکی درەوشاوەتر، بریتییە لە خوێندنەوە و شیکاری ڕووداوەکانی هەنوکە، واتە کتێبەکان تەنیا هۆنینەوەی چیرۆکی ڕابردوو نین، بەڵکو شیکاری دۆخی ئێستای جیهان و مرۆڤ دەکەن.

ئۆکسفۆرد لە ١٩٩٥ تا ٢٠١٨ زیاتر لە ٦٠٠ کتێبی لەم زنجیرەیە بڵاوکردۆتەوە؛ سەرەتای هەر مانگێک کتێبێکی نوێیان بڵاوکردۆتەوە. بەهۆی بایەخی نەبڕاوەی پرۆژەکەوە، زنجیرە کتێبەکان بۆ زیاتر لە ٢٥ زمانی دنیا وەرگێڕاون، وا ئێستا زمانی کوردیش دەیەوێت ببێتە یەکێک لەو زمانانەی ئەم پرۆژەیە لە ئامێز دەگرێت. دەستبردن بۆ وەرگێڕان و لە ئەستۆگرتنی ئەم کارە، بەرپرسیارێتییەکی مێژوویی و ئەکادیمی گرنگە، کە دەزگای جەمال عیرفان بە سپۆنسەری (د. تەها ڕەسوڵ) ئەنجامی دەدەن. وابڕیارە هەر سێ مانگ جارێک ١٠ بۆ ١٥ کتێب لە زمانی یەکەمەوە لە ڕێگەی وەرگێڕی شارەزاوە بڵاوبکاتەوە. ئەمە پرۆژەیە و پرۆژەش بە دڵنیاییەوە قۆناخێکی مێژوویی لە بزاڤی ڕۆشنبیری و کتێبخانەی کوردیدا بۆ خۆی دروستدەکات، بەهیواین ببێتە داینەمۆی دروستکردنی نەوەیەکی نوێی بەرپرسیار و هۆشیار.

سەرپەرشتیاری پرۆژە
هەرێم عوسمان

"ئێمە گەیشتووین بە خاڵێک کە جیاکردنەوەی هەقیقەتی زانستیی ڕاستیی، لە زانستی خەیاڵی قورسە. بەڵام سەدەیەک لەوەوپێش هەموو ئەو شتانەی لە ئیمڕۆدا بە ئاسایی دەیبینین لەوديوی تەسەوری والس(H. G. Wells)دا بوو. سەد ساڵی تر لە کتێبەکانی زانستدا شتگەلێک دەبینی، کە هێشتا خەونیشی پێوە نەبینراوە.

پەنجا ساڵ لەوەوپێش کتێبێکم دەخوێندەوە، کە سەبارەت بە شتە سەیرو سەمەرەکانی ئەتۆم و ئەو تەنۆلکە سەمەرانە بوو کە لەناو تیشکی گەردووندان. منیش ئەمڕۆ سەبارەت بەوانە بۆ تۆ دەنووسم. لەوانەیە نیوسەدەی تر تۆ ئەم چیرۆکە نوێ بکەیتەوە. سەرکەوتوو بیت."

پێشەکییە زۆر کورتەکان ڕێگەیەکی خێراو خۆشە بەرەو بابەتێکی نوێ بۆ هەرکەسێک کە بیەوێ سەبارەت بەوان بخوێنێتەوە. لەلایەن کەسانی شارەزاوە نووسراون و بە زیاتر لە ٢٥ زمان لە هەموو جیهاندا بڵاوکراونەتەوە. زنجیرەکە لە ساڵی ١٩٩٥وە دەستی پێکرد و ئێستا ناونیشانگەلێکی فراوان لە مێژوو، فەلسەفە، ئایین، زانست و زانستی مرۆیی لەخۆ دەگرێت. کتێبخانەی پێشەکییە زۆر کورتەکان ئێستا هەڵگری زیاتر لە ٢٠٠ بەرگ کتێبە- پێشەکییەکی زۆر کورت بۆ هەر شتێک، لە میسری کۆن و فەلسەفەی هندییەوە، تاوەکو هونەری، وێنایەکی و گەردوونناسی. بەردەوام دەبێت تاوەکو کتێبخانەکە دەگات بە نزیکەی ٣٠٠ بەرگ.

پێشەکی

ئێمە لە ئەتۆم پێکهاتووین. بە هەر هەناسەیەک یەک میلیۆن ملیارد ملیارد ئەتۆمی ئۆکسیجن هەڵدەمژی، کە هەندێک ئایدیا سەبارەت بە بچووکییەکەی دەخاتە بەردەستت. هەموو ئەوانە، لەگەڵ ئەتۆمەکانی کاربۆنی پێستت و لەڕاستیدا هەرشتێک لەسەر زەوی هەیە، لە ٥ ملیارد ساڵ لەوەو پێش لە ئەستێرەیەکدا بەرهەم هات. بۆیە تۆ لەو مادانە دروستبووی کە هەمان تەمەنی زەوییان هەیە و هاوتەمەنی یەک لەسەر سێی تەمەنی گەردوونن، هەرچەند بۆ یەکەمجارە ئەو ئەتۆمانە پێکەوە کۆدەبنەوە و دەبن بە تۆ.

لەتاودەرەکاندا، کە زۆرجار چەندین مایل درێژییەکەیانە، دەکرێ پارچەکانی ئەتۆم، واتە تەنۆلکەکانی وەکو ئەلیکترۆن و پرۆتۆن، یان تەنانەت پارچە سەیروسەمەرەکانی دژەمادە تاو بدرێن و بەیەکتردا بکێشرێن. بەم کارە، لە کاتێکی کورتدا لەناوچەیەکی بچووکی فەزادا چڕبوونەوەیەکی توونددی وزە دروست دەبێت، کە دووپاتبوونەوەی سروشتی گەردوونە لەکەرتێکی چرکەدا دوای بیگبانگ. هەربۆیە ئێمە خەریکین سەبارەت بەخۆمان فێر دەبین.

دۆزینەوەی ئەتۆم لە ١٠٠ ساڵ لەوەوپێش تاڕادەیەک سادە بوو: ئەتۆمەکان لەناو مادەدا لەهەموو شوێنێک هەن و نهێنییەکانی بە ئامێرێک لەسەر مێزێک دەکرێ لێی دەربهێنرێت. پشکنینی دەرکەوتنی مادە لە خێلقەتەوە تەنگەژەیەکی ترە. هیچ ئامێرێکی بیگبانگ لە کاتالۆگی ئامێرە زانستییەکاندا نییە، تاوەکو بیکڕین. پارچە سەرەکییەکان کە گورزەکانی تەنۆلکە دروست دەکەن و گەیاندنی خێراییەکەیان بەنزیکی خێرایی ڕووناکی و بەیەکدا کێشانیان و لەدوایدا تۆمارکردنی

ئەنجامەکـان هەمـووی بەناچـاری لەلایەن تیمەکـانی پسـپۆڕەوە دەکرێن.

ئەوەی کە دەکرێ ئەم کارە بکەین مانای ئەوەیە لە لوتکەی یەک سـەدە دۆزیـنەوەو پێشـکەوتنی تەکنەلۆژیـا دایـن. ئەمە هەوڵێکـی قـورس و گـران و پڕتێچـووە، بەڵام تەنهـا ڕێـگەیەکە دەیـزانین و دەکـرێ بـۆ وەڵامـدانەوە بەم پرسـیارە قـووڵانە بەکاربێـــت. لەمــــاوەی ئەم کــــارەدا، ئـــامێر و داهێنـــانی چاوەڕواننەکراو دروستکراون. ئێستا لە وێنەگریی پزیشـکیدا لە هەستەوەری ئاڵۆزی دژەمادە سوود دەبینرێت؛ سیسـتەمەکانی کۆکردنەوەی داتا لە سێرن(CERN) (ڕێکخراوی ئەوروپی بۆ توێژینەوەی ناوەکی) بوو بەهۆی داهێنانی تۆڕی جیهانی وێب (World Wide Web)- ئەمـانە تەنهـا هەنـدێک بەرهەمـی لاوەکی فیزیای تەنۆلکەی وزە بەرزەکانە.

بەکارهێنـانی تەکنەلۆژیـا و دۆزینەوەکـانی فیزیـای تەنـۆلکە زۆرە، بەڵام ئەم بـوارە ئامـانجی پێشخسـتنی تەکنەلۆژیـا نیـیە. پاڵنەری پێشخسـتنەکەی کونجکـۆڵییە، حەزە بـۆ زانینـی ئەوەی ئێمە لە چی پێکهاتووین و لە کوێوە هاتوون و بۆچی یاساکانی فەرمـانڕەوا لەسـەر گەردوون بەڕادەیەک ورد و هاوسـەنگ و ڕێکوپێکن کە ئێمە پەرەمان سەندووە.

لەم پێشــەکییە زۆر کـورتەدا هیـوادارم بتـوانم هەسـتێکتان سـەبارەت بەوەی دۆزیومـانەتەوە و هەنـدێک لەو پرسـیارە سـەرەکییانەی کە لەسـەرەتای سـەدەی بیسـتویەک لەگەڵـی بەرەوڕووین لەلا دروست بکەم.

بەشی یەکەم
گەشت بەرەو ناخی گەردوون

ناساندنی گشتی تەنۆلکەکان، مادە و گەردوون بەگەورەیی

مادە

یۆنانییە کۆنەکان بڕوایان وابوو کە هەموو شتێک لە توخمە سەرەتاییەکان دروستبووە. ئایدیاکە لە بنچینەدا ڕاست بوو، ئەوەی هەڵە بوو وردەکاریی بوو. "خاک، هەوا، ئاگر و ئاو"ەکەیان لەو شتە دروستبووە کە ئێستا ئێمە بە توخمە کیمیاییەکان دەیانناسین. ئاوی پەتی لە دووان دروستبووە: هایدرۆجین و ئۆکسیجین. بەشی هەرە زۆری هەوا لە نیترۆجین و ئۆکسیجین لەگەڵ تۆزێک کاربۆن و ئارگۆن پێکهاتووە. خۆڵی تویی زەویی هەڵگری زۆرترینی ٩٠ توخمە سروشتییەکانی ئێستایە، پێش هەمووان ئۆکسیجین و سیلیکۆن و ئاسنی تێکەڵ بوو لەگەڵ کاربۆن، فۆسفۆر و ژمارەیەکی تر کە تۆ لەوانەیە هەرگیز ناویشت نەبیستبێت، وەکو روسینیۆم(ruthenium)، هۆلمیوم(holmium) و رۆدیۆم(rhodium).

فراوانی توخمەکان بە بەرفراوانی دەگۆڕێن و ڕێسایەکی بەنزیکەییان هەیە، ئەوانەی بیری لێ دەنەکەوە لەناو

باوترینەکانـدان، لە کاتێکـدا ئەوانەی کە قەت نـاوت نەبیســتووە دەگمەنترینەکـانن. بەم شـێوە ئۆکسـیجین بـراوە دەبێت: بەهەر هەناسـەدانێک یەک میلیۆن ملیـارد ملیـارد ئەتـۆمی هەڵدەمژی؛ بەم شێوە ئەگەر ٥ ملیارد مـرۆڤ لەسـەر زەوی هەبن و کۆی بکەیـتەوە لەگەڵ بـێ شـومار ئـاژەڵی تـردا، سـەرو ئەتـۆمی ئۆکســیجنیان بــدەیتێ هێشـــتا ژمـــارەیەکی زۆر ئەتـــۆمی ئۆکسـیجینیش بـۆ کـاری تـریش لەبەردەسـت دەبێت. لەکـاتی هەناسەدانەوە، ئەم ئەتۆمانە لەگەڵ کاربۆندا کە مۆلکیولی دوانە ئۆکســـیدی کـــاربۆن دروســـت دەکەن دەدیـــتە دەرەوە، کە سوتەمەنین بۆ درەخت و ڕووەکەکان. ژمارەیان یەکجـار زۆرە و نـاوی کـاربۆن و ئۆکسـیجین لەسـەر زاری هەمـوو کەسـێک هەیە. لەبەرامـــــبەر ئەمـــــانەدا ئاســــــتاتین(astatine) و فرانســـــیۆم(francium) هەن. تەنـــانەت ئەگەر ناوشــــیانت بیستبێت، زۆر دوورە هیچ بەرکەوتنێکت لەگەڵیانـدا هەبووبێت، چـونکە دەخەمڵێنرێـت کەمتــر لە ٣٠ گـرام لەم ئاســتاتینە لە تــوێکڵی زەویــدا هەبێــت، ســەبارەت بە فرانســیوم تەنــانەت دەگوترێ لە هەر ساتێکدا ٢٠ ئەتۆم هەیە.

ئەتۆم بچووکترین پارچەی توخمەکەیە، کە دەکرێ هەبێت و هێشتا وەکو توخم بناسرێت. بەنزیکەیی هەموو ئەم توخمـانە بەو ئۆکسیجنەی کە هەڵیدەمژی و بەو کـاربۆنەی لە پێسـتتدایە ٥ ملیــارد ســاڵ لەوەو پــێش لە ئەســتێرەکاندا دروســتبوون، بەنزیکەیــی ئەو کــاتەی بــۆ یەکەمجــار زەوی دروســتبوو. هایـــدرۆجین و هیلیـــۆم تەنـــانەت کـــۆنترن، زۆرترینـــی هایــدرۆجینەکان تۆزێــک دوای بیگبانــگ دروســـتبوون کە سووتەمەنی پێویستیان بۆ ئەستێرەکان بەرهەم هێنا بۆ ئەوەی توخمەکـانی تـر خەڵـق بکەن.دووبـارە بیهێنە پێشـچاوی خـۆت لەگەڵ هەناسـەداندا میلیۆن ملیـارد ملیـارد ئەتـۆم دەچێتە نـاو ســـییەکانت. ئەمە هەنـــدێک ئایـــدیا دەخـــاتە بەردەســـتت کە

ئەتۆمەکان چەند بچووکن. ڕێگەیەکی تر ئەوەیە کە سەیری خاڵی دوای ئەم ڕستە بکەیت. ئەو تۆزە حیبرە هەڵگری نزیکەی ١٠٠ ملیارد ئەتۆمی کاربۆنە. تۆ بۆ ئەوەی یەکێک لەوانە بەچاوی ڕووت ببینیت، پێویستە خاڵەکە بە پانتایی ١٠٠ مەتر گەورە بکەیتەوە. سەد ساڵ لەوەو پێش وایاندەزانی ئەتۆمەکان تەنی وردی نەسمێنن، لەوانەیە وەکو نموونەیەکی وردی تۆپەکانی بیلیارد. ئێستا ئێمە دەزانین هەر ئەتۆمێک ڕێسەیەکی ئاڵۆزی ناوەوەیی هەیە. هەموویان لە ناوەندەکەیاندا ناوکێکی چڕ و گوشراو هەیە، کە بەشێک لە بارستایی ئەتۆمەکە هەڵدەگرێت و هەڵگری بارگەی کارەبایی پۆزەتیڤە. لەناوچەکانی دەرەوەی ئەتۆم تەنۆلکەی کەم کێشی بچووک هەن کە ناسراون بە ئەلیکترۆن. ئەلیکترۆن بارگەی نێگەتیڤی هەیە، ئەوەی ئەلکترۆنە نێگەتیڤانە لە دەوری ناوکی بارگاوی پۆزتیڤ ڕادەگرێت، ڕاکێشانی دووبەدووە. لەهەموو باسەکە جارێکی تر ڕامێنە.

پێشتر وتم بۆ ئەوەی ئەتۆمێک بەچاوی ڕووت ببینرێت پێویستە خاڵێک بەڕادەی ١٠٠ مەتر گەورە بکرێتەوە. هەرچەن زۆر گەورەیە، بەڵام هێشتا دەکرێ هەر تەسەور بکرێت. بەڵام بۆ بینینی ناوکی ئەتۆم پێویستە خاڵەکە ١٠٠٠٠ کیلۆمەتر گەورە بکرێتەوە. گەورەتر لە ئەم جەمسەر بۆ ئەو جەمسەرەکەی تری سەر زەوی. لەنێوانی ناوەکی چڕی ناوندی، واتە شوێنی گردوخولی ئەلیکترۆنەکان، ئەتۆمەکان بەگشتی بەتاڵن. نێوان ناوکە چەپێنراوە ناوەندییەکەو ئەلیکترۆنە دوورەکان، ئەتۆمەکان بەڕادەیەکی زۆر بەتاڵن. ئەمە ئەو شتەیە زۆربەی کتێبەکان جەختی لەسەر دەکەنەوە و تا ئەو جێگەی پێوەندی بە پێکهاتەی ئەتۆمەوە هەیە ڕاستە، بەڵام ئەمە تەنها نیوەی چیرۆکەکەیە. ئەو فەزایە پڕە لە بوارەکانی هێزەکانی کارەبا و موگناتیسی، هێندە بەهێز هەن

ئەگەر تۆ بتەوێ بچیتە ناو ئەتۆمەکەوە دەتوەستێنن. تەنانەت ئەگەر ئەتۆم وادابنرێت بەتاڵ بێت، ئەوان هەڵگری ئەو هێزانەن کە مادە پێکەوە ڕادەگرن، کاتێک تۆ ئەمە دەخوێنیتەوە، بەهۆی ئەم هێزانەوە پانتاییەک لە ئەتۆمت خستووەتە سەر ئەتۆمەکانی کورسییەکەت. هەرچەند ئەم هێزە کارەبایی و موگناتیسیانە بەهێزن، بەڵام بە بەراورد بەو هێزە بەتینانەی کە لەناو ناوکی ئەتۆمدا کاردەکەن زۆر لاوازن. بە تێکدانی کاریگەریی ئەم هێزە بەتینانە دەکرێ توانای ناوکی بەرەڵا بکەیت؛ بە پشێوی دروستکردن لە هێزەکانی کارەبایی و موگناتیسی کاریگەریی ناوەندەکی زیاترت لەسەر کیمیا و بایوکیمیای ژیان دەست دەکەوێت. کاریگەرییە ئاشناکانی ڕۆژانە بەهۆی ئەو ئەلیکترۆنانەوەن کە لە دەرەوەی تویێ ئەتۆمەکان و دوور لە ناوک هەن. ئەلیکترۆنەکانی دراوسێ لەوانەیە شوێنگۆڕکێ بکەن و بەم ڕێگە یارمەتی پەیوەندی دروستکردن لە نێوان ئەتۆمەکان بدەن و مۆلکیولێک دروست بکەن. جووڵەی ئەم ئەلیکترۆنانە دەگات بە کیمیا و بایۆلۆژی و ژیان. ئەم کتێبە سەبارەت بەو بابەتانە نییە کە باسی ڕەوشتی بەکۆمەڵی ژمارەیەک ئەتۆم دەکات. بەڵکو ئێمە دەمانەوێ سەفەر بکەین بۆ ناو ئەتۆمەکان و تێبگەین لەو ناوەدا چ باسە.

لەناو ئەتۆمدا

وادیارە ئەلیکترۆن بەڕاستی بنچینەیی بێت؛ ئەگەر ڕیشەی ناوەوەشی هەبێت هێشتا نەماندۆزیوەتەوە. بەهەرحاڵ ناوکی ناوەندی لەزیاتر لە تەنۆلکەیەک دروستبووە کە ناسراون بە پرۆتۆن و نیوترۆن.پرۆتۆن بارگەکەی پۆزەتیڤە و پرۆتۆنەکان هەموو بارگە پۆزیتیڤەکەی ناوک بەرهەم دەهێنن. هەرچی پرۆتۆنی زیاتر لەناو ناوکدا هەبێت بارگەکەی گەورەترە و لەئەنجامدا ئەلیکترۆنی زیاتر دەکرێ، وەکو سەتەلایت لەدەوری

بن بۆ ئەوەی ئەتۆمێک دروست ببێت، کە لەودا بارگە پۆزەتیڤ و نێگەتیڤەکـان هاوتـایی دژبەیەک ڕادەگرن و ئەتـۆم بەگشـتی دەبێـت بەبـێ بـارگە. هەرچەنـد هێـزە کارەبـاییە بەهێزەکـان بە قــووڵی لەنــاو ئەتۆمەکــانی جەســتەی ئــێمەدا کــاردەکەن، نە ئاگاداریــانین و نەخۆشــمان بە شــێوەی کارەبــایی بارگــاوین. ئەتــۆمی ســادەترین تــوخم، واتە هایــدرۆجین، کە بــریتییە لە پرۆتۆنێـک و تــاکە ئەلیکترۆنێـک. ژمــارەی پرۆتۆنەکــانی نــاو ناوکە، کە توخمێک لە توخمێکی تر جیادەکاتەوە، هێشوییەکی ٦ پرۆتۆنی ناوکی ئەتۆمی کاربۆن دروست دەکات، بەم شێوە ٢٦ ئاسن و ٩٢ یورانیۆم پێکدەهێنێت.

بــارگە دژبەیەکەکــان یەکتــر ڕادەکێشــن، بەڵام ئەوانەی بارگەیـان هاوشـێوەیە یەک دوور دەخەنەوە. هەربـۆیە جـێگەی سەرسووڕمانە کە پرۆتۆنەکان، بەشـێوەی دوو بەدوو یەکتـری بەڕێـگەی هێـزی کارەبـایی دوردەخەنەوە، چـی شـتێک پـێکەوە لەناو ناوک دەیانهێڵێتەوە. هۆکـارەکەی ئەوەیە دوو پرۆتـۆن کە بەریەک دەکەون، بەهـۆی هێـزێکەوە کە ناســراوە بە هێــزی بەتین(Strong force) بە توندی یەکتری ڕادەگرن. ئەم هێزە ڕاکێشەرە، زۆر بەهێزترە لە دوورخەرەوەی کارەبـایی، ئەمەیە هۆکــاری ئەوەی کە نــاوکی ئەتــۆم لەخــۆڕا نــاتەقێتەوە. بەهەرحـاڵ، تـۆ نـاتوانی ژمـارەیەکی زۆر پرۆتـۆن لە شـوێنی نزیک یەکتر دابنێی؛ چونکە لە کۆتاییدا شکانی کارەبـایی زۆر گەورە دەبێـت. ئەمە یەکـێکە لەو هۆکـارانەی کە قورسـترینی تــوخمە سروشــتییەکان بەشــێوەی سروشــتی هەن و ٩٢ پرۆتۆنیان لەهەر ناوکێکدا هەیە. پرۆتۆنی زیـاتری پێوە بلکێنـی نـاوکەکە نـاکرێ بمێنێتەوە. لەودیـو یورانیـۆمەوە تـوخمە زۆر تیشـکدەرەکانی وەکـو پلۆتنیـوم (plutonium)هەن کە بەهـۆی ناهاوسـەنگییەکەیەوە بەناوبـانگە. نـاوکە ئەتۆمییەکـانی هەمـوو توخمەکـان جگە لە هایـدرۆجین هەڵگری پرۆتـۆن و نیـوترۆنن.

لەڕاستیدا نیوترۆن بریتییە لە کۆپییەکی بێبارگەی پرۆتۆن. هەمان قەبارەی هەیە و بەجیاوازییەکی بچووکەوە هەمان بارستاییشی هەیە. نیوترۆنەکان بەهەمان توونـدی کە پرۆتۆنەکان ئەنجامی دەدەن یەکتری دەگرن. بەپێچەوانەی پرۆتۆنەکانەوە هیچ بارگەیەکی کارەباییان نییە و هەست بە هیچ پشێویەکی کارەبایی ناکەن. لە ئەنجامدا، نیوترۆنەکان کە لە ناو بارستایی ناوکێکدا زۆر دەبن، بەگشتی هێزی ڕاکێشەری بەتین زیاد دەکەن کە یارمەتی هاوسەنگبوونی ناوک دەدات.

کاتێک نیوترۆنەکان لەم ناوەندەدا دان، وەکو بەشێک لە ناوکی ئەتۆمی ئاسنن، لەوانەیە بۆ ماوەی چەندین ملیارد سال بەبێ گۆڕان بمێنێتەوە. بەهەرحال، بەدور لەم هێشووە پێچراوە، نیوترۆنێکی تاک ناهاوسەنگە. هێزێکی کز لە کارەکەدا هەیە، کە بەهێزی لاواز(weak force) ناسراوە و یەکێک لە کاریگەرییەکانی تێکدانی نیوترۆنە و دەیگۆڕێ بە پرۆتۆن. ئەمە دەکرێ تەنانەت کاتێک ژمارەیەکی زۆر نیوترۆن لەگەڵ پرۆتۆنەکان چەپێنراونەتە ناو ناوکێک، ڕوودات. کاریگەریی وەها گۆڕینێک، گۆڕانی ناوکی توخمێکە بۆ توخمێکی تر. ئەم گۆڕانی توخمانە تووی تیشکدانەوە و توانای ناوکییە.

بەگەورەکردنەوەی نیوترۆن یان پرۆتۆن بۆ هەزاران جار دەکرێ تێبگەی ئەوان ڕیسەیەکی ناوەوەیی دەوڵەمەندیان هەیە. هاوشێوەی پورە هەنگێک کە لە دوورەوە وا دیارە خاڵێکی تاریکە، لە کاتێکدا لە نزیکەوە هەورێک بە ویزەویزی بە جووڵە دەبینی، نیوترۆن و پرۆتۆنیش وان. لە وێنەیەکی کەم توانا، وەکو خاڵی سادە دەردەکەون، بەڵام کاتێک بە مایکرۆسکۆپ بە وردبینی بەرزەوە سەیر دەکرێت، هێشووگەلێک لە تەنۆلکەی وردتر بەناوی کوارک(quark) دەبینرێت.

با وەکو دوایین جار بەخاڵێک بەراوردی بکەین. ئێمە ناچارین بۆ بینینی ئەتۆمێک خاڵێک بەڕادەی ١٠٠ مەتر گەورە بکەینەوە؛ گەورەکردنەوەی ناوک بەڕادەی تیرەی هەسارەیەک. بۆ دەرخستنی کوارکەکان پێویستە خاڵێک بەڕادەی مانگ درێژ بکەینەوە و لەوێشەوە ٢٠ هێندە درێژەی پێ بدەین. بەکورتی ڕێسەی بنچینەیی ئەتۆم لەودیو تەسەوری ڕاستەقینەی ئێمەیە.

ئێمە لە دواییدا گەیشتین بە تەنۆلکە بنچینەییەکان بەو شێوەی ئێستا دەیزانین. ئەلیکترۆنەکان و کوارکەکان وەکو پیتەکانی ئەلفبێی سروشتن، بنچینەترین پارچەی هەرشتێک کە دەکرێ بینا کرابێت. ئەگەر شتی بنچینەیتر وەکو خاڵ و هێڵی مۆرس کۆدی مۆرس هەبن بەدیاریکراوی نازانین چین. بۆچوونێک هەیە، کە پێیوایە ئەگەر بکرێ ئەلیکترۆنێک یان کوارکێک ملیارد میلیاد جار گەورە بکەیتەوە، لە بنچینەدا کۆدی مۆرس دەبینین کە هاوشێوەی ڕێسمان(String)ە، و لە گەردوونێکدا دەلەرنەوە کە ڕەهەندەکانی زیاترە لە سێ ڕەهەندی فەزا و ڕەهەندێکی کات کە بەشێوەی ئاسایی دەیناسین. چ ئەمە وەلامەکە بێت چ نەبێت ئایندە وەلامی دەداتەوە. من دەمەوێ پێتان بڵێم کە چۆن زانیمان ئەلیکترۆن و کوارکەکان هەن و چین، چۆن ڕەفتار دەکەن و چ پرسیارگەلێک بەرەڕوومان دەبێتەوە.

هێزەکان

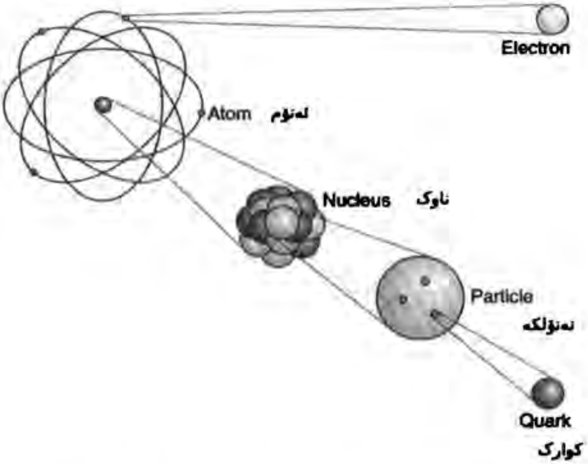
ئەگەر ئەلیکترۆن و کوارکەکان وەکو پیت بن، کەوابوو دەبێت وەکو بەراورد ڕێزمانیش لە ئارادابێت: واتە ئەو ڕێسایانەی کە پیتەکان پێکەوە دەنووسێنێت بۆ ئەوەی وشە، ڕستە و داڕشتن دروست ببێت. سەبارەت بە گەردوون ئەو نووسێنەر و لکێنەرە هێزە بنچینەییەکانن. چواردانە لەوان هەن،

کە کێشــــکردن(GRAVITY) ئاشـــناترینیانە؛ کێشـــکردن ئەو هێزەیە کە فەرمانڕاوایە لەسەر مادە بەکۆمەڵ بووەکان. ئەوەی مـادە پـێکەوە ڕادەگرێـت هێـزی کارۆموگناتیسـییە؛ ئەمە هەر ئەوەیە کە ئەلیکترۆنەکان لەناو ئەتۆمدا ڕادەگرێت و ئەتۆمەکان پـێکەوە دەبەسـتێتەوە تـاوەکو مۆلکیـوڵ و ڕیسـەی گەورەتـر دروسـت بـکەن. لەنـاو و لە دەوروبەری ناوکدا دوو هێـزی تـر هەن: بەتـین و لاواز. هێـزی بەتـین(Strong Force) لەنـاو گـۆگەلێکی بچووکـدا کە ناومـان نـاون پرۆتـۆن و نیـوترۆن کوارکەکـان پێکەوە ڕادەگرێت؛ ئەوانیش لەنـاو نـاوکی ئەتۆمـدا ترنجـاونەتە پـاڵ یەکتـری. هێـزی لاواز(Weak Force) جـۆرێکی تەنـۆلکە بـۆ جـۆرێکی تـر دەگـۆڕێ، وەکـو ئەوەی لە فـــۆرمە دیاریکراوەکـــانی ڕادیۆئاکتیڤیتیـــدا دەبینرێـــت. ئەمە پرۆتۆنێـک بـۆ نیوترۆنێـک یـان بە پـێچەوانەوە بەیەکتـری دەگۆڕێت و دەگات بە گۆڕانی (ئیستیحالە) توخمەکـان. کاتێـک ئەمە ڕوودەدا هەنـدێک تەنـۆلکە ئـازاد دەبـن کە بە نیوترینـۆ ناسـراون. ئەمـانە تەنـۆلکەی بێبـارگەی زۆر سـوکی بزێـون کە تەنها هەست بەبوونی هێزەکانی لاواز و کێشکردن دەکەن. بە میلیۆن لەوان ئێستا ڕێک لە تووە تێپەڕ دەبن. ئەوان لەو بەردە ڕادیۆئاکتیڤـانەی ژێـر و پشـتەوە دێـن، بەڵام زۆربەیـان لە خـۆرەوە دێـن، لە کـورە نـاوکییەکەی ناوەندەکەیـدا دروسـت دەبن، تەنـانەت لە خـودی بیگبانگیشـەوە دێن. بۆ مـادەی سـەر زەوی و زۆربەی ئەو شـتانەی لە گەردوونـدا دەیبینـین، ئەمە هەموو کارکتەرەکانی گەمەکەن کە پێویستمانن.

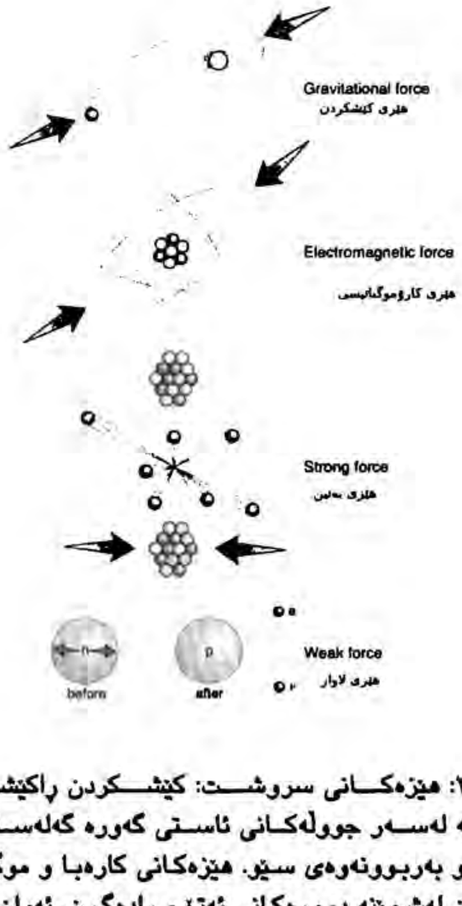
دروسـتبوونی هەمـوو ئەو شـتانەی لە دەوروبەرمانـدان پێویستی بە پێکهێنەرەکانی وەکو ئەلیکترۆن و نیوترینۆ و دوو کوارکی جیـاواز بەناوەکـانی سـەر(up) و خـوار(down) هەیە، کە تۆوی پرۆتۆن و نیوترۆنەکانی ناوکی ئەتۆمن. چوار هێزی

سەرەکی بە ڕێگەی هەڵبژێردراو کاردەکەنە سەر ئەم تەنۆلکە بنچینەییانە و مادە بەشێوەی بەکۆمەڵ و لە کۆتاییدا من و تۆ و زۆرترینی گەردوونی بینراو دروست دەکەن.

وەکو دەگوترێ وێنەیەک بەڕادەی هەزار وشە بەهای هەیە، من چیرۆکەکە تاوەکو ئێستا بە وێنەیەک کە پیشاندەری ڕێسەی ناوەوەیی ئەتۆم و هێزەکانی سروشتە کورت دەکەمەوە.



وێنەی١: ناو ئەتۆم؛ ئەتۆم پێکهاتووە لە ئەلیکترۆنەکان کە لە دوورەوە بەدەوری ناوکێکی ناوەندیدا دەخولێنەوە. ناوک پێکهاتووە لە نیوترۆن و پرۆتۆنەکان. پرۆتۆنەکان بارگەکەیان پۆزەتیڤە؛ نیوترۆنەکان بێ بارگەن. نیوترۆن و پرۆتۆنەکان خۆیان لە تەنۆلکەی بچووکتر کە ناویان کوارکە پێکهاتوون، بەپێی باشترین تاقیکردنەوەکان، ئەلیکترۆن و کوارکەکان وادیارە تەنۆلکەی بنەڕەتی بن، بەبێ ئەوەی پێکهاتەی قووڵتریان هەبێت.



وێنەی٢: هێزەکانی سروشت: کێشکردن ڕاکێشەرە و فەرمانڕەوایە لەسەر جووڵەکانی ئاستی گەورە گەلەستێرەکان، هەسارەکان و بەربوونەوەی سێو. هێزەکانی کارەبا و موگناتیسی ئەلیکترۆنەکان لەشوێنە دوورەکانی ئەتۆم ڕادەگرن. ئەوان دەکرێ ڕاکێشەر یان دوورخەرەوە بن، ئەوان لە یەکگرتنەڵکردنی مادەدا بەشدارن، بەلام بۆ مەودای دوور زاڵبوون بۆ کێشکردن بەجێدەهێڵن. هێزی بەتین کوارکەکان پێکەوە دەنووسێنێت و نیوترۆن و پرۆتۆن و جۆرەکانی تری تەنۆلکە دروست دەکات. ڕاکێشەری بەتین لەنێوان ئەو پرۆتۆن و نیوترۆنانەی دەکەون لە یەکتر یارمەتیدەرە بۆ دروستبوونی ناوکێکی چڕ لەناو دڵی ئەتۆمدا. هێزی لاواز دەکرێ فۆرمێکی تەنۆلکە بە فۆرمێکی تر بگۆڕێت. ئەمە هۆکاری گۆڕینی توخمەکانە، بۆ نموونە گۆڕینی هایدرۆجین بۆ هیلیۆم لەناو خۆردا.

چۆن ئەمانە دەزانین؟

یەکێک لە گرنگترین بەشەکانی چیرۆکەکەی ئێمە ئەوە دەبێت کە ئێمە ئەم شتانە چۆن دەزانین. بۆ هەست کردن بە گەردوون لە هەموو ئاستەکاندا، لە مەودا دورەکان بەرەو ئەستێرەکان تاوەکو مەودای یەکجار زۆر کورتی ناو ناوکی ئەتۆم، پێویستە هەستەکانمان بە بەکارهێنانی ئامێرەکان پەرەپێبدەین. تەلیسکۆپ توانابیمان دەداتێ سەیری دوور بکەین و میکرۆسکۆپ پەردە لەسەر شتەکانی مەودای کورت لادەدا. بۆ سەیرکردنی ناو ناوکی ئەتۆم پێویستیمان بە جۆرێکی تایبەتی مایکرۆسکۆپ هەیە کە ناسراوە بە تاودەر(accelerator)ی تەنۆلکە. بە بەکارهێنانی بوارە کارەباییەکان تەنۆلکەی بارگاوی وەکو ئەلیکترۆن یان پرۆتۆن بۆ کەرتێک لە خێرایی ڕووناکی تاودەدرێت و لەدواییدا دەکێشرێت بە ئامانجێکی مادی یان ڕووبەرە و لەویتر دەدرێت. ئەنجامەکانی بەرکەوتنی لەم شێوە دەکرێ پەردە لەسەر نهێنی ڕیسەی قوولی مادە لابدات. ئەوان نەتەنها ئەو کوارکانەمان پیشان دەدەن کە تۆوی ناوکی ئەتۆمین، بەڵکو فۆرمی سەیرو سەمەرەکانی مادەش بەناوگەلی نامۆی وەکو- سەمەتە(Strange)، ئەفسون(charm)، بن(bottom)، و ترۆپک(top)- و هەروەها شێوازە قورسترەکانی ئەلیکترۆنیش کە پێیان دەگوترێ موئون(muon) و تاو(tau) دەردەخەن. ئەمانە ڕۆڵێکی زەق لەو مادەی کە ئێمە بەشێوەی ئاسایی لەسەر زەوی دەیبینین ناگێڕن و بەتەواوەتیش تێناگەین بۆچی سروشت بەکاریان دەهێنێت. وەڵامدانەوە بەم پرسیارانە یەکێک لەو ئاڵنگاریانەیە کە لە ئێستا لەگەڵی بەرەوڕووین.

هەرچەند ئەم فۆرمە نامۆیانە لە ئێمڕۆدا باونین، وادەردەکەوێ ئەوان لە یەکەم ساتەکانی دوای

بیگبانـگ(تەقینەوە گەورەکە) کە دەسـتپێکی جیهـانە مـادیەکەی ئـێمە ڕاگەیەنـدرا بـاو بـووبێتن. هەروەهـا ئەم تێگەیشـتنە لە ئەنجامی تاقیکردنەوەی تەنۆلکەکانی وزەی بەرزەوە هـاتووە و بەرجەسـتە بـوونێکی قـووڵی ئەو شـتەیە کە ئەم تـاقیکردنەوانە دەکـرێ ئەنجـامی بـدەن. بـۆ مـاوەی ٥٠ سـاڵ چڕبـوونەوەی فیزیـای تەنـۆلکەی وزە بریتـی بـوو لە دەرخسـتنی ڕیشـە و بونیـادی قـووڵی نـاوەوەی مـادە و تیگەیشـتن لە فـۆرمە سـەیرەکانی مـادە کە بەشـێوەیەکی چـاوەڕواننەکراو دەرکەوتبوون. لە چارەکی کۆتایی سەدەی بیستەم تێڕوانینێکی قووڵ بۆ گەردوون هاتە ئاراوە: مادەکانی گەردوونی ئیمڕۆیـی لە بیگبـانگێکی گەرمەوە هەڵقوڵیـون و ئەوەی کە بەرکەوتنـی نێـوان تەنـۆلکە نـیمچە ئەتۆمییەکـان بـارودۆخە سـاتەکییەکان دروست دەکاتەوە، کە لەو سەردەمە سەرەتاییەدا باو بووە.

هەربۆیە لە ئیمڕۆدا ئێمە بەرکەوتنی تەنۆلکە وزەبەرزەکان بەواتای لێکۆڵینەوە لەو دیاردانە دەبینین، کە کاتێک گەردوون بەتازەیی لەدایک دەبوو، فەرمـانڕەوا بـوون. دەکرێ لێکۆڵینەوە بکەیـن مـادە چـۆن خەڵـق بـووە و بیـدۆزینەوە چـۆن جۆراجۆرییەکان هاتووەتە ئاراوە. لێرەوە دەکرێ ئەو چیرۆکە بنیـاد بنێـین، کە چـۆن مـادەی گەردوون لە مەنجەڵێکـی سەرچاوەیی گەرمەوە پەرەدەستێنێت و دەگات بەم بارودۆخە ساردەی ئێستا لە ئیمڕۆی سەر زەویدا، کە مادە پێکهاتووە لە ئەلیکترۆنەکان، بەبێ ئەوەی پێویست بە بوونی موئون و تـاو بکـات و توخمەکـانی نـاوکی ئەتـۆم پێکهـاتوون لەتەنهـا دوو کـوارکی سـەر(up) و خـوار(down) بەبێ ئەوەی پێویسـت بە جۆرە سەمەرە(strange)ەکە یان ئەفسون(charm)ەکە بکات.

بەکورتی ئەو چیرۆکەی کە ڕوویدا ئەمەیە: ئەو مـادەیەی لە بیگبـانگی گەرم لەدایکبـوو، پێکهـاتبوو لە کوارکەکـان و

تەنۆلکەکـانی وەکـو ئەلیکتـرۆن. سـەبارەت بە کوارکەکـان، جۆرەکـانی سـەمەرە، ئەفسـون و بـن و ترۆپـک بەتوونـدی لەرزۆک و ناهاوسەنگ بوون و لە کەرتێکی بچووکی چرکەدا مردن، هێزی لاواز ئەوانی گۆڕی بە نەوە زیاتر هاوسەنگەکانی وەکـو سـەر و خـوار کە تـاوەکو ئێسـتاش هەن. چیرۆکێکـی هاوشـێوەش بـۆ ئەلیکتـرۆن و ڤێـرژە قورسـترەکانیتری وەکـو موئـون و تـاو هـاتە ئـاراوە. ئەم جـووتەی دوایـیش لەرزۆک و ناهاوسەنگن و بەهۆی هێزی لاوازەوە مردن و ئەلیکترۆنیان لە دوای خۆیـان بەجێهێشـت. لەم پرۆسـەی گەنینەدا، بڕێکـی زۆر نیوترینـۆ و تیشـکی کارۆموگناتیسـی دروسـتبوون، کە لە ١٤ ملیارد ساڵ لەوەو پێشەوە بەگەردووندا بڵاوبوونەتەوە.

لە کاتێکـــدا هێشـــتا گەردوون زۆر گەرم و لاو بــوو، کوارکەکـانی سـەر و خـوار و ئەلیکترۆنەکـان ڕزگارییـان ببـوو. لەگەڵ ساردبوونەوەیدا، کوارکەکـان پێکەوەنووسـان و پرۆتـۆن و نیوترۆنیـان دروسـتکرد. ڕاکێشـانی کێشـکردنی دووبەدوو لەنێـوان ئەم تەنۆلکـانە لە هەوری گەورەدا خـڕی کـردنەوە، کە ئەمـانە ئەسـتێرە سـەرەتاییەکان بـوون. کاتێـک پرۆتـۆن و نیوترۆنەکـان لە نـاو دڵـی ئەم ئەسـتێرانەدا دەکەون لەیەکتـری تـۆوی تـوخمە قورسـترەکان دروسـت دەکەن. هەنـدێک لەم ئەستێرانە لەرزۆک بوون، تەقانەوە و ئەم نـاوکە ئەتۆمییانەیـان بەناو فەزادا بڵاوکردەوە، کە بەحەپسکردنی ئەلیکترۆنەکـان ئەو ئەتۆمانەیان دروستکرد کە ئێستا دەیانناسـین. ئەمە ئەو شـتەیە کە بڕوامـان وایە بەنزیکەیی ٥ ملیـارد سـاڵ لەوەوپـێش لەکـاتی دروستبوونی کۆمەڵەی خـۆر ڕوویـداوە. ئەو ئەتۆمـانەی مـن و تۆیان لە ئەمڕۆدا دروستکردووە لە سوپەنۆڤایەکەوە هـاتوون کە زۆر لەوەوپێش مردووە.

ئەوەی ئێستا ئێمە دەكرێ لە تاقیكردنەوەكاندا ئەنجامی بدەین بەشێوەی كاریگەر پرۆسەكەی پێچەوانە كردۆتەوە و دەبینین مادە دەگۆڕێت بەرەو دواوە بۆ فۆرمە سەرچاوەییە سەرەتاییەكەی. گەرمكردنی مادە بۆ چەند هەزار پلەی گەرمی و بەئایۆنكردنی ئەتۆمەكان- ئەلیكترۆنەكان لە ناوكی ناوەندی جیا دەبنەوە. ئەمە ئەو شتەیە لەناو خۆردا ڕوودەدا. خۆر پلاسمایە، واتە پرۆتۆن و ئەلیكترۆنەكان كە بەشێوەی كارەبایی بارگاویین و بەشێوەی سەربەخۆ دەسوڕێنەوە. تەنانەت لە پلەی گەرمی بەرزتردا، ئەو بارودۆخە جۆرییەی كە دەكرێ تاڕادەیەك لە تاودەرە بچووك و وزەبەرزەكاندا پێی بگەین، ناوكەكان هەڵدەوەشێنەوە بۆ پێكهاتەكانیان، واتە نیوترۆن و پرۆتۆنەكان. لە وزەی بەرزتردا ئەمانیش دەتوێنەوە بۆ پلاسمایەك كە كواركەكان تێیدا بەسەربەستی دەجووڵێن.

هەموو ئەمانە چۆن ڕوویانداوە، چۆن دەیزانین، و چیمان دۆزیوەتەوە، بابەتی ئەم پێشكەییە زۆر كورتەن.

بەشی دووەم
گەورە و بچووك چۆن گەورە و بچووکن؟

ئەتۆمەکـان زۆر بچـووکن، گەردوون زۆر گەورەیە، ئەوان چـۆن لەگەڵ شـتە ئاسـاییەکانی ڕۆژانەدا بەراورد دەکـرێن؟ گەردوون لەهەمـوو شـوێنێکدا وەکـو یەک نیـیە- خـۆر و ئەستێرەکان زۆر گەرمترن لە زەوی و مادە. گەردوون فۆرمی جیاواز وەردەگرێت، بەڵام لە کۆتاییدا لەیەک شت دروستبوون. گەردوون بەپێـی کـات یەک شـت نەبـووە، ١٥ ملیـارد سـاڵ لەوەوپێش لە گەردوونـی زۆر گەرمەوە هـاتووەتە ئاراوە و لە دواییدا تۆوەکانی مادە دروستبوون.

لە کوارکەوە بۆ کوازەر

ئەسـتێرەکان گەورەن و بە چـاوی ڕووت لە مەودای دوورەوە دەبینـرێن. ئەمە بەپـێچەوانەی پـارچە سـەرەکییەکانیەتی، واتە تەنۆلکەکـان کە لە کۆتاییـدا ئەتۆمەکـان دروست دەکەن. نزیکەی یەک ملیارد ئەتۆم پێویستە بۆ ئەوەی بخـرێنە سـەریەک بگـات بەلـوتکەی سـەرت؛ ژمـارەیەکی

هاوشێوەش لە مرۆڤ پێویستە پەنجەی پێی ئەم بخرێتە سەر لوتکەی سەری ئەویتر تاوەکو درێژییەکەی بگات بە تیرەی خۆر. هەربۆیە سکێڵی پێوانی مرۆڤ بەنزیکەیی دەکەوێتە نێوان ئەمانە، واتە ئەتۆم و خۆر. ئەو تەنۆلکەکانەی کە ئەتۆمەکان دروست دەکەن- ئەلیکترۆنەکان کە لە ناوچەکانی دەوری ئەتۆمدان و کوارکەکان کە لە توخمی کۆتایی ناوکە ناوەندییەکاندان- خۆیان یەک ملیارد جار لە ئەتۆم بچووکترن.

مرۆڤێکی گەورە شتێک کەمتر لە ٢ مەتر باڵایەتی. بۆ زۆربەی ئەو شتانەی لەم کتێبانەدا باسی دەکەین ڕادەی گەورەییەکە زۆر گرنگترە لە بڕە وردەکانی. بۆیە بۆ ڕێکخستنی ئاستەکانی من ڕادەی گەورەییەکەی باڵای مرۆڤ بە مەترێک دادەنێم (ئەمە بەواتای ئەوەیە ئێمە گەورەترین لە ١٠/١ مەتر، یان 10^{-1} مەتر و کەمترین لە ١٠ مەتر). بۆ ئاستە گەورەکانی ئەستێرەناسی، نیوەتیرەی زەویمان هەیە، کە نزیکە لە ١٠^٧ مەتر (١، حەوت سفر لە بەردەمیدا)؛ هی خۆر ١٠^٩؛ نیوەتیرەی ڕێچکەی سووڕانەوەمان بەدەوری خۆردا ١٠^١١ یە (بەپێی یەکەیەکی گونجاو ١٠٠ ملیۆن کیلۆمەتر). بۆ گەڕانەوەکانی دوایی، سەرنج بدەن کە قەبارەی ڕێژەیی زەوی، خۆر و سوورگەکەمان بە فاکتەری ١٠٠ جیاوازن.

مەودای دووری گەورەتر لەمە وێنەکردنی زۆر قورستر دەبێت و کاتێک بە مەتر دەردەبڕدرێن، ژمارەیەکی زۆر سفر دەبێت دابنرێن، هەر بۆیە یەکەیەکی نوێ پێویستە: ئەو یەکە نوێیە ساڵی ڕووناکییە(light year). ڕووناکی بەخێرایی ٣٠٠ هەزار کیلۆمەتر لە چرکەدا گەشت دەکات. ئەم خێراییە زۆر بەرزە، بەڵام بێکۆتایی نییە: ڕووناکی لە یەک نانۆچرکە، کە دەکاتە 10^{-9}چرکە ٣٠ سانتی مەتر ڕێگە دەبڕێت، کە بەڕادەی گەورەیی پێیەکانتە. کۆمپیوتەرە نوێیەکان لەم ئاستە لەکاتدا کاردەکەن، وەها میکرۆکاتێک ئەوکاتە گرنگ دەبێت کە دەچینە

ناو جیهانی ئەتۆمەوە. ئێستا با سەر لە سنوورەکەی ئەولاش بدەین- مەودا زۆر دوورەکانی گەردوون و کاتەدرێژەکان کە ڕووناکی پێویستییەتی بۆ ئەوەی گەشت بکات و بگات بەچاوی ئێمە.

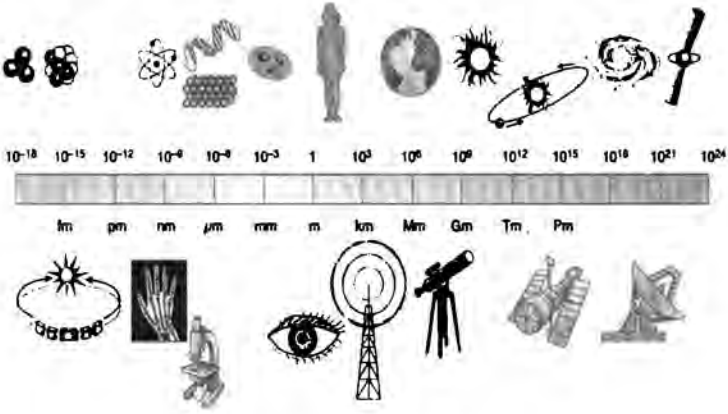
ڕووناکی ٨ خولەک کاتی پێویستە تاوەکو ١٥٠ ملیۆن کیلۆمەتر لە خۆرەوە دەبڕێت و دەگات بە ئێمە؛ هەربۆیە دەڵێین خۆر ٨ خولەکی ڕووناکی(light minutes) لە ئێمەوە دوورە. ڕووناکی بۆ ئەوەی 10^{16} مەتر ببڕێت، یەک ساڵی پێویستە و بەم مەودایە دەگوترێت ساڵی ڕووناکی(light year). پانتایی گەلەستێرەی ڕێگای کاکێشان(milky way) 10^{21} مەتر یان ١٠٠٠٠٠ ساڵی ڕووناکییە. هێشووە گەلەستێرەکان کە پێکەوە گروپێک پێکدەهێنن، پانتاییەکەیان سەرو ١٠ ملیۆن ساڵی ڕووناکییە. ئەم هێشووانەش خۆیان لەناو بەرزەهێشووە(supercluster)کاندا بە گروپ دەبن و پانتاییەکەیان ١٠٠ ملیۆن ساڵی ڕووناکییە (واتە 10^{24} مەتر). پانتایی گەردوونی بینراو بەنزیکەیی ١٠ ملیارد ساڵی ڕووناکیی یان 10^{26} مەترە. ئەم ژمارە دروستانە زۆر گرنگ نین، بەلام سەرنج بدەن گەردوون یەکدەست نییە و لە ڕیسە دوردەستەکاندا بەهێشوو دەبێت: بەرزەهێشووەکان، هێشووەکانی گەلەستێرە و گەلەستێرە تاکەکانی وەکو ئەوەی خۆمان، هەرکامیان ١٠٠/١ لەوەی پێشووی بچووکترە. کاتێک دەچینە ناو جیهانی وردەوە، دووبارە هەندێک توێ ڕیسەی لەو جۆرە دەبینین، بەلام ئاست و مەودایەکی بەتاڵترە؛ نەک ١٠٠/١، بەڵکو هەر ڕیسەیەک١٠٠٠٠/١ بچووکترە لەوەی پێش خۆی.دوای گەشت بۆ ئاستە گەورە فەزاییەکان با ئاوڕ لە ئاڕاستە دژەکەی بدەینەوە و بچینە ناو میکرۆجیهانی ئەتۆم و ڕیسە و بونیادە ناوەوەییەکەی. بەچاوی ڕووت دەتوانن پارچە تاکەکانی تۆز جیابکەینەوە، کە بچووکترن لە یەک لەسەر ١٠وە

بۆ یەک لەسەر ١٠٠ی میلی مەترێک: 10^{-4} بۆ 10^{-5} مەتر ئەمە هاوتای گەورەترین بەکتریاکانە. ڕووناکی جۆرێک شەپۆلی کارۆموگناتیسییە و درێژەشەپۆلی ڕووناکی بینراو کە ئێمە لە کۆلکە زێڕینەدا دەیبینین لەنێوان 10^{-6} بۆ 10^{-7} مەترە. ئەتۆمەکان هەزاران جار لەمە بچووکترن و بەنزیکەیی 10^{-10} مەترن. ئەو ڕاستییەیی ئەتۆمەکان زۆر بچووکترن لە درێژەشەپۆلی ڕووناکی بینراو دەیانخاتە ئەودیوی بینینی ئاساییمانەوە.

هەموو شتێک لەسەر زەوی لە ئەتۆمەکان دروستبووە. هەموو توخمێک بچووکترین پارچەی خۆی هەیە، کە هێندە بچووکن بەچاو نابینرێن و لەگەڵ ئەوەشدا هەقیقین و ئامرازە تایبەتەکان دەکرێ پیشانیان بدات. با لە بەشی ١ەوە بەبیرمان بێتەوە: ئەتۆمەکان لە تەنۆلکەی وردتر دروستبوون. ئەلیکترۆنەکان لە دوورەوە تێیاندا دەسوڕێنەوە: لەناخەکەیاندا ناوکێکی ئەتۆمی چڕ و قورس هەیە. ناوکیش لەخۆیدا ڕیسە و بونیادی هەیە، پێکهاتووە لە پرۆتۆن و نیوترۆنەکان، کە ئەوانیش خۆیان لە تەنۆلکەی وردتر پێکهاتوون: واتە "کوارکەکان" (Quarks). کوارکەکان و ئەلیکترۆن تووی هەموو ئەو مادانەن کە دەکرێ لەسەر زەوی بیانبینین.

لەکاتێکدا ئەتۆم بەنزیکەیی پانتاییەکەی 10^{-10} مەترە، پانتایی ناوکەکەی تەنها بەنزیکەی 10^{-14} بۆ 10^{-15} مەترە. هەربۆیە ئاگاداری ئەم بەراوردە بن کە زۆرجار گوتراوە ئەتۆمەکان وەکو کۆمەڵەی خۆر بچووکن و هەسارە ئەلیکترۆنەکان لەدەوری ناوکە خۆرەکان دەسوڕێنەوە. کۆمەڵەی خۆر هەڵگری فاکتەرێکی ١/١٠٠ ە لەنێوان سورگەکەمان و قەبارەی خۆرە ناوەندییەکە؛ ئەتۆم زۆر بەتاڵترە ڕێژەی گرێدراوی لەنێوان ناوک و نیوەتیرەی ئەتۆمەکە ١/١٠٠٠٠ە و ئەم بەتاڵییە بەردەوام دەبێت. تیرەی

تـاکە پرۆتـۆن و نیوترۆنەکـان بەنزیکەیـی 10^{-15} مەتـرە و ئەوانیش خۆیان لە تەنۆلکە بچووکترەکان پێکهاتوون کە ناویان کوارکە. ئەگەر کوارک و ئەلیکترۆن قەبارەی زاتییان هەبێت، دەبێت زۆر بچووکتر لەوە بن کە بکرێ بپێورێن. هەموو ئەو شتەی کە دەکرێ بە دڵنیایی بڵێین ئەوەیە نـاکرێ لە 10^{-15} مەتـر گەورەتـر بێت. هەر بـۆیە لێرەدا دەبینـین کە قەبـارەی ڕێژەیـی کـوارک بە پرۆتـۆن بـڕێکە نزیـک بە ١/١٠٠٠٠(زۆری زۆر). هەر ئەمەش سـەبارەت بە ئەلیکتـرۆنە 'هەسـارەییەکان' بەپێـی پرۆتۆن'خـۆرییەکە'، ڕاسـتە: تەنهـا لە جیـاتی ١/١٠٠ی کۆمەڵەی خۆری ڕاستەقینە، ١/١٠٠٠٠ دابنێ. هەربۆیە جیهانی ناو ئەتۆم بەڕادەیەکی بەرچاو بەتاڵە.



وێنەی ٣: بەراورد لەگەڵ قەبـارەی مرۆیـی و ئەودیـوی بینینـی ئاسایی. لە ئاستی بچووکدا، 10^{-6} مەتر ناسراوە بە ١ میکرۆن(μ) 10^{-9} ناسـراوە بە ١نـانۆ (*nano*)و 10^{-15} ناسـراوە بە ١ فێرمی(*fermi*).

بـــۆ گەیشـــتتن بە هەنـــدێک تێگەیشـــتن ســـەبارەت بەمە، تەسەوری درێژترین کون بکە کە دەتوانی لە کۆرسێکی گۆڵفدا بیدۆزیتەوە، تۆ بڵێ ٥٠٠ مەتر. درێژیی ڕێژەیی ئەم ڕێڕەوە بەقەبـارەی کـونە بچـووکەکە کە تـۆ لە کۆتاییـدا تـۆپەکەی تێدەخەیت بەنزیکەیی ١٠٠٠٠:١ە، کە نزیکە بە تیرەی ئەتۆمی هایدرۆجین بە ناوکەکەی ناوەڕاستی، واتە پرۆتۆن.

هەروەکو چۆن مەودا پان و بەرین و دوورەکان زەحمەتە بە مەتر دەرببڕین، مەوداکانی ناوچەی نیمچە میکرۆسکۆپی ڕێسەی ئەتۆمی و ناوکییش زەحمەتە. لە نموونەی پێشوودا ئـیمە ســاڵی ڕووناکیمــان ناســاند، واتە 10^{16} مەتــر؛ دواتــر گونجاوتر بوو ئانگسترۆم، A ، کە ١ ئانگسترۆم یەکسانە بە 10^{-10}مەتر (بەنزیکەیی قەبارەی ئەتۆمێکی سادە) و فێرمی، fm، کە ١ فێرمی یەکسانە بە 10^{-15} بەکاربێنین.

دەبینین ئانگسترۆم یەکەیەکی گونجاوە بۆ پێوانی قەبارەی ئەتـۆم و مۆلکیولەکــان، لەکاتێکــدا بــۆ نــاوک و تەنۆلکەکــان سروشــتییە فێرمــی بەکــاربێنین. (ئانگســترۆم(Ångström) و فێرمــی(Fermi) بەڕێــز دوو زانــای ئەتــۆمیی و نــاوەکیی سەدەکانی نۆزدە و بیست بوون).

چاوەکانی ئێمە شتەکانی ئاستی مرۆڤ دەبینێت؛ پێشینانمان هەستەکانیان بەو جۆرە پەرەیسەندووە، تاوەکو لە ڕاوچییەکان بیانپارێزێت؛ پێویستییان بە بینینی گەلەستێرەکان کە شەپۆلی ڕادیۆیی دەردەکەن و ئەتۆمەکانیDNAی نەبووە. لە ئیمڕۆدا ئـێمە ئامێرەکــان بەکــاردەهێنین بــۆ ئەوەی بینینمــان فراوانتــر بکەیـن: بۆ نمـوونە تەلیسـکۆپەکان کە بـۆ بینینـی قـوڵایی فەزا بەکـــاردێن و میکرۆســـکۆپ کە بەکتریـــاو مۆلکیولەکـــان دەردەخـات. مایکرۆسـکۆپی تـایبەتیش بـۆ دەرخسـتنی مەودای

بچووکتر له ئەتۆم هەیە: لەڕاستیدا ئەمانە تاودەرەکانی تەنۆلکەی وزەبەرزن. بەم ئامرازانە دەکرێ سروشتی پانتاییەکی فراوان له مەوداکان دەربخەین. ئەم کارە چۆن بە تەنۆلکەکان ئەنجام دەدرێت، له بەشەکانی ٥ و ٦ دا باسی دەکەین.

گەردوون بەپێی پلەی گەرمی و کات

هەمیشە گەردوون بەم شێوە نەبووە کە ئێستا هەیە. وەکو دەزانین گەردوون بە تەقینەوەیەکی مەزن دەستی پێکرد، هێندە گەرم کە لەودا ئەتۆمەکان نەیاندەتوانی پارێزراو بن. ئەمڕۆ دوای ١٤ ملیارد ساڵ، گەردوون تا ڕادەیەکی زۆر سارده و ئەتۆمەکان دەکرێ هەبن. بەشێوەی لۆکاڵی خاڵی زۆر گەرم هەن، وەکو ئەستێرەکانی هاوشێوەی خۆرەکەی خۆمان، و ماده لەوێ جیاوازە لەو مادەیەی کە لەسەر زەوییە تاڕادەیەک فێنکەکەی خۆمان هەیە. تەنانەت دەتوانین لەتاقیکردنەوەکانی تاودەری تەنۆلکەدا هاوشێوەسازی بۆ بارودۆخە توندەکەی ساتەکانی تۆزێک دوای بیگبانگ بکەین و ببینین چۆن تۆوە بنچینەییەکانی ماده بەشێوەی سەرچاوەیی دەبێت دەربکەون. بەهەرحاڵ هەرچەند فۆرمەکانی ماده لەناو فەزا و کاتدا دەگۆڕێن، پارچە بنچینەییەکان هاوبەشن. چۆنیەتی دەرکەوتنی ماده له سەرما(ئێستا)، له گەرمی بەرز(وەکو ناو خۆر و ئەستێرەکان) و گەرمی سەرەبەرز (وەکو تۆزێک دوای ڕوودانی بیگبانگ) بابەتی ئەم بەشەیە.

له فیزیای مایکرۆسکۆپیدا ئێمە وزە بە جول(Joule) هەژمارد دەکەین، یان له پیشەسازیی سکێلی گەورەدا بە میگا- یان ترا جول. له فیزیای تەنۆلکە، ناوک و ئەتۆم بە بەراورد

زۆر بچووکن. ئەگەر ئەلیکترۆنێک کە بارگەی کارەبایی هەیە، بە بوارێکی کارەبایی یان باترییەکی یەک ڤۆڵتی تاوبدرێت، وزەکەی دەبێت بە 1.6×10^{-19} جول. تەنانەت کاتێک دەگەیەنرێت بە خێرایی نزیک بە خێرایی ڕووناکی وەکو ئەوەی لە تاودەرەکانی سێرن(CERN) لە جنێف(Geneva) دەکرێت، ئەم وزە تەنها دەگات بە نزیکەی 10^{-8}جول، کە بریتییە لە یەک لەسەر سەد ملیۆنمی جول. ئەم ژمارە بچووکە قەرەباڵغی دروستدەکات، بۆیە بەشێوەی باو پێوەرێکی جیاواز بەکاردەهێنرێت کە ناسراوە بە ئەلکترۆن ڤۆلت(Electron volt) یان بەکورتی(eV). لە سەرەوە وتمان کاتێک بە بوارێکی کارەبایی یان باترییەکی یەک ڤۆڵتی تاو دەدرێت وزەی $1.6 \times 10^{-19} j$ وەردەگرێت، ئەمەش هەر ئەوەیە کە بە یەک ئەلیکترۆن ڤۆلت ناوی دەنێین.

ئێستاکە وزەی فیزیای نیمچە ئەتۆمی ڕێکخرا، بە $10^3 eV$ دەڵێین کیلۆ ئەلیکترۆن ڤۆلت((killo-electron volt(keV)) $10^6 eV$یەک ملیۆن(میگا) ئەلیکترۆن ڤۆلتی یان پێی دەگوترێت،MeV١, .10^9ئەلیکترۆن ڤۆلت پێی دەگوترێت یەک گیگا ئەلیکترۆن ڤۆلت(GeV١)؛ و دوایین تاقیکردنەوەکان چووەتە ناوچەی تێرا(tera) یان 10^{12} ئەلیکترۆن ڤۆلت TeV١.

هاوکێشە بەناوبانگەکەی ئاینشتاین $E = mc^2$ پێمان دەڵێت دەکرێ وزە بگۆڕێ بە بارستایی (Mass)و بەپێچەوانەوە، نرخی ئالۆگۆڕ بریتییە لەc^2، کە بریتییە لە دووجای خێرایی ڕووناکی. بارستایی ئەلیکترۆن یەکسانە بە 9×10^{-31} کیلۆگرام. ئەم ژمارانەش دووبارە قەرەباڵغی دروست دەکەن، هەربۆیە بە بەکارهێنانی $E = mc^2$ بۆ

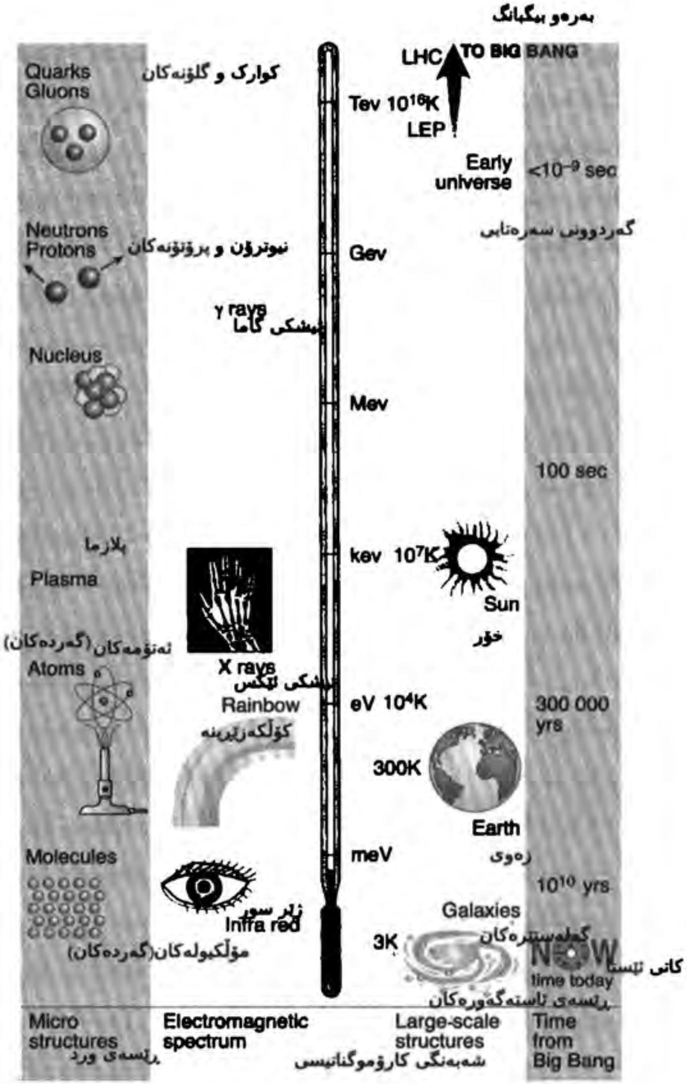
گۆڕینی بارستایی بە وزە ئەو ژمارە دەبێت بە $0.5MeV$ کە بــریتییە لە وزەی ئەلیکترۆنێکــی تەنهــا لەکــاتی وەســتاودا؛ بەشــێوەی بــاو دەڵێــین بارســتایی بــریتییە لە $0.5MeV/c^2$. بارســتایی پرۆتــۆن لەم یەکەدا بــریتییە لە $938MeV/c^2$ کە بەنزیکەیی دەکاتە .. $1GeV/c^2$.

لەهەمانکاتدا وزە بە قووڵی گرێدراوە بە پلەی گەرمییەوە. ئەگەر ژمــارەیەکی زۆر تەنــۆلکەت هەبێــت کە بەیەکــدا دەدەن، وزە لەمەوە بــۆ ئەویتــر دەگــوازنەوە و کــۆی پــلەی گەرمــی جێگیــرە، تێکڕای وزەی تەنــۆلکە تاکەکــان دەکــرێ بە eV(یــان keV و هتــد) دەربڕێــت. پــلەی گەرمــی ژوور بەنزیکەیــی ٤٠/١ ئەلیکتــرۆن ڤۆڵــت یــان eV٠.٠٢٥ ە. لەوانەیە ئاســانتر بێــت بڵێــین $1eV = 10^4K$ (لێرەدا مەبەســت لە K کلڤن(Kelvin)ە، واتە پێوانی ڕەهای پلەی گەرمی، سفری ڕەها (0^0K) یەکســانە بە ٢٧٣ - ی پــلەی سلســیوس، پــلەی گەرمــی ژوور نــزیکەی K٣٠٠ ە).

موشــەک (هــاژەک)ێکی هــاوێژراو بەرەو ســەرەوە، ئەگەر وزەی پێویستی هەبێت، دەکرێ لەڕاکێشانی کێشکردنی زەوی دەربــاز ببێــت؛ ئەگەریــش وزەی پێویســت بە ئەلیکترۆنــی نــاو ئەتــۆم بــدرێت دەکــرێ لە ڕاکێشــانی کارەبــایی نــاوکی ئەتــۆمی دەربــــازی ببێــــت. لە ژمــــارەیەکی زۆر لە مۆڵکیولەکانــــدا ئەلیکترۆنەکــان بە کەرتێکــی وزەی ئەلیکتــرۆن ڤۆڵــت دەربــاز دەبــن؛ هەربــۆیە پــلەی گەرمــی ژوور بــۆ ئەو کــارە بەســە، کە بریتــی دەبێــت لە ســەرچاوەی کیمیــا، زیندەناســی و ژیــان. ئەتۆمەکــانی هایــدرۆجین لە وزەی ژێــر eV١ پــارێزراوە، کە لە ئاستی 10^4Kدایە. بەم شێوە پلەی گەرمی لەسەر زەوی بەرز نیــیە و ئەتۆمەکــان بەشــێوەی ئاســایین (جــگە لە هەنــدێک

نموونەی تایبەتی وەکو کورە پیشەسازییەکان، گلۆپەکانی کاربۆن و ئامێرە زانستییەکان). بەهەرحاڵ لە ناوەندی خۆردا پلەی گەرمی 10^7Kە، یان بەپێی وزە ١keV؛ ئەتۆمەکان ناتوانن لەوەها بارودۆخێکدا پارێزراو بن.

لە پلەی گەرمی سەرو 10^{10}Kدا وزەی پێویست لەبەردەستە تاوەکو بگۆڕێت بە تەنۆلکەی وەکو ئەلیکترۆن. تاک ئەلیکترۆنێک بارستاییەکەی $0.5MeV/c^2$ە، هەربۆیە ٠.٥MeV پێویستە بۆ ئەوەی بگوشرێت و ببێ بە ئەلیکترۆن. هەروەکو دواتر دەبینین ئەمە لە خۆڕا ڕوونادات؛ ئەلیکترۆنێک و لفە دژەمادەکەی واتە پۆزیترۆن دەبێت بە شێوەی جووت دروست ببن. بەشێوەی بەراورد ٢GeV وزە پێویستە بۆ ئەوەی پرۆتۆنێک و دژە پرۆتۆنێک دروست ببن. ئەم وزانە لە ئیمڕۆدا لە تاقیگەکانی ناوکی و تاودەرەکانی تەنۆلکەدا بەردەستن؛ ئەوان لە گەردوونی سەرەتاییدا زۆر ئاسایی بوون و لەو ساتە سەرەتاییەنەدا بوو کە تەنۆلکە بنچینەییەکانی مادە (و دژەمادە) دروست بوون. وردەکاری ئەم بابەتە لە بەشی ٩دا باسدەکرێت، بەڵام هەندێک سەردێڕ ئێستا دەکرێ سوودمەند بێت بۆ ئەوەی گرنگی پێبدەین.



وێنەی ٤: یەکگرتنەوەی ئاستەکانی پلەی گەرمی و وزە بەپێی ئەلیکترۆن ڤۆڵت(eV)

گەلەسـتێرە بینراوەکـان لەیەکتـر دووردەکەونەوە کە پیشاندەری کشانی گەردوونە. بەپێی نرخی کشانەکە دەکرێ سناریۆیەکی پاشەوپاش لە کاتدا تەسەور بکەین کە دەگەین بەو ئەنجامەی نزیکەی ١٤ ملیارد سال پێشتر لەخۆیدا چڕبووەتەوە. تەقینەوەیەکی گەورە لەو دۆخە چڕەوە هاتە ئاراوە کە ئێمە ناوی دەنێین بیگبانگ. (مەبەستی سەرەکی ئەم کتێبە گەردوونناسی نییە؛ بۆ خوێندنەوەی زیاتر سەیری گەردووونناسی(Cosmology) لە نووسینی پیتەر کۆلیس(Peter Coles) لە زنجیرەی پێشەکییەکی زۆر کورت بکە). لەو باروودۆخە سەرچاوەییەدا گەردوون زۆر گەرمتر بووە لە ئێستا. گەردوونی ئەمڕۆ لەناو حەمامێکی شەپۆلی مایکرۆشەپۆلدا نغرۆیە کە پلەی گەرمییەکەی سێ کلڤنە(K٣). لێکدانی ئەمە لەگەڵ وێنەی کشانی دوا بیگبانگ پێوەرێکی پێوانی پلەی گەرمی وەکو نەخشەیەک لە کات دەخاتە بەردەست.

لەماوەی یەک ملیاردەمی چرکە دوای بیگبانگی سەرچاوەیی، پلەی گەرمی گەردوون لە $10^{16}K$، زیاتر بووە یان بەپێی وزە دەکاتە TeV١. لە وەها وزەیەکدا تەنۆلکە و دژەتەنۆلکە خەڵق دەبن، بەو فۆرمە سەمەرانەشەوە کە لە ئیمڕۆدا زۆر باو نین. زۆرترینی ئەمانە زۆر بەخێرایی تیاچوون و تیشکیان لەگەڵ زۆرترینی تەنۆلکە بنچینەییەکانی وەکو ئەلیکترۆن و کوارکە دەربازبووەکان بۆ دروستبوونی مادەکانی ئەمڕۆ، دەستەبەر کرد.

لەگەڵ هەڵکشانی تەمەنی گەردووندا بەخێرایی ساردبووەوە. لەماوەی یەک لەسەر ملیۆنمی چرکەدا کوارکەکان بەشێوەی سیانی بوون بەهێشوو کە تاوەکو ئێستا

ماونەتەوە. بەم شێوە پرۆتۆن و نیوترۆنەکان لەدایکبوون. دوای نزیکەی ٣ خولەک پلەی گەرمی دادەبەزێت بۆ $10^{10}K$یان بە پێی وزە ١MeV . ئەم ساردبوونەوەیە بەسە بۆ ئەوەی پرۆتۆن و نیوترۆنەکان پێکەوە بنوسێن و تۆوی ناوکیی تۆخمە ئەتۆمییەکان بچێنن (هێشتا لە بەردەوام بووندایە). ژمارەیەکی کەم لە ناوکەکانی ئەمرۆ وەکو هیلیۆم و ژمارەیەکی کەم لە بیریلیوم(beryllium) و بۆرۆن(boron) دروستبوون. پرۆتۆنەکان سادەترین و هاوسەنگترین بوونەکانە کە باوترینین و لەژێر کاریگەریی هێزی کێشکردندا لەناو تۆپە گۆیینەکاندا دەبن بەهێشوو کە ئێمە پێیان دەڵێین ئەستێرە. لێرەدا بوو ناوکی توخمە قورسەکان لەماوەی چەند ملیارد ساڵدا دروستبوون. لەبەشی ٩دا باسی ئەوە دەکەم چۆن پرۆتۆنەکان لەم ئەستێرەگەلەدا دەکەون لەیەک و دەبن بەهێشوو و بەڕێگەی زنجیرەیەک لە پرۆسەکان تۆوی ناوکی توخمە قورسترەکان دروست دەکەن، کە یەکەمیان هیلیۆمە و لە کۆتاییدا هەندێک لە قورسترینەکەیان کە بریتیین لە ئۆکسیجین، کاربۆن و ئاسن. کاتێک ئەم ئەستێرانە دەتەقنەوە و دەمرن ئەم تۆ ناوکییانە دەردەپڕنە دەرەوە بۆ ناو گەردوون، کە سەرچاوەی کاربۆنەکەی پێست و ئۆکسجینەکەی هەوایە.

خۆر لە یەکەم بەشی ئەم چیرۆکەدایە. بۆماوەی ٥ ملیارد ساڵە پرۆتۆنەکان دەگۆڕێن بە ناوکی هیلیۆم و تا ئێستا نیوەی سوتەمەنییەکەی بەکارهێناوە. پلەی گەرمی ناخەکەی بەنزیکەیی هەمان پلەی گەرمی گەردوونە، ئەویش کاتێک تەنها چەند خولەکێک تەمەنی بوو. هەر بۆیە ئەو کارەی خۆر ئێستا دەیکا هەمان کارە کە گەردوون لەکاتێکی زۆر پێشتردا دەیکرد.

ئەتۆم ناکرێ لەقولایی خۆر ڕزگاری بێت، وەکو چۆن نەیدەتوانی لەسەرەتای گەردوونیشدا ڕزگاری ببێت. تاوەکو ٣٠٠٠٠٠ ساڵ دوای بیگبانگ کە گەردوون بەڕادەی پێویست ساردبووەوە و ناوکەکان توانیان ئەلیکترۆنە سەرگەردانەکان بگرن و ببن بە ئەتۆم نەهاتنە ئاراوە. ئەمە بوو هۆکاری هەموو ئەو شتانەی لە ئیمڕۆدا لەسەر زەوی هەن.

بەشی سێیەم
چۆن تێدەگەین شتەکان پێکهاتەیان هەیە و چۆن دەیاندۆزینەوە

ئامێرەکانی وەکو مایکرۆسکۆپ و تاودەرەکانی تەنۆلکە توانایان پێداوین بینینەکانمان ببەین بۆ ئەودیوی بینینی ڕووناکی ئاسایی و جیهانی وردی نیمچە ئەتۆمی ببینین. ئەمە پەردەی لەسەر نهێنی ڕیسە و بونیادی ئەتۆم، واتە ئەلیکترۆنەکان، تەنۆلکە ناوکییەکان و کوارکەکان لاداوە.

وزە و شەپۆل

بۆ دۆزینەوەی ئەوەی شتێک لەچی دروستبووە، دەکرێ ئەم کارە بکەی (a) سەیری بکە؛ (b) گەرمی بکە و بزانە چی ڕوودەدا؛ یان (c) بەهێز بەتەواوەتی وردی بکە. هەڵەتێگەیشتنێکی باو هەیە کە ئەمەی دوایی فیزیای وزەی بەرز یان تەنۆلکە ئەنجامی دەدا. ئەم ڕستە لەو ڕۆژانەوە

مـــاوەتەوە کە تاودەرەکـــانی تەنـــۆلکە بە "شـــکێنەری ئەتـــۆم" دەناسران. ئەمە شتێک بووە، کە بەمێژوویی هـاتووەتە ئاراوە، بەڵام لە ئیمـڕۆدا ئامـانج و میتۆدەکـان زۆر ئـاڵۆزترە. دواتـر دەگەڕێینەوە بۆ سەر وردەکارییەکان، بەڵام وەکو دەستپێک، با چڕبینەوە لەسەر سێ بەربژێری ئاماژە پێکراو. هەموو ئەوان لە لایەنێکدا هاوبەشن: هەموویان وزە بەکاردەهێنن.

لەباری گەرمکردندا، پێشتر بینیمان چۆن پلەی گەرمـی و وزە پـــێکەوە گرێـــدراون($10^4K = 1eV$). تەنـــانەت لە سەیرکردنی شتەکاندا وزە ڕۆڵ دەگێڕێت.

تـۆ ئەم وشـانە دەبینیـتم چـونکە ڕوونـاکی دەکەوێـت لەم لاپەڕە و دەگـوازرێتەوە بـۆ چاوەکانـت؛ ئایـدیای گشـتی لێرەدا بـریتییە لەوەی سـەرچاوەیەکی تیشـک (ڕوونـاکی) لەئـارادایە و تەنێک، کە لە ژێر پشکنینیدایە و (لاپەڕەکە) و هەستەوەرێک (کە چاوی تۆیە). لەنـاو وەسـتێنەرێکی ڕوونـاکی تەواودا بە ملیۆن ئەتـۆمی کـاربۆن هەیە و تـۆ هەرگیـز توانـای ئەوەت نابێـت تەنانەت بە بەهێزترین چاویلکەکانیش بیانبینی. ئەوان بچووکتر لە درێژەشـەپۆلی ڕوونـاکی بینـراون و نـاکرێ لە چاوێلکەیەکی گەورەکردنەوە یان مایکرۆسکۆپدا ببینرێن.

ڕوونـــاکی شـــێوازێکی تیشـــکدانەوەی کارۆموگناتیســـییە. چاوەکانمـــان تەنهـــا بەشـــێکی بچـــووکی هەمـــوو شـــەبەنگە کارۆموگناتیسییەکە هەستپێدەکات؛ بەڵام هەموو بەشەکانیتری بە ئامێرەتایبەتەکان دەکرێ هەسـتی پێبکرێت. ڕوونـاکی بینـراو بەهێزتـرین تیشـکە کە لە خـۆرەوە دەردەچێـت و چاوەکـانی مرۆڤ بەشـێوەیەک پەرەیسـەندووە، تەنها ئەم مەودا تـایبەتەی شەبەنگی خۆر ببینێت. هەمـوو شـەبەنگی بڵاوەبووی ڕوونـاکی لێرەدا دەکرێ لەگەڵ دەنگ بەراورد بکرێت. ئۆکتـاڤێکی تـایبەتی دەنـگ بـریتییە لە نیـوەی درێژەشـەپۆل (یـان دوو هێنـدەی

لەرەلەرێــک)ی نۆتێــک، واتە نــۆتێکی بــۆ نمــونە ٤٤٠Hzی ئۆکتـاڤەکەی بریتیـی دەبێت لە ٨٨٠Hz. هەر بەوشـێوە کـۆڵکە زێـڕینەی ڕوونــاکی ئۆکتـاڤێکی ڕوونــاکی دەبێـت. کاتێـک لە سوورەوە بەرەو شین دەڕۆی، درێژەشەپۆلەکە دەبێت بە نیوە، درێژەشــەپۆلی شــین نیــو هێنــدەی ڕوونــاکی ســوورە (یــان بەهاوتــایی لەرەلەری بوارەکــانی موگناتیســی و کارەبــایی کە هـاتوچۆی پێدەکەن، لە شـیندا دوو هێنـدەی سـوورە). شـەپۆلی کارۆموگناتیسـیی لەهەردوو ئاڕاسـتەکەدا دەکشـێت. لەودیـوی سنووری شینەوە- تیشکەکانی سەروبنەوشـەیی، گوززەکانیX و تیشــکەکانی گامــا هەن- درێژەشــەپۆلەکان کــورتترن لە درێژەشـەپۆلی کـۆڵکە زێـڕینە؛ بەپـێچەوانەوە، لەدرێژەشـەپۆلی درێژتــر و لە ئاڕاســتەی پــێچەوانەدا، ئەودیــوی ســوور، تیشکەکانی ژێرسوور، مایکرۆشەپۆل و شەپۆلی ڕادیۆیی هەن.

ئێمە دەتـوانین شـەبەنگی کارۆموگناتیسـی لەودیوی کۆڵکە زێڕینەدا هەست پێبکەین؛ چاوەکانمان ژێرسوور نابینێت، بەڵام ڕوبەری پێســتمان هەســت بەگەرمــاکەی دەکــات. کــامێرا نوێیەکــانی ژێــر ســوور دەکـرێ شــەوگەڕەکان بەهــۆی ئەو گەرمایەی دەیدەنەوە هەستپێبکات. ئەوە مرۆڤی بلیمەت بووە بە دروسـتکردنی ئامێرەکـان توانیـویەتی توانامـان بـۆ بینینـی هەمـوو مەودای کارۆموگناتیســی فراوانتـر بکـات، بەم شـێوە پەردەی لەسەر قوڵترین ڕاستییەکانی سروشتی ئەتۆم لادا.

نەتوانینمــان بـۆ بینینــی ئەتۆمەکــان دەگەڕێــتەوە بــۆ ئەو ڕاسـتییەی کە ڕوونـاکی وەکـو شـەپۆل کـردار دەکـات و ئەم شــەپۆلانە کاتێــک دەکەون لە شــتە بچووکەکــان نــاکرێ بڵاوببنەوە. بۆ بینینـی شـتێک درێژەشـەپۆلی گوززەکە دەبێت بچووکتر بێت لەقەبارەی ئەو شتە. بۆیە بۆ بینینی مۆڵکیوڵ یان ئەتۆمەکـان دەبێـت بە درێژەشـەپۆلێک ڕوونبکـرێنەوە کە بە

گەورەیی ئەوانن یان بچووکترن. شەپۆلەکانی ڕووناکی، واتە ئەوەی چاومان پێی هەستیارە، درێژەشەپۆلەکەیان بەنزیکەیی 10^{-7} مەترە (یان بە واتایەکی تر ١٠ هەزار درێژەشەپۆل دەبن بە ١ میلی مەتر). ئەمە هێشتا یەک هەزار جار گەورەترە لە قەبارەی ئەتۆمێک. بۆ ئەوەی هەست بە قەبارەی ئەمە بکەیت، تەسەوری بکە جیهان دەملیۆن جار گەورەتر بکرێتەوە، ئەوکات درێژەشەپۆلێکی ڕووناکی کە دەملیۆن جار گەورە بکرێتەوە لە مرۆڤێک گەورەتر دەبێت، لە کاتێکدا قەبارەی ئەتۆمێک تەنها دەبێت بە ١ میلی مەتر، کە زۆر بچووکترە لەوەی تەنانەت شەپۆلی شین هەستی پێبکات. بۆ ئەوەی بەختی ئەوەمان هەبێت ئەتۆم و مۆلکیولەکان ببینین دەبێت درێژەشەپۆلی ڕووناکی زۆر کورتتر لەوەی ئێستا بێت. ئێمە ناچارین بچینە ئەودیوی ئاسۆی درێژەشەپۆلی شین و بچینە ناوچەی تیشکی X و ئەولاتریش.

تیشکی X هەر ڕووناکییە بە درێژەشەپۆلی کورتترەوە، کە دەکرێ لە هەر ڕیسەیەکی ڕێکوپێکی ئاستی مۆلکیولی پەرش ببنەوە، بۆ نموونە ئەو ڕیسا و بونیادانەی لە کریستاڵەکاندا هەن. درێژەشەپۆلی X یش گەورەترە لە قەبارەی ئەتۆمە تاکەکان، هەر بۆیە هێشتا هەر کەسنەبین و نەشیاوبۆبینینی ڕاستەوخۆن. بەهەرحاڵ مەودای نێوان ڕووبەرە دراوسێیەکان لە ڕیزکراوێکی ڕێکوپێکی کریستاڵەکاندا نزیکە لە درێژەشەپۆلی تیشکی X، هەر بۆیە دەکرێ لەناو کریستاڵەکاندا شوێنی ڕێژەییەکەیان دیاری بکرێت. ئەمە ناسراوە بە کریستالۆگرافی گورزەی X.

دەکرێ بە بەراورد کردن لەگەڵ شەپۆلەکانی ئاو باشتر لە شەپۆلەکانی موگناتیسیی تێبگەین. ئەگەر بەردێک بهاوێتە ناو ئاو وردە شەپۆل دروست دەبێت. ئەگەر تۆ وێنەی ئەمە ببینی

لەڕێوە دەتوانی بگەیت بەو ئەنجامەی کە بەردێک هەیە. ئەگەر ژمارەیەکی زۆر بهاویتە ناو ئاوەکە ژمارەیەکی زیاتر بەرز و نزمی لە ئاوەکەدا دروست دەبێت و لەگەڵ یەکتردا بەیەکداچوون دەکەن و شێوازەکە زۆر ئاڵۆز دەبێت. لەوێنە و شێوازی وەرگیراوەوە دەکرێ، هەرچەند تارادەیەک بە زەحمەتتر ئەنجامگیری بکەیت، کە هەنێ بەرد هاوێژراوەتە ناو ئاوەکە. کریستالۆگرافی تیشکی X هەڵگری چەندین شەپۆلی پرشەوە بوو لە ژمارەیەک تۆی ڕێکوپێک لەناو کریستاڵەکەدایە، دەکرێ وێنەی شێوازەکە بکرێتەوە و ڕێسەی هێلە کریستاڵییەکە دەرکەوێت. بەم ڕێگە ڕووخسار و فۆرمی مۆلکیولی زۆر ئاڵۆزی وەکو DNA دیاریکراوە.

بۆ بینینی ئەتۆمە تاکەکان ئێمە تەنانەت درێژەشەپۆلی زۆر کورتترمان پێویستە و دەکرێ ئەمە نەتەنها ڕووناکی، بەڵکو گورزەی تەنۆلکەکانی وەکو ئەلیکترۆن بێت. ئەمە هەندێک ئەنجامی تایبەتی ئەو بابەتەیە کە بارگەی کارەبایی و هتد دەکرێ بە بوارە کارەباییەکان تاوبدرێت و بەم شێوە بڕێکی زۆر وزە بەرهەم بێت. ئەمە تواناییمان دەداتێ کە بۆ مەودای زۆر کورتتریش بڕۆین، بەڵام بۆ تێگەیشتن لەمە پێویستە تۆزێک لابدەین و بزانین وزە و درێژەشەپۆل چ جۆرە پەیوەندییەکیان پێکەوە هەیە.

یەکێک لە گەورەترین دۆزینەوەکانی تیۆریی کوانتەم بریتییە لەوەی تەنۆلکەکان دەکرێ سیفەتی شێوە شەپۆلییان هەبێت، بەپێچەوانەوەوە شەپۆلەکان دەکرێ وەکو بوخچەی گوشراوی تەنۆلکە بن، کە ناسراون بە کوانتا 'quanta'. بەم شێوە شەپۆلی کارۆموگناتیسیی دەبێت لێشاوێک لە تەنۆلکە-فۆتۆنەکان-بێت. وزەی هەر تاک فۆتۆنێک گرێدراوە بە

لەرەلەری(ν) لەریـــنەوەی بوارەکـــانی کارەبـــا و موگناتیســـی شەپۆلەکەوە، کە بەم شێوە دەردەبڕدرێت :

$$E = h\nu$$

درێژیـی شـەپۆلێک(λ) و لەرەلەرەکەی و ئەو لوتکـانەی کە لەخاڵێکی دیاریکراوەوە تێدەپەڕن بەگوێرەی خێراییەکەیـان، c، پێکەوە پەیوەندییان هەیە، بەپێی $\nu = c/\lambda$ دەتوانین پەیوەندی لە نێوان وزە و درێژەشەپۆل دروست بکەین.

$$E = \frac{hc}{\lambda}$$

نەگـۆڕی گرێـدراوی یەکسـانە بە $hc \sim 10^{-6} eVm$. ئەمە توانامان دەداتێ ڕێسای خێرا و بەنزیکەیی بەکاربهێنین: 1eV گرێدراوە بە $10^{-6}m$ و هتدوە.

وزە ENERGY	درێژەشەپۆل Wavelength (m)
1eV	10^{-6}
1keV	10^{-9}
1MeV	10^{-12}
1GeV	10^{-15}
1TeV	10^{-18}

وێنەی ٥ .وزە و درێژەشەپۆلە بەنزیکەییەکان

دەکرێ لەگەڵ پێوەندی نێوان وزەو پلەی گەرمی لە بەشـی ٢دا بەراوردی بکەیت و پەیوەندی لە نێوان وزەو پلەی گەرمی بـدۆزیتەوە. ئەمە ڕوونـی دەکـاتەوە چـۆن تەنەکـان لە پـلەی گەرمیـی جیـاوازدا بەدرێژەشـەپۆلی جیـاواز تیشـک دەدەنەوە:

تەنی گەرمتر درێژەشەپۆلەکەی کورتترە. بۆ نموونە کاتێک تەزوو لە تەلی هیتەر یان گڵۆپەوە تێپەڕ دەبێت، سەرەتا گەرما لە فۆرمی ژێرسوور دەداتەوە - و لەگەڵ گەرمتربوونی بۆ هەزار پلەی سەدی یان زیاتر تیشکی ڕووناکی بینراو دەداتەوە و ژوورەکە ڕووناک دەکاتەوە. گازە گەرمەکانی نزیک لە خۆر دەکرێ تیشکی X بدەنەوە؛ هەندێک لە ئەستێرە زۆر گەرمەکان تەنانەت تیشکی گاما دەدەنەوە.

بۆ پشکنینی قوڵایی ئەتۆمەکان پێویستیمان بە سەرچاوەی درێژەشەپۆلی زۆر کورتە. چونکە ناکرێ لە تاقیگەدا ئەستێرە دروستبکەین کە تیشکبداتەوە، ڕێگەیەکی تر بریتییە لە بەکارهێنانی تەنۆلکەکانی وەکو ئەلیکترۆن و پرۆتۆن و خێراکردنیانە لە بوارە کارەباییەکاندا. خێرایی بەرزتری ئەوان بەواتای گەورەترکردنی وزە و تەوژم و لەهەمانکاتدا کورتترکردنەوەی درێژەشەپۆلی پەیوەندیدارە. بۆیە گورزەی تەنۆلکەی خێرایی بەرز دەکرێ بۆ پشکنینی ئەتۆمەکان بەکاربێت. دەتوانین بەهەر ڕادە بمانەوێ مەودا کورت بکەینەوە؛ بۆ ئەو کارە ناچارین خێرایی تەنۆلکەکان زۆر خێرابکەینەوە و وزەی زیاتر و زیاتریان پێبدەین بۆ ئەوەی درێژەشەپۆلی کورترمان دەسکەوێ. بۆ دەستڕاگەیشتن بە مەودای دووری لە ئاستی ناوکی ئەتۆمدا، واتە $10^{-15}m$ وزەیەکمان پێویستە لە ئاستی GeV دا بێت. ئەمە ئەو ئاستە لە وزەیە کە پێی دەڵێین فیزیای وزەبەرزەکان. بەڕاستی کاتێک لە ناوەڕاستی سەدەی بیستەم بوارەکە دەستی پێکرد، GeV لەسنووری تەکنەلۆژیا لەدەستڕەسیدا بوو.

لە کۆتایی سەدەی بیستەم، وزەی چەندسەد GeV ئاسایی بوو و ئێستا ئێمە دەچینە ناوچەی ئاستی وزەی TeV کە دەکرێ بۆ پشکنینی مەودای $m10^{-18}$ بەکاربێت. بۆیە کاتێک

دەڵێین ئەلیکترۆن و کوارکەکان ڕیسەی قوڵتریان نییە، لە ڕاستیدا تەنها دەتوانین بڵێین "لانیکەم لە ئاستی $m10^{-18}$ دا" نیانە. لەوانەیە لەمەودای کورتتر لەمەدا ئاستی قووڵتر هەبێت، بەڵام لەدەرەوەی توانایی ئێستاماندایە تاوەکو بتوانین لە تاقیگەدا بیپشکنین. هەربۆیە هەرچەند من بە درێژیی ئەم کتێبە باسی ئەم بوونانە وەکو پارچەی کۆتایی دەکەم، بەڵام ئەمە لە زیهنتدا ڕابگرە: ئێمە تەنها دەزانین سروشت لە مەودای گەورەتر لە $10^{-18}m$ دا چۆن کار دەکات نەک لەمەودای بچووکتر.

تەنۆلکە تاودراوەکان

ئایدیای تاودەرەکان لە بەشی ٥ دا باس دەکرێت، بەڵام بۆ ساتێک با باسی ئەوە بکەین چی پێویستە. بۆ تاودانی تەنۆلکەکان بەرەو وزەی دەیان یان هەزاران GeV فەزای زۆر پێویستە. بەتەکنەلۆژیای سالانی ناوەڕاستی سەدەی بیستەم دەکرا هەرکام لە ئەلیکترۆنەکانی ناو گورزەیەک، بۆ نموونە، بۆ نرخی دەیان MeV لە مەتردا تاو بدرێن. بۆ ئەو مەبەستە لە ناوەندی تاودەری هێڵەکی ستانفۆرد(SLAC) لە کالیفۆرنیا، تاودەرێک دامەزاروە کە درێژییەکەی ٣ کیلۆمەترە و دەتوانێ ئەلیکترۆنەکان بۆ GeV ٥٠ تاوبدات. لە ناوەندی سێرن(CERN) لە ژنێڤ کە ئەلیکترۆنەکان لەسەر بازنەیەک بەدرێژیی ٢٧ کیلۆمەتر ئاڕاستە دەکرێن، دەتوانن بگەن بە وزەی GeV١٠٠. پرۆتۆنەکان زۆر قورسترن، بۆخچەی زۆر گەورەترن، بۆیە پێویستییان بە تاودەری گەورەترە بۆ ئەوەی تاوبدرێن. لە کۆتاییدا پەیوەندییە کوانتەمییەکەی لەنێوان مەودا کورتەکاندا، پێویستی بە هەبوونی درێژەشەپۆلی کورتترە بۆ پشکنینیان و گورزە وزەبەرزەکان کە دژبەیەکی (پارادۆکسی)

هەبوونی مەشینی بەردەوام گەورەتری بۆ پشکنینی مەودا زۆر کورتترەکانی لێدەکەوێتەوە.

ئامانجی سەرەتایی ئەم تاقیکردنەوانە پشکنینی ناخی ناوکی ئەتۆمە بەرێگەی لێدانی گورزەی تەنۆلکە وزەبەرزەکان. وزەی تەنۆلکەکان ناو گورزەکە زۆر گەورەیە (لەئاستی ئەو وزەدایە لەناو ناوکدا تەنۆلکە ناوکییەکان (ناوکۆکەکان) پێکەوە ڕادەگیرێن)، وەکو ئەنجام گورزەکە دەکرێ ئەتۆم ورد بکات و تەنۆلکەی لێ جیابکاتەوە و پارچەی بکات و تۆوی تەنۆلکەی نوێ بچێنێت. ئەمەیە هۆی ئەوەی لە پێشدا پێیان دەگوت شکێنەری ئەتۆم(atom smashers). لە ئێمڕۆدا ئێمە کاری زیاتر لەوە دەکرێ بکەین و ئەو ناوە وەلا نراوە.

ئەلیکترۆن و پرۆتۆن

تەنۆلکە بارگاوییەکان کە پێکهێنەریی ئەتۆمن بریتین لە ئەلیکترۆن و پرۆتۆن. هایدرۆجین سادەترین توخمە کە پێکهاتووە لە ئەلیکترۆنێکی تەنها (بەبارگەی نێگەتیڤەوە)و پرۆتۆنێک بەهەمان بڕی بارگەوە، هەڵبەت پۆزەتیڤ. بەم شێوە، هەرچەند ئەتۆمێک بەگشتی لەباری بارگەدا بە نیوترا واتە بێبارگە هەژمارد دەکرێت (زۆرترینی مادە کۆمەڵەکانی دەوروبەریشمان بەهەمان شێوەن)، بەڵام لە ناوەوە هەڵگری بارگەی پۆزەتیڤ و نێگەتیڤە. ئەم بارگانە و لەئەنجامدا هێزە موگناتیسی و کارەباییەکان کە هەستی پێدەکەن ئەتۆمەکان پێکەوە دەبەستێتەوە بۆ پێکهێنانی مۆلکیول و کۆمەڵە مادە. قسە لەسەر هێزەکانی سروشت لەبەشی ٧دا دەکەین. لێرەدا ئێمە چڕدەبینەوە لەسەر تەنۆلکە بارگە کارەباییەکان و چۆنیەتی بەکارهێنانیان وەکو ئامرازێک بۆ پشکنینی ڕیسەی ناوکی و ئەتۆمی.

گوررزەکانی ئەلیکترۆن لەسەدەی نۆزدەهەم بەکاردەهێنرا، هەرچەند کەس نەیدەزانی چین. کاتێک تەزووی کارەبایی لە گازێک بە پەستانی زۆر نزمەوە تێپەڕ دەبێت، گوررزەیەکی تەنکی شێوە قەڵەم ڕەساس دەبینرێت. یەکێک لە نموونە ئاشناکانی ئەم ئامێرانە لە تەلەفزیۆنە مودێرنەکاندا [سەدەی بیستەم] دەبینرێن، لەودا کاسۆد(cathod) بریتییە لە تەلێکی زۆر گەرم کە لەپشتەکەیدایە و گوررزەی ئەلیکترۆنەکانی لێوە دەردەچێت و دەدا لە شاشەیەک.

زۆر سەرسامکەر بوو کاتێک لە سەدەی نۆزدەهەمدا بینرا گوررزەکان لە مادەی ڕەقەوە تێپەڕ دەبن، وەکو ئەوەی هیچ نەبێت. ئەمە دژبەیەکی و پارادۆکس بوو: مادەیەک کە ڕەقە لە ئاستی ئەتۆمیدا شەفافە. فیلیپ لینارد(Phillipp Lenard) کە ئەمەی دۆزییەوە، ئاماژەی کرد بەوەی کە "فەزای داگیرکراو بەهۆی قوتویەکی پلاتنیومی ڕەقەوە، فەزایەکی بەتاڵە وەکو فەزای بەتاڵی نێوان ئەستێرەیی لەدەرەوە زەوی". ئەتۆمەکان لەوانەیە بەزۆری فەزای بەتاڵ بێت، بەڵام هەندێک شت کە پێناسەیان دەکەن بارستایی بە شتەکان دەدەن.

لەسەرەتای سەدەی بیستەم، بەهۆی کارەکەی ئێرنیست ڕازێرفۆردەوە(Ernest Rutherford) ڕوون بووەوە کە ئەم بابەتە زۆرترە لە فەزایەکی سادە. ئەمە دوای دۆزینەوەی ئەلیکترۆن و ڕادیۆئاکتیڤیتی، ئامرازی سەرەتایی بۆ دەرخستنی ڕێسەی ئەتۆم دەخەنە بەردەست.

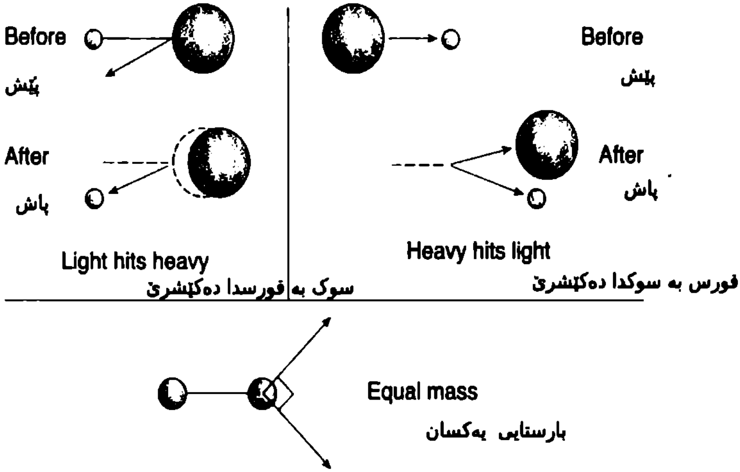
ئەلیکترۆن لەلایەن تامسۆن(J. J. Thomson)وە لەساڵی ١٨٩٧ دۆزرایەوە و وەکو پێکهاتەیەکی بنچینەیی توخمە ئەتۆمییەکان ناسێنرا. بارگەکەی نێگەتیڤە و لەو کاتەوە زەوی هەیە لەناو ئەتۆمەکاندا بووە. ئەوان بەئاسانی لە ئەتۆم دەردەهێنرێن و تەنها پلەی گەرمی چەند هەزار پلەیەکی

سەدییان پێویستە. بوارە کارەباییەکان تاویان دەدەن، وزەیان دەدەنێ و بەم ڕێگە توانایی بە گورزەکانی ئەلیکترۆنە وزەبەرزەکان دەدەن، تاوەکو پشکنین بۆ ڕیسەکانی ئاستی زۆر بچووک بکەن.

تەنۆچکەیەکی ئەتۆمیی تریش هەیە، کە پرۆتۆنە. پرۆتۆن بارگە کارەباییەکەی پۆزەتیڤە، لە بڕی بارگەڕدا بە هەمان ڕادەی بارگەی نێگەتیڤی ئەلیکترۆنە، بەڵام لە بارستاییدا بەڕادەیەکی زۆر لە پێشە، ٢٠٠٠ جار قورسترە. پرۆتۆنەکانیش بەربژێرن بۆ پشکنینە نیمچە ئەتۆمییەکان، بەڵام بەشێوەی سەرەتایی بریتییە لە بوونە بارگاوییە کارەباییەکان کە پێشتر بەکارهێنرا بوو، کە بریتی بوو لە تەنۆلکەی ئاڵفا.

لە ئیمڕۆدا دەزانین ئەمە ناوکی ئەتۆمی هیلیۆمە؛ بوخچەیەکە لە دوو پرۆتۆن و دوو نیوترۆن، کە بارگەکەی پۆزەتیڤە و چوار جار قورسترە لەتاک ئەتۆمێکی هایدرۆجین. هۆی ئەوەی ئەمەیان سەرەتا پەیدابوو بۆ ڕادیۆئاکتیڤ بوونی توخمە قورسەکان دەگەڕێتەوە، کە بە شێوەی خۆبەخۆ تەنۆلکەکانی ئەڵفا دەردەن و بەم شێوە سەرچاوەیەکی خۆڕایی بۆ پشکنین بە تەنۆلکە بارگاوییە کارەباییەکان دەخاتە بەردەست. ناوکە قورسەکان پێکهاتوون لە ژمارەیەکی گەورەی پرۆتۆن و نیوترۆن کە تۆزێک بەلاوازی پێکەوە گرێدراون و دیاردەی ڕادیۆئاکتیڤیتی ئاڵفا بە دەرکردنی تۆپەڵەیەکی بچووک لە دوو پرۆتۆن و دوو نیوترۆن هاوسەنگی بۆ ناوکێکی قورس دەگێڕێتەوە. باسی وردەکاری ئەم بابەتە لێرەدا ناکەین، تەنها بەسە پەسەندی بکەین، تەنۆلکەی ئاڵفا بە جووڵەوزەوە دەردەچن و دەکرێ بکێشرێن بە مادەکانی دەوروبەردا. بەم ڕێگەبوو ئێرنیست ڕازێرفۆرد و

یاریـــدەدەرەکانی گـــایگەر(Geiger) و مارســـدن(Marsden) یەکەمجار ناوکی ئەتۆمیان دۆزییەوە.



وێنەی٦. ئەنجامی بەرکەوتنی تەنە سوک و قورسەکان کاتێک دەکێشرێن بەئامانجی سوک یان قورسدا.

کاتێک تەنۆلکەکانی ئەلفا لە ئەتۆمەکان دەکەون، هەندێکجار بەتووندی بلاودەبنەوە، تەنانەت برێکیان بۆ دواوە دەگەڕێنەوە. ئەمە ئەو شتەیە کاتێک بارگە پۆزەتیڤەکانی تۆخمێکی قورسی وەکو زێڕ لەناوەندێکی چڕدا خڕبوونەوەیەتەوە رووەدەدا. ئەلفا کە بارگەکەیـــان پـــۆزتیڤە لەلایەن نـــاوکە ئەتـــۆمییە بـــارگە پۆزیتیڤەکانەوە دوور دەخرێنەوە؛ وەکو چۆن شتێکی سوک لە نموونەی تۆپی تنیس کاتێک دەکەوێتە لە تۆپێکی قورستر بۆ نموونە تۆپی فۆتبۆڵ دەگەڕێتەوە، تەنۆلکەکانی شێوە ئەلفاش لەلایەن ناوکە قورسەکانی زێڕەوە دەگەڕێنرێنەوە.

ئەڵفاکان زۆر سوکترن لە ناوکی زێڕ، بەڵام قورسترن لە پرۆتۆن، واتە لە ناوکی ئەتۆمی هایدرۆجین. هەربۆیە ئەگەر تەنۆلکەکانی ئەلفا بەرەو هایدرۆجین بهاوێژرێن، بارودۆخەکە وەکو تۆپی فۆتبۆڵی لێدێت کاتێک لە تۆپێکی سوکی تێنس دەدرێت. لەوەها بارودۆخێکدا تۆپە فۆتبۆڵەکە لە ئاڕاستەکەی خۆیدا دەڕوات و تۆپە تێنسیەکەش لەهەمان ئاڕاستەی گشتیدا بەرخۆی دەدا. بۆیە کاتێک تەنۆلکە تاڕادەیەک قورسەکان دەکەون لە پرۆتۆنەکانی هایدرۆجین، پرۆتۆنەکان بەرەو پێشەوە دەردەپەڕن. ئەمانە بەهۆی ئەو شوێنپێیەیی لەدوای خۆیان لە ژووری هەور بەجێی دەهێڵن دەردەکەون و تۆماریش کراون (سەیری بەشی ٦ بکە).

بەڕێگەی ئەم تاقیکردنەوانە لەسالانی سەرەتای سەدەی بیستەم، ئایدیا بنچینەکان سەبارەت بە ناوکی ئەتۆمی بنیادنران. بەکورتی: ڕێگەکانی بڵاوبوونەوەی تەنۆلکەکانی ئەلفا لە ئەتۆمەکانەوە یارمەتیدەر بووە، وێنەی ئەتۆم کە پێشتر هەرگیز نەبینرابوو بنیاد بنرێت: بارگەی پۆزەتیڤ لەناو ناوەندێکی ڕەقدا چڕبووەتەوە-بەناوی ناوکی ئەتۆمییەوە- لەکاتێکدا نێگەتیڤەکان کە ئەلیکترۆنەکانن لەدوورەوە بەدەوریدا دەسوڕێنەوە.

بەشێوەی سروشتی تەنۆلکە ئاساییەکانی ئەڵفا زۆر چڕ و ڕەق و سمێنەر نیین. ئەوان لەناوکە قورسەکانەوە دێن و جووڵەوزەکەیان تەنها چەند MeV یکە، یان بەهاوتایی تەنها چەند MeV/cیک بەپێی تەوژمە و تەنها دەتوانن پشکنین بۆ مەودای گەورەتر لە بەنزیکەیی $10^{-12}m$ بکەن. ئەم قەبارانە بچووکترن لەو ئەتۆمانەی ئەم تەنۆلکانە پێکدەهێنن بۆیە سوودمەندن، بەڵام هێشتا زۆر گەورەترن لە $10^{-14}m$ کە گەورەترە لە ناوکێکی گەورەی وەکو ناوکی ئەتۆمی زێڕ.

وایدابنێ قەبارەی پرۆتۆن و نیوترۆنەکان تەنها $10^{-15}m$ مەتر بێت کە ئاوێتەبوونیان ناوکە ئەتۆمییەکان دروست دەکەن، بۆیە هەرچەند ئەلفاکان بۆ دۆزینەوەی ناوکی ئەتۆم باش بوون، بەڵام بۆ بینینی ناوکی ناوک گورزەی پڕوزەتر پێویستبوو.

به لەبەرچاوگرتنی ئەمە وەکو ئامانج، ئێستا گەیشتووین بەسەرەتای فیزیای مودێرنی وزەی بەرز. ساڵی ۱۹۳۲ به دروستکردنی یەکەم تاودەری تەنۆلکەی بارگە کارەباییەکان لەلایەن کۆکرۆفت(Cockroft) و والتۆن(Walton) وە ئەم بوارە دەستی پێکرد. دەکرێ گورزەکانی ناوکی ئەتۆمی بەکار بهێنرێت، لەکاتێکدا بەڕاستی ئەمانە شکێنەری ئەتۆمن (یان دروستتر شکێنەری ناوکن) کە یارمەتیدەرە بۆ دیاریکردنی شێوازی ئایزۆتۆپە ناوکییەکان (فۆرمگەلێک لە هەمان توخم کە هەڵگری ژمارەیەکی یەکسان پرۆتۆنن، بەڵام ژمارەی نیوترۆنەکانیان جیاوازە) و وردەکارەکانیان و دەسکەوتنی ڕوونترین زانیاری سەبارەت بە پێکهاتە بنچینەییەکەیان کە بە سادەترین گورزەکان دەکرێ دەسبکەوێت. بۆ نموونە ناوکێکی کاربۆنی ئاسایی هەڵگری ٦ پرۆتۆن و بە ژمارەیەکی یەکسان نیوترۆنە. کاتێک دەکێشرێ بەناوکێکی تردا ژمارەیەکی زۆر بەرهەم دروست دەبێت کە هەندێکیان لە گورزەکانی کاربۆنەوە دێن و هەندێکیتریشیان لە ئامانجەکەوە دێن. ئەمە لێکدانەوەی ڕوون قورس دەکات. زەحمەتە گورزەییەکی خاوێن تەنها لە پرۆتۆن پێکهاتبێت؛ بارودۆخەکە ئاوا بوو، هەرواش ماوەتەوە و ڕێگەیەکی سەرەکییە بۆ پشکنینی ناوک و مەوداکان لە ئیمڕۆدا و دابەزیوە بۆ $10^{-19}m$.

پرۆتۆنەکان کە هەڵگری بارگەی پۆزەتیڤن، زیاتر لە پەنجاساڵ وەکو کوتێنەرێکی سمێنەری مەزن بەربژێربوون.

بەهەرحاڵ ئەلیکترۆنەکانیش هەندێک ئەنجامی تایبەتییان هەیە و زۆر لە زانینەکانمان سەبارەت بەڕیسەی ناوکی ئەتۆم و تەنانەت پێکهاتەی پرۆتۆن و نیوترۆنەکان، لە ئەنجامی ئەو تاقیکردنەوانەوە بوو کە تێیدا گورزەی ئەلیکترۆن بەکارهاتووە.

تیشکی ڕادیۆئاکتیڤیتی، لە فۆرمی هەڵوەشانەوەی بێتا، ئەلیکترۆن دەردەدەن- تیشکی بێتا- کە دەکرێ بۆ پشکنینی ڕیسەی ئەتۆم بەکاربێت. بەهەرحاڵ ئەم ئەلیکترۆنانە وزەکەیان تەنها چەند MeV ێکە، وەکو تەنۆلکەکانی ئەڵفا هەمان سنووردارییان هەیە: ئەوان وەکو تەنۆلکەی ئەڵفا ئەو هەلەمان بۆ دەرەخسێنن ناوکێک ببینین، بەڵام ناتوانن ڕیسەی ناوەوەی ناوکمان بۆ دەربخەن. کلیلی پێشکەوتنەکە ئەتۆمە بە ئایۆنکراوکان بوو، واتە ئازادکردنی یەک یان زیاتر لە ئەلیکترۆنەکانیان و پاشان تاودانی ئەم گورزە لە ئەلیکترۆنە خڕبووەوەکان بەڕێگەی بواری کارەبایی. لەساڵانی ١٩٥٠ لە ستانفۆردی کالیفۆرنیا بە گورزە بە وزەی MeV١٠٠ بۆ GeV١ بۆ هەر ئەلیکترۆنێک بۆ پشکنینی مەودای $10^{-15}m$ دەستی پێکرد. ئەو ئەلیکترۆنانەی کە لە پرۆتۆن و نیوترۆنەکانەوە پەرش دەبنەوە بەڵگەیان لە توێ قوڵترەکانی ڕیسەی تەنۆلکە ناوکییەکان دەخستەڕوو. ئەم تاقیکردنەوانە پیشانیدا کە نیوترۆنەکان، کە بەگشتی بەشێوەی بارگەیی نیوترا (بێ بارگە)ن، کاریگەریی موگناتیسییان هەیە و سیفەتەکانی تری پێشنیاز دەکات کە لەناویدا بارگە هەیە، پۆزەتیڤ و نێگەتیڤ بەشێوەیەک هاوتای یەکن و کۆی دەکاتە سفر، وەکو ئەوەی لە ئەتۆمدا دەبینرێت. دۆزرایەوە پۆرۆتۆنەکان قەبارەیان سنووردارە و بەنزیکەیی لەمەودای $10^{-15}m$ دایە. کاتێک ئەوە ڕوونبووەوە کە پرۆتۆنەکان تەنۆلکەی خاڵەکی نین ئەم پرسیارە هاتە گۆڕێ بارگەکەی

چـۆن لەم قەبـارەدا دابەش بـووە. ئەم جـۆرە پرسـيارانە وەبیرهێنەرەوەی ئەو شتانەیە چەندین ساڵ پێشتر لە نموونەی ئەتۆمدا هاتبووە ئاراوە و وەڵامەکەشی بەڕێگەی تاقیکردنەوەی هاوشـێوە درایەوە. لەباری ئەتۆمـدا نـاوکە ڕەقەکەی بەڕێگەی بڵاوبـوونەوەی تەنۆلکەکـانی ئەڵفـا دەرخـرا؛ لە نمـوونەی پرۆتۆنـدا، گوررزەکـانی وزەبەرزی ئەلیکتـرۆن بـوو کە ئەم وەڵامەی دەدایەوە.

ئەمە بریتی بوو لە تاودەرێکی هێڵەکی سێ کیلۆمەتری لە ستانفۆرد کە لە ساڵی ١٩٦٨ بۆ یەکەمجار بەڕوونی سـەیری نـاوکی ئەتـۆمی کـرد و دۆزیـانەوە کە ئەو شـتانەی بەنـاوی پرۆتۆن و نیوترۆن دەیناسین لەڕاستیدا پێکهاتوون لە گۆگەلی بچووک و چڕ بەناوی کوارک(quark).

لەوزەی بەرزتـر لە GeV١٠، ئەلیکترۆنەکـان دەکـرێ پشکنین بۆ مەودای $10^{-16}m$ بکەین، کە بەنزیکەیی دەجار لە پرۆتـۆن بەگشـتی بچـووکترە. کاتێـک ئەوان دەکەون لە پرۆتـۆنەکە، ئەلیکتـرۆن بەتوونـدی بڵاودەبێـتەوە. ئەمە بە بەراورد هەر ئەوە بوو کە ٥٠ ساڵ پێشتر لەگەڵ ئەتۆمدا کرا؛ شـوێنێک کە بڵاوبـوونەوەی توونـدی تەنـۆلکەی ئەڵفـای تـاڕادەیەک کەم وزەی هەیە و پیشـاندەدا کە ئەتـۆم هەڵگـری ناوەنـدێکی بارگـاویی چـڕە، واتە نـاوکەکەی، بڵاوبـوونەوەی توونـد و چـاوەڕواننەکراوی گوررزەکـانی ئەلیکتـرۆن بەوزەی بەرزەوە پیشـاندەدا کە بـارگەی پرۆتـۆن لەسـەر شـتی خاڵەکی(pointlike) چڕبوونەتەوە- کوارکەکان (خـاڵەکین، بەو مانایە کە ناتوانین بزانین ئایا بونیاد و نیمچەڕیسەیان هەیە یان نـا). لەباشـترین تاقیکردنەوەکانـدا کە لە ئیمـڕۆدا دەتـوانین ئەنجـامی بـدەین، ئەلیکترۆنەکـان و کوارکەکـان وا دەردەکەن پێکهاتەی بنچینەی مادەی بەکۆمەڵ بن.

بەشی چوارەم
ناخی مادە

ئەم بەشەدا باسی سیفەتەکانی کوارکەکانی خوار(*down*) و سەر (*up*)، ئەلیکترۆن و نیوترینۆ (*neutrino*) خێوەکییەکان دەکات- ئەو ئەرکانەی دەیگێڕن، چۆن بارستایی و تایبەتمەندییەکانی تریان گرنگە بۆ دروستبوونی ژیان، و گەردوون و شتی تریش، تیشکە گەردوونییەکان و بەڵگەکانی فۆرمە دەرەزەوییەکانی مادە، کە بە شێوەی ئاسایی لەسەر زەوی نین؛ نیوترینۆکان- دروستبوونیان لەناو خۆر و ئەستێرەکان و ئەستێرەناسیی نیوترینۆیی.

باسمانکرد، که چۆن دۆزینەوەکانی سەدەیەک لەوەو پێش سەبارەت بە بونیاد و ڕێسەی ئەتۆم و پرۆتۆن، بەڕێگەی گورزە وزە بەرزەکانی تەنۆلکە، هاتە ئاراوە. بەهەرحاڵ، لە هەردووی نموونەکانی پێشتری ئەتۆمەکان و پرۆتۆنەکان یەکەم ئاماژەکان کە پیشانیدەدا پێکهاتەیان هەیە لە دۆزینەوەی شەبەنگەکانیانەوە (Spectra) بوو.

یەکەم ئاماژەی بوونی ئەلیکترۆن لەناو ئەتۆمەکان، بریتی بوو لە دۆزینەوەی ئەوەی کە توخمە ئەتۆمییەکان ڕووناکی بە درێژەشەپۆلی کورتی پچڕپچڕەوە دەردەدەن. بۆ نموونە، ڕەنگی پچڕپچڕ زاڵترە لە شەبەنگێکی کۆلکە زێڕینەی بەربڵاو، کە پێی دەگوترێت شەبەنگە هێڵ. ئێمە دەزانین میکانیکی کوانتەمی دۆخەکانی جووڵەی ئەلیکترۆن لەناو ئەتۆمەکان بۆ کۆمەڵەیەکی نابەردەوامی پچڕپچڕ سنووردار دەکات، هەر ئەندامێک بڕێکی دیاریکراوی وزەی هەیە. ئەو ڕێکخستنەی کە ئەتۆمێک وزە گشتییەکەی نزمترینە بە دۆخی زەمینی (ground state) ناسراوە؛ هەموو ڕێکخستنەکانی تر وزەکانیان بەرزترە و ناسراون بە دۆخی وروژاو (excited state).کاتێک ئەلیکترۆنەکان لە نێوان دۆخە وروژاوەکاندا یان لەنێوان دۆخێکی وروژاو و دۆخێکی زەمینیدا بازبازێن دەکەن، ڕووناکی دەدەنەوە یان هەڵیدەمژن، ئەوکات شەبەنگی ئەتۆمی دروست دەبێت. کۆی گشتی وزە پارێزراوە و جیاوازیی وزەی نێوان دوو دۆخی ئەتۆمیی ناسراو یەکسانە بە وزەی فۆتۆنێک، کە لەم پرۆسەدا هەڵدەمژرێت یان دەدرێتەوە. شەبەنگی ئەم فۆتۆنانەیە کە جیاوازیی لە وزەی ئاستەکانی ئەتۆم پیشاندەدا و لە کۆمەڵەیەکی تەواوی وەها داتاگەلێکەوە وێنەیەکی ئاستەکانی وزە دەکرێ هەڵبهێنجێنرێت. بەدواییدا پەرەپێدانی میکانیکی کوانتەمی چۆنییەتی دەرکەوتنی شێوازی ئاستەکانی

وزەی ڕوونـی کـردەوە: بەهـۆی سروشـتی هێـزە کارەبـایی و موگناتیســـــیەکان، کە ئەلیکترۆنەکـــــان لەدەوری نـــــاوکە ناوەنــدییەکەدا ڕادەگرێــت دیــاریی دەکــرێن- بەتــایبەتی بــۆ ســـادەترین ئەتـــۆم، واتە هایـــدرۆجین، بەشــێوەی زاتـــی بەسـتراوەتەوە بەو ڕاسـتییەوە کە توونـدیی هێـزی کارەبـایی نێـوان ئەلیکتـرۆن و پرۆتـۆن بەشـێوەی پـێچەوانە دوو جـای مەودای نێوانیان دادەبەزێت.

کۆمەڵێک بارودۆخی هاوشێوەش لەنموونەی پرۆتۆندا دێتە ئاراوە، کاتێک تاقیکردنەوەکان بەیەکەم تێکشکێنەری ئەتۆم لە سـالانی ١٩٥٠ و ١٩٦٠ەکـان ئەنجامـدرا، دۆزرانەوە. ئەمـانە ناسـراون بە زرینگـانەوە(resonances). کـۆمەڵەیەکی زۆر دۆخ دەرکەوت، لەو کـاتەدا تێـی نەدەگەیشـتن، کە بەڵگەبـوون لەسـەر ئەوەی پرۆتـۆن و نیـوترۆن خۆیـان لە سیسـتەمگەلێک پێکهاتوون، ئێستا دەزانین بریتیین لە کوارکەکان. جووڵەی ئەم کوارکانەیە، کە قەبارە دەدا بە پرۆتۆن و نیوترۆن، وەکو چۆن جــووڵەی ئەلیکترۆنەکـانە، کە قەبـارەی ئەتۆمەکـان دیـاریی دەکـات. ئەوە کوارکەکـانن کە سـیفەتەکانی موگناتیســی و بـارگەی کارەبـایی پرۆتۆنێـک یـان نیوترۆنێک دیاریی دەکەن. هەرچەند کۆی بارگەی کارەبایی ئەو کوارکانەی کە نیوترۆن پێکدەهێنن یەکسـانە بە سـفر، بەڵام موگناتیسـە جیاوازەکانیـان یەکتری ناسڕنەوە، کە لە ئەنجامدا نیوترۆن دەبێت بە هەڵگری زەبری موگناتیسی(magnetic moment). ئەمەش کـاتێکە کوارکەکـان لە نزمتـرین ئاسـتی وزەدان و ئەو ڕێکخسـتنەی کە پێیـان دەڵێین پرۆتـۆن و نیـوترۆن دێتە ئاراوە؛ وروژانـی یەک یـان زیـاتر لە یەک کـوارک بـۆ ئاسـتێکی وزەی بەرزتـر لەو مـاتەوزەیەی کە ئەوان پـێکەوە گرێـدەدا و فۆرمەکـانی تـر کە زرینگـانەوەی کـورت تەمەن دێنێـتە ئـاراوە کە وزەکەیـان

گەورەتـرە لە وزەی دۆخـی وەسـتاو(rest-energy)یـان بارستایی. بەم شێوە دەرکەوت شـەبەنگپێویی دۆخە لەرینەوە کورت تەمەنەکان بەهۆی وروژانی پێکهاتە کوارکییەکانەوەیە.

تـا ئێـرە هاوشـێوەی ئەتۆمەکـانە. بەهەرحـاڵ، هەنـدێک جیاوازی گرنگ هەیە. کاتێک وزەی زیاتر و زیاتر دەدرێت بە ئەلیکترۆنەکانی ناو ئەتۆمێک ئەوان دەگەن بە ئاستەکانی وزەی بەرزتر و لە ئەنجامدا لە ئەتۆم دێنە دەرەوە، لەم بارەدا دەڵێین ئەتۆمەکە بووە بە ئایۆن(ionized). لە بەشـی ۲ ئێمە بینیمـان چۆن پلەی گەرمـی 10^4K وزەی پێویست بۆ بەئایۆنەکردنی ئەتۆمەکان دەخاتە بەردەست، ئەمە هەمان شتە کە لە خۆردا ڕوودەدا. لە نمـوونەی پرۆتۆنـدا کاتێـک بە وزەی بەرزتـر لێـیَ دەدرێت، کوارکەکان دەچنە ئاستە بەرزترەکان و زرینگانەوە کـورت تەمەنەکـان دەکـریَ ببینرێـت. ئەم وزە بەخێرایـی بەدەرکردنـی فۆتۆنەکان بەرەڵا دەبێت، وەکـو دواتـر دەبینـین، بەدەرکردنی تەنۆلکەکانی تر، دۆخە زرینگانەوەکە بەخێرایی بۆ پرۆتـۆن و نیـوترۆن دەگەڕێـتەوە. هـیچ کەسـێک تـا ئێسـتا نەیتوانیوە پرۆتۆنێک بکات بە ئایۆن و یەکێک لە کوارکەکانی جیـا بکـاتەوە: وادیـارە کوارکەکـان هەمیشـە دەبێـت لەنـاو نـاوچەیەکی بەنزیکەیـی $10^{-15}m$یـدا حەپـس بـن- واتە لەنـاو قەبـارەی پرۆتۆنێکـدان. جیـا لەمە، کە ئەنجـامێکی سروشـتی هێـزی نێـوان کوارکەکـانە، بەشـێوەی ڕواڵەتـی هاوشـێوەی ئەلیکترۆنەکانی ناو ئەتۆمە. ئاستە وروژاوەکان تەمەن کورتن و وزە زیادەکەیان، زۆربەی جار بەشێوەی فۆتۆنەکانی تیشکی گاما دەدەنەوە و دەگەڕێنەوە بۆ دۆخـی زەمینـی (واتە پرۆتـۆن و نیوترۆن). بەپێچەوانەشەوە دەکریَ بەڕێگەی پرشـکردنەوەی ئەلیکترۆن لە پرۆتـۆن و نیوترۆنەکـان ئەم دۆخە زرینگـانەوانە بوروژێنرێن.

پارچەی کۆتایی ئەم بەراوردکردنە لە دەوروبەری ساڵی ١٩٧٠ هاتە ئاراوە. گوززەکانی ئەلیکترۆن، کە تاودرابوون بۆ وزەی GeV٢٠، لە ستانفۆردی کالیفۆرنیا بڵاوبوونەوە. هاوشێوەی ئەوەی بۆ ڕازەرفۆرد لە نزیکەی نیوسەدە پێشتر ڕوویدا، بینرا ئەلیکترۆنەکان بەگۆشەی گەورەوە پەرش دەبنەوە. ئەمە ئەنجامێکی ڕاستەوخۆی ئەو ڕاستییە بوو کە ئەلیکترۆنەکان دەکەون لە کوارکەکان، واتە تەنۆلکە خاڵەکییە بنچینەییەکان کە گوشراونەتە ناو پرۆتۆن.

لەماوەی ٣٠ ساڵ دواییدا ئەم تاقیکردنەوانە بۆ وزەی بەرزتر پەرەیانپێدرا، کە زۆرترینیان لە تاودەری هیرا(HERA) لە هامبورگی ئەڵمانیادا بوو. لە ئەنجامی دروستبوونی وێنەی زۆر ڕوون سەبارەت بە پرۆتۆن، تێڕوانینی بنچینەیی بۆ سروشتی ئەو هێزانەی کە کوارکەکان پێکەوە ڕادەگرن هاتەئاراوە. ئەمە تیۆریی کوارکەکانی لێکەوتەوە کە ناسراوە بە داینامیکی ڕەنگە کوانتەمییەکان (کرۆمودینامیکی کوانتەمی- quantum chromodynamics) کە لەبەشی ٧ باسی دەکەین. ئەم تیۆرییە بەهێزە و بۆ شرۆڤەی کارلێکی کوارکەکان و گلۆنەکان(gluons) لە مەودای 10^{-16}mدا هەر هەڵسەنگاندنێکی تاقیگەیی دەرباز کردووە.

کوارکەکان بەتامەوە

٣ کوارکی بە هێشوو بوو بەسە بۆ ئەوەی پرۆتۆنێک یان نیوترۆنێک دروست ببێت. دوو جۆری جیاواز (یان تام- Flavor) لە کوارک، کە پێویستە بۆ ئەوەی پرۆتۆنێک یان نیوترۆنێک دروست ببێت ناسراون بە سەر(up) و خوار(down) (کە بەشێوەی باو کورت دەکرێنەوە بۆ یەکەم پیتەکانیان، واتە u و d). دوو لە سەرەکان و یەک لە

خوارەکـان پرۆتۆنێـک دروسـت دەکەن؛ دوو لە خوارەکـان و یەک لە سەرەکان نیوترۆنێک دروست دەکەن.

کوارک quark	سەر Up	خوار Down
بارگە Charge	+2/3	-1/3
وزە (بارستایی) Mc^2(MeV)	≃ 4	≃ 5
سپین (بادراوی) Spin	1/2	1/2

وێنەی ٧. سیفەتەکانی کوارکەکانی سەرو و خوار.

کوارکەکان بارگەی کارەباییان هەیە. کوارکی سەر هەڵگری $2/3$ی بـارگەی(پۆزەتیڤ) پرۆتـۆنێکە، لە کاتێکـدا کـوارکێکی خـوار هەڵگـری $-1/3$ ئەو بـارگەی هەڵگرتـووە (هەڵـبەت بە نێگەتیـڤ). بەم شـێوە بـارگەی گشـتی کـۆمەڵەیەک لە پـارچە تاکەکـان، کە دەبێت بە پرۆتـۆن بەم شـێوە هەژمـارد دەکرێـت $p(uud) = 2/3 + 2/3 - 1/3 = +1$ و بـۆ نیوترۆنێـک دەبێت بە:

$$n(ddu) = -1/3 - 1/3 + 2/3 = 0$$

تەنۆلکەکـان هەڵگری تەوژم بە گۆشـەیەکی زاتییـن کە پێـی دەگوترێت 'سپین'(بادراوی-Spin). بڕی سپین بەپێی یەکەکانی کـوانتەمی پلانـک دەپێورێـت و یەکسـانە بە h دابەشـی 2π($h/2\pi$)؛ ئەم پێکهـاتەیە لە فیزیـای ئەتـۆمی و تەنـۆلکە بە سـیمبۆلی $\hbar$ پیشـاندەدرێت. پرۆتـۆن، و نیـوترۆن و کوارکەکـان هەرکامیـان بـڕی سـپینەکەیان یەکسـانەبە $\hbar/2$یـان بەکـورتی بەشێوەی باو دەگوترێت سپینی ½.(spin 1/2).

کوارکێک دەکرێ ئاڕاستەی سپینەکەی ئاڕاستەکەی بەرەو سەرەوە یان بەرەو خوارەوە بێت $q\uparrow$ یان $q\downarrow$. دوو کوارک بە سپینی پەتی ١ بریتین لە $\uparrow\uparrow$ یان بە سپینی پەتی سفر بریتین لە$\uparrow\downarrow$ ، سێ کوارک بە سپینی پەتی ٢/٣ بریتین لە $\uparrow\uparrow\uparrow$ ، یان بۆ سپینی ٢/١ بریتین لە $\uparrow\downarrow\uparrow$. بۆ نموونە

$(\frac{uuu}{\uparrow\uparrow\uparrow}) = \Delta^{++}$،$(\frac{uud}{\uparrow\uparrow\uparrow}) = \Delta^{+}$ کە سپینەکانیان ٢/٣ ە.

یان

$(\frac{uud}{\uparrow\uparrow\downarrow})$، $(\frac{uud}{\uparrow\downarrow\uparrow})$

کە سپینەکانیان ٢/١ە و پرۆتۆنن.

کوارکێک دەکرێ ئاڕاستەی سپینەکەی بەرەو سەرەوە یان بەرەو خوارەوە بێت $q\uparrow$ یان $q\downarrow$. دوو کوارک بە سپینی پەتی ١ بریتین لە $\uparrow\uparrow$ یان بە سپینی پەتی سفر بریتین لە $\uparrow\downarrow$ ، سێ کوارک بە سپینی پەتی ٣/٢ بریتین لە $\uparrow\uparrow\uparrow$ ، یان بۆ سپینی ١/٢ بریتین لە $\uparrow\downarrow\uparrow$. بۆ نموونە

$\Delta^{+} = (\frac{uud}{\uparrow\uparrow\uparrow})$، $\Delta^{++} = (\frac{uuu}{\uparrow\uparrow\uparrow})$ کە سپینەکانیان ٣/٢ ە.

یان

$(\frac{uud}{\uparrow\uparrow\downarrow})$، $(\frac{uud}{\uparrow\downarrow\uparrow})$

کە سپینەکانیان 1/٢ە و پرۆتۆنن.

وێنەی ٨. سپینی کوارکەکان و چۆنیەتی کۆبوونەوەیان.

سپینەکان تا ئەو ڕادەیەی نەبێ بە نێگەتیڤ لەگەڵ یەکتر کۆدەکرێنەوە یان لە یەکتر دەردەکرێن. هەر بۆیە دوو تەنۆلکە کە سپینەکان ٢/١ ە لێکدانەکەیان دەبێت بە ٠یان ١. سێ دانە ئەگەر پێکەوە کۆبکرێنەوە، ئەنجامە گشتییەکەی ٢/١یان ٢/٣

دەبێت. پڕۆتۆن و نیوترۆن سپینەکەیان ½ ە کە لە ئەنجامی ئەوەیە کە سێ کوارک بەپێی ئەو ئیمکانەی سەرەوە، پێکەوە جووت دەبن. کاتێک کوارکەکان بەجۆرێک کۆببنەوە کە کۆی گشتی سپینەکەیان ٢/٣ە، کە تۆزێک وزەی گشتییان بەرزترە، ئەمانە تەنۆلکەی زۆر کورت تەمەنن کە ناسراون بە زرینگانەوەکانی Δ بارستاییەکەیان ٣٠% زیاترە لە پرۆتۆن یان نیوترۆنەو پێشئەوەی هەڵوەشێنەوە بۆ نیوترۆن و پرۆتۆنە زۆرتر هاوسەنگەکان، کاتەکەی کەمتر لە $10^{-23}s$ دەبێت.($10^{-23}s$ زۆر کورتترە لەوەی تەسەور بکرێت، بەڵام بەنزیکەیی کاتی پێویستە، تاوەکو ڕووناکی ناوکێکی ئەتۆمی ببڕێت). ڕێساکانی تیۆریی کوانتەمی (پرەنسیپی ڕێگری پاولی(Pauli exclusion principle)) تەنها ڕێگە دەدا هەندێک گرێدراوی دیاریکراو لەناو سپینەکان و تامەکانی کوارک ڕووبدات. ئەمەیە هۆکاری ئەوەی لەکۆتایدا سێ کوارکی چوونیەکی سەر (یان سیانی خوار) پێکەوە کۆ نابنەوە، تاوەکو سپینی ½ی پەتی دروست بکەن؛ لەم بارەدا هیچ دەستە خوشکێکی پرۆتۆن یان نیوترۆن بە بارگەی +٢ یان -١ نییە کە بەم شێوە بن:uuu و ddd. بە پێچەوانەوە، کاتێک سێ کوارک سپینەکانیان پێکەوە کۆدەبێتەوە بۆ بڕی ٢/٣ ، سێ تامی چون یەک دەکرێ پێکەوە بن$\Delta^{-}(ddd)$ و $\Delta^{++}(uuu)$ (توانەکان بارگەکەیانە). وردەکاریی چۆنییەتی ئەو گرێدراویانە لە سیفەتی کوارکەکانەوە دێت کە هێزی بەتین(strong force)ی نێوان کوارکی فەرمانڕەوایی لەسەر دەکات (سەیری بەشی ٧ بکە)، بەڵام دەکەوێتە دەرەوەی گرنگیپێدانی ئەم پێشەکییە کورتە.

بارستایی کوارکە تاکەکان دەجار گەورەترە لە بارستایی ئەلیکترۆنێک. لەکاتێکدا پارستایی پرۆتۆن کە بارستایی

نیوترۆنیش تاڕادەیەک هەمان شتە، بەنزیکەیی ٢٠٠٠جار لە ئەلیکترۆنێک گەورەترە، لێرەدا دوو پرسیار خۆی دەنوێنێت. یەکەمیان: پرۆتۆن و نیوترۆن چۆن ئەم بارستاییە گەورەیان وەرگرتووە؛ ئەویتریان: ئایا بارستایی ئەم کوارکانە دەکرێ، ئاماژە بەهەندێک یەکانگیریی قووڵتر لەناو پێکهاتەکانی مادەدا بکات، وەکو چۆن بۆ ئەلیکترۆن وابوو؟

کوارکەکان بە توندی یەکیان گرتووە و بۆ هەمیشە لەناو گروپەکاندا حەپسن، وەکو ئەو سیانەی کە بوونێک بەناوی پرۆتۆن دروستدەکەن. هیچ کوارکێک تا ئێستا لەوەها خێزانێک جیانەبووەتەوە؛ گەردوونەکان تەنها بەڕادەی $10^{-15}m$فراوان دەبێت کە بریتییە لە قەبارەی پرۆتۆن، ئەم فیمتۆگەردوونە(femtouniverse) حەپسگەیەکی $10^{-15}m$ییە کە ئێمە پێی دەڵێین پرۆتۆن و سەرجەم بەنزیکەیی MeV٩٣٨ کە بریتییە لە بارستایی پرۆتۆن، وزە دەدا بە پێکهاتەکەی. ئێمە بینیمان چۆن درێژی و وزە پێکەوە پەیوەندییان هەیە، ئەم مەودا$10^{-15}m$ بەنزیکەیی هاوتای GeV١ە. پەیوەندییە وردەکە هەڵگری فاکتەرەکانی٢ وπ ییە کە دەکەوێتە دەرەوەی ئەم پێشەکییە زۆر کورتە، لەگەڵ ئەو ئەنجامەی کە کوارکەکانی سەرو و خوار کاتێک سەربەستن بارستاییەکەیان تەنها چەند MeV یێکە، بەڵام کاتێک لە فیمتۆگەردوونە $10^{-15}m$ەکەدا وزەکەیان لە نێوان ٢٠٠–٣٠٠ MeV ە. کوارکەکان بەتوندی لەگەڵ یەکتر کارلێک دەکەن (کە دەبێت بەڕادەیەک بەهێز بێت نەتوانن لێی دەرباز ببن!) و وردەکاری تەواو سەبارەت بەوەی چۆن ئەمە بەوردی دەبێت بە MeV٩٣٨.٤ لەدەرەوەی توانایەکانی تیۆریی ئێستاماندایە.

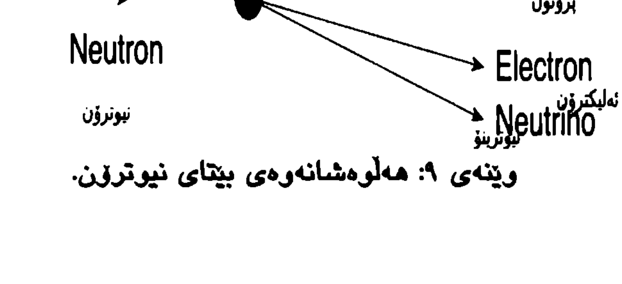
کوارکی خوار(down) چەند MeV قورسترە لە کوارکی سەر(up). ئێمە نازانین ئەمە بۆ وایە (بەڕاستی، نازانین ئەم

تەنۆلکە بنەڕەتیانە بە ئەلیکترۆنیشەوە بۆچی ئەم بارستاییەیان هەیە)، بەلام ئەمە ڕوونــــی دەکـــاتەوە بـــۆچی نیـــوترۆن بارســتاییەکەی تۆزێـک لە پرۆتـۆن زیـاترە. سـیانیەکی وەکـو udd(پرۆتۆن) و ddu(نیوترۆن) کە هەرکامیان بارستاییەکەیان بە نزیکەیـــی ١GeV بەهـــۆی ئەوەوەیە لە نـــاوچەیەکی $10^{-15}m$یـدا حەپسـن. جیاوازییەکەیـان کە لە ئاسـتی یەک MeV دایە بەهـــۆی ئەم دوو لایەنەوەیە:(١) نیـــوترۆن بە بەراورد بە پرۆتۆن کوارکێکی خواری زیاترە کە قورسترە لەو کوارکە سـەرەی پرۆتـۆن هەیەتـی و ئەمە قورسـییەکی زیـاتر دەدا بەسیانی نیوترۆن لەچاو سیانییەکەی پرۆتـۆن؛ (٢) هێزی کارەبایی لەنێوان دوو سـەرەکەدا و خـوارەکە (وەکو ئەوەی لە پرۆتۆندا هەیە) جیاوازە لەوەی لەنێوان دوو خـوار و سـەرێکدا هەیە (لەنمـوونەی نیوترۆنـدا). ئەمەش لە کـۆی وزە لەئاسـتی MeV دا بەشـداری دەکـات. هەربـۆیە جیـاوازی بارسـتایی لەنێوان نیـوترۆن و پرۆتـۆن (بەشـێوەی ئەزمـوونی١.٢ MeV) بەهـۆی هێزی کارۆوەسـتاوی نێـوان پێکهـاتە کوارکییەکـان و بارسـتایی تـاڕادەیەک گەورەتـری کـوارکی خـوار بە بەراورد لەگەڵ کوارکی سەرەوەیە.

سـەرو و خـوار لەنـاو خێزانێکـی کوارکیـدا دەستەخۆشـکن. ئەلیکتـرۆن لە کـوارک دروسـت نەبـووە و لە مێـژە دەزانـین هاوشـێوەی کوارکەکـان خۆیـان بنەڕەتـین. ئەوان سـەر بەخێزانێکـی جیـاوازی تـرن کە ناسـراون بە لیپتـۆن(Lepton)ەکـان. کوارکەکـانی سـەرو و خـوار جـووتن، کە جیـاوازی بارگەکەیـان ١ە(لەم بـارەدا = (−1/3) − 2/3+ 1)، ئایا دەکرێ ئەلیکترۆنیش خوشکێکی هەبێت کە جیاوازی بارگەی لەگەڵ ئەلیکترۆن ١ بێت؟ ئەم بوونە، هیچ بارگەیەکی نییە و بە نیوترینۆ(neutrino) ناسراوە.

ئەم نیوترینۆیـــانە لە هەڵوەشـــانەوە ڕادیۆئاکتیڤەکـــانی ژمـــارەیەکی زۆر لەنـــاوکە ئەتۆمییەکـــانەوە دەردەکەون. لەم پرۆســـانەدا ئەوان بە هاوشـــانی لەگەڵ خوشـــکەکانیان، واتە ئەلیکتـرۆن دەردەکەون. بـۆ نمـوونە، تـا کاتێـک لەنـاو ناوکێکدا حەپس دەبێت، نیوترۆن بەدەرکردنـی ئەلیکترۆن و نیوترۆنێک بە پرۆتۆنێـک دەگۆڕێـت. ئەمە ناســراوە بە هەڵوەشـــانەوەی بێتـا(Beta-β)، و هۆکـاری ناهاوســەنگی نیـوترۆن ئەو تـۆزە زۆرتـــر بـــوونەی بارســـتاییەکەیەتی لە پرۆتـــۆن. سروشـــت هەوڵـــدەدا لە نزمتـــرین ئاســـتی وزەدا بێـــت، کە لەم نمـــوونەدا چـوونە بـۆ دۆخـی بارســتایی. ئەم تـۆزە بارسـتاییە زیـادەی نیـوترۆن لە پرۆتـۆن دەبێـت بەهـۆی ئەوەی نیـوترۆن کاتێـک بەشـێوەیەک دابـڕاوە لە دەوروبەری تۆزێـک ناهاوسـەنگ بێت. ئەگەر تۆ ژمارەیەکی گەورە نیوترۆنت هەبێت و هەرکام لەوان سەربەســت بێــت لەویتریـــان، بەنزیکەیـــی دوای ١٠ خـــولەک نیوەیـــان بەهـــۆی تیشـــکدانەوەی ڕادیۆئـــاکتیڤیتی بێتـــاوە هەڵدەوەشـن. ئەگەر ئێمە پرۆتـۆن و نیـوترۆن بە سـیمبۆلەکانی n و p، و نیوترینـۆ و ئەلیکتـرۆن بە ν و e^- پیشـان بـدەین، ئەوکات هەڵوەشانەوەی بێتای نیوترۆن بۆ ئەم دەربڕینە کورت دەبێتەوە.

$$n \to p + e^- + \nu$$



وێنەی ٩: هەڵوەشانەوەی بێتای نیوترۆن.

نیــوترۆن بێبــارگەیە؛ ئەمە لە هەڵوەشــانەوەی بێتــادا دەپارێزرێــت، چــونکە پرۆتــۆن یەک بــارگەی پۆزەتیــڤ و بەشێوەی دژ ئەلیکترۆن یەک بارگەی نێگەتیڤی هەیە. پرۆتۆن ســوکترین دۆخە کە لە ســێ کــوارک دروســت دەبێــت و هاوســەنگە (یــان لانــیکەم ئەگەر پرۆتــۆن ناهاوســەنگ بێــت، تێکڕای تەمەنی زیاترە لە 10^{32}ساڵ!).

نیوترینۆ

نۆترینــۆ لەگەڵ ئەوەی هــیچ بــارگەیەکی نیــیە بەنزیکەیــی بارستاییەکەشــی سفرە و لەنــاو هەمــوو شــتێکەوە تێدەپەڕێت. تەنهــا بەڕێــگەی هێــزە کارەبــاییە ئاســاییەکان کە لەنــاو مــادەی بەکۆمەڵــدا کــاردەکەن، نیوترۆنۆکــان زۆر زەحــمەتە هەســتیان پێبکرێت. بە بێکاریگەرترین تەنۆلکەش دادەنرێت.

نیوترۆینۆ بە بەردبوویەکی بەجێماوی تەقینەوە گەورەکەیە و پەیامهێنرێکی یەکەمین پرۆسەکانی گەردوونە. نیوترینۆکانن، کە دیــاریی دەکەن گەردوون چەنــدێ بەخێراییــی دەکشــێت و لەوانەشــــە چارەنووســــە کۆتاییەکەشـــی دیــاریی بــکەن. لە ئەســـتێرەی هاوشـــێوەی خـــۆر، ئەوان لە یارمەتیـــدان بـــۆ دروســتبوونی تــوخمە قورســەکان کە بنەڕەتــین و بــۆ ژیــان پێویســتن. توانــای خــۆر بەهــۆی نــاوکەیەکبوون(fusion)ی پرۆتۆنەکــان لە نزیــک ناوەندەکەیــدایە، کە دەچــنە نــاویەک و پێکەوە پەیوەســت دەبن بۆ دروستکردنی نــاوکی هیلیۆم. لەم پرۆسەدا ژمارەیەکی زۆر لە پرۆتۆنەکان بەڕێگەی شێوازێکی هەڵوەشــانەوەی بێتــا دەگــۆڕێن بە نیــوترۆن و کاتێــک ئەمە ڕوودەدا نیوترینۆکــان دەردەپەڕن. ئەم کــاریگەرییە یەکجــار گەورەیە و نیوترینۆکان بەژمارەیەکی گەورە لە خۆردا بەرهەم دێن کە نرخەکەی 2×10^{38} لە چرکەدایە، کە بریتییە لە ٢ و

۳۸ سفر لە بەردەمیدا. من تەنانەت ناتوانم ئایدیایەک تەسەور بکەم و بڵێم ئەم ژمارە چەند گەورەیە- ئەمە وەکو قەبارەی گەردوونە بە قەبارەی ئەتۆمێکی تەنها. ئەم نیوترینۆیانە بە فەزادا دەفڕن و ژمارەیەکی زۆریان دەکەون لە زەوی. نزیکەی ٤٠٠ ملیارد نیوترینۆی خۆر هەموو چرکەیەک لە لەشی هەرکام لە ئێمەوە تێدەپەڕێت.

توخمە ڕادیۆئاکتیڤە سروشتییەکانی زەوی، لە شێوەی یورانیۆمیش نیوترینۆ بەرەڵا دەکەن: نزیکەی ٥٠ ملیارد لەوانیش هەموو چرکەیەک لە هەرکام لە ئێمە دەدا. وەکو دیارە بەڕاستی خۆر زۆر زیاتر بڵاو دەکاتەوە: هەشت هێندە لە خۆرەوە دێن ئەویش دوای بڕینی ١٠٠ میلیۆن کیلۆمەتر ڕێگە لە فەزادا دێنە ناو ماڵەکانمان لێرە. ئێمە خۆمانیش ڕادیۆئاکتیڤین (زۆرتر بەهۆی هەڵوەشانەوەی پۆتاسیۆم لە ناو ئێسکەکانماندا) و لە هەر چرکەیەکدا ٤٠٠ نیوترینۆ دەردەکەین.

بەگشتی نیوترینۆکان باوترینی تەنۆلکەکانن. تەنانەت ژمارەیەکی زۆر زیاتر لەوان بە پانتایی گەردووندا دەفڕن، کە ژمارەیان زیاترە لە فۆتۆن، واتە تەنۆلکە بنچینەییەکەی ڕووناکی.

چونکە ئەوان زۆر باون بارستییەکەیان دەکرێ کاریگەری لەسەر کێشکردنی گەردوون دابنێت. ئەگەر ئەوان بارستاییان هەبێت، دەبێت زۆر بچووک بێت کە کەس نەیتوانیوە تا ئێستا بیپێوێت، بەڵام ئاماژەگەلێک لە ئارادان کە لەوانەیە بکرێ (لەبەشی ١٠ ڕوون کراوەتەوە).

نیوترینۆکان لەخۆرەوە دەفڕن و بەناو مادەدا تێدەپەڕن، کە بەنزیکەیی هەستیان پێناکرێت، هەر بۆیە ژمارەیەکی زۆر لەوان شەوان لە پێخەفەکانمانەوە تێدەپەڕن و ڕۆژان دەکەون لەسەرمان. نیوترینۆیەک دەکرێ لە مادەیەکی قورقوشم

بەدرێژیی یەک ساڵی ڕووناکییەوە تێپەڕێت بەبێئەوەی لە هیچ شتێک بکەوێت. ئەم سیفەتەی نیوترینۆ بەردەوام لەو وتارانەی بۆ گشت دەنووسرێت دووپات دەبێتەوە و ئەم پرسیارەی لێدەکەوێتەوە: ئەی چۆن هەستیان پێدەکەین؟ دوو شت یارمەتیمان دەدا.

یەکەم بەکارهێنانی سەرچاوەی زۆر چڕ و بەهێزی نیوترینۆیە بەشێوەیەک کە بەختی ئەوە هەبێت یەک یان دوو لەوان لەناو هەستەوەرەکەدا بچنە ناو ئەتۆمەکانەوە و تۆمار بکرێن. هەرچەند نیوترینۆیەکی تەنها بەدەگمەن کارلێک دەکات (بەدرێژیی یەک ساڵی ڕووناکی کارلێکێک)، خۆر ژمارەیەکی زۆر لەم بەختانە دەخاتە بەردەست. تۆ یان من لەوانەیە بەنزیکەیی هیچ بەختێکمان نەبێت براوەی ئەم قومارە بین، بەڵام خەڵک بەڕادەی پێویست دێنە ناوەوە کە لەوانەیە ئەو بەختەیان هەبێت. ئەگەر ژمارەیەکی پێویست لە نیوترینۆکان بکەون لە ئێمەوە چەند دانەیەک لەوان دەکەون لە ئەتۆمەکانی سەر ڕێچکەکەیان. هەر بۆیە ئەگەر قەبارەیەکی گەورەی مادە- بۆ نموونە ئاو، یان ئاسن، تەنانەت شلەی پاککەرەوە (کلۆرین بەتایبەتی بۆ دەرخستنی نیوترینۆکان بەسوودە)- لەبەردەست بێت دەکرێ ئەو نیوترینۆیانە دەربخرێن کە لە خۆرەوە دێن. زانستێکی نوێ کە ناسراوە بە ئەستێرەناسیی نیوترینۆ ئێستا دەستی پێکردووە. پێشتر دەرکەوتووە کە ژمارەیەکی کەمتر لەوەی چاوەڕێ دەکرێ لەخۆرەوە بە ئێمە دەگەن. بەهەرحاڵ ئەوەی کێشەیە خۆر نییە؛ وادیارە شتێک بۆ نیوترینۆکان لەسەر ڕێچکەکەیان ڕوودەدا، کە لەبەشی ١٠ ڕوون دەکرێتەوە.

دووەم سیفەتیان کە یارمەتیدەرمانە "شەرمنبوونی (shyness)"یەکەیان تەنها بۆ ئەو نیوترینۆیانە ڕاستە، کە

وزەکەیان نزمە، وەکو ئەوانەی لە خۆرەوە دێن. بەپێچەوانەوە، نیوترینۆکـــان بە وزەی بەرزەوە (وەکـــو ئەوانەی لە هەنـــدێک پرۆسـە گەردوونییەکان یـان تـاودەرە وزەبەرزەکانـدان) حەزی زۆرتــر بــۆ دەرکەوتــن هەیە. هەربــۆیە لەتاودەرەکـانی وزەی بەرزدایە، کە نیوترینۆکان بەرهەم دەهێنین و لێکۆڵینەوە لەسەر وردەکارییەکانیـان دەکەیـن. لێرەدایە ئێمە یەکەم ئاماژەکانمـان دۆزیـــیەوە کە نیوترینۆکـــان هەڵگـری بارســـتاییەکی بچـــووکی سەروســـفرن. ئەمە پـــاڵی پێوەنـــاین جـــارێکی تـــر ســـەبارەت بەئایدیاکانمان لەسەر گەردووناسی بیر بکەینەوە.

دژەتەنۆلکەکان

کوارکەکـان و ئەلیکتــرۆن تــۆوی ســەرەتایی ئەتۆمەکــان و هەموو ئەو مادەیە کە دەیناسین. بەڵام ئەمە هەموو چیرۆکەکە نییە؛ ئەوان بەشـێوەی وێنەی ئاوێنەییش هەن، کە ناسـراون بە دژەتەنۆلکە، واتە تەنۆلکەکانی دژەمادە. هەرجۆرێک لە تەنـۆلکە دژێکیشی هەیە: بوونێک بەهەمان بارستایی، سپین و قەبارە و هەمـــان بـــڕی بـــارگەکەی خـــۆی، بەڵام بە ئامـــاژەی دژەوە. هەربۆیە، بۆ نموونە ئەلیکتـرۆن کە بـارگەکەی نێگەتیڤە دژێکی هەیە بەناوی دژە-ئەلیکترۆن(Anti-Electron) کە بـارگەکەی پۆزەتیڤە و ناسراوە بە پۆزیترۆن(positron)، کە نابێت لەگەڵ پرۆتـۆن لێتـان تێـک بچێـت. پرۆتـۆن ٢٠٠٠جـار قورسـترە لە پۆزیترۆن و ڤێرژنە دژەکەی ناوی دژەپرۆتۆن(Antiproton)ە و بارگەکەی نێگەتیڤە. ئەو هێزانەی کە دەتـوانن ئەلیکترۆنێک و پرۆتۆنێک پێکەوە گرێ بدەن و ئەتـۆمی هایدرۆجین دروسـت پێـک بهێـنن، دەشـتوانن پۆزیترۆنێـک و دژەپرۆتۆنێـک پـێکەوە گـــرێ بـــدەن بـــۆ دروســـتکردنی دژەهایـــدرۆجین(antihydrogen).

دەکرێ بارگەی تەنۆلکە و دژەتەنۆلکە بنچینەییەکان کە تائێستا باسمانکردون لەخشتەی ژێرەوەدا کورت بکەینەوە(وێنەی ١٠).

تەنۆلکە PARTICLE	بارگە CHARGE	دژەتەنۆلکە ANTIPARTICLE	بارگە CHARGE
ئەلیکترۆن electron e^-	−1	پۆزیترۆن positron e^+	+1
نیوترینۆ neutrino v	0	دژەنیوترینۆ antineutrino $\bar{v}$	0
کوارکی سەر up quark u	+2/3	دژەسەر antiup $\bar{u}$	-2/3
کوارکی خوار down quark d	−1/3	دژەخوار antidown $\bar{d}$	+1/3

وێنەی ١٠:تەنۆلکە بنچینەییەکانی مادەو دژەتەنۆلکەکانیان

چونکە پرۆتۆنێک لە(duu) پێکهاتووە، کەوابوو دژەپرۆتۆنی گرێدراو بەوەوە بریتییە لە $\underline{u}\underline{ud}$ بەشێوەی باو دژەتەنۆلکەیەک بەهەمان هێمای تەنۆلکەکە پیشاندەدرێت لەگەڵ هێڵێک بەسەرییەوە. بەڵام ئەگەر بارگەکەی دیاریی بکرێت دژەتەنۆلکە بە بارگەدژەکەی پیشاندەدرێت (بۆ نموونە بەهۆکاری مێژوویی پۆزیترۆن بەم شێوە پیشاندەدرێت e^+) بەهاوشێوەیی بۆ نیوترۆن دەبێت بە (ddu) و دژەکەی دەبێت بە $\underline{u}\underline{dd}$. بۆیە هەرچەند نیوترۆنێک و دژەنیوترۆنێک هەمان بارگەیان هەیە، بەڵام ڕێسەو بونیادی ناوەوەیان لەیەکتر جیاوازە. هەروەها نیوترینۆیەک و دژەنیوترینۆیەک هەمان بارگەیان هەیە، بەڵام ئەو سیفەتەی لێکیان جیادەکاتەوە تۆزێک وردە. کاتێک نیوترینۆکان کارلێک لەگەڵ تەنۆلکەی مادە دەکەن، تۆ بڵێی نیوترۆنێک، ئەوان دەگۆڕن بە ئەلیکترۆن و

نیوترۆنیش بە پرۆتۆن دەگۆڕێت، بەم شێوە بەگشتی بارگە پارێزراو دەبێت:

$$\nu + n \rightarrow e^- + p$$

بەم شێوە دەبینین کە نیوترینۆ خزمایەتیەکی لەگەڵ ئەلیکترۆن هەیە.

دژە نیوترینۆیەکیش هەمان خزمایەتی بۆ پۆزیترۆن هەیە. یاسای پاراستنی بارگە ڕێگری دەکات لەوەی دژە نیوترینۆ بەشێوەی سەرەوە کارلێک لەگەڵ نیوترۆن بکات. بەڵام ئەگەر بکەوێت لە پرۆتۆنێک، بەم شێوەیە خۆی دەنوێنێت:

$$\nu + p \rightarrow e^+ + n$$

بینیمان چۆن ۳ کوارک یەکدەگرن و پرۆتۆن و نیوترۆن پێکدەهێنن (بەگشتی ئەم پێکهاتە سێ کوارکیانە ناسراون بە باریۆن(baryon)). هەربۆیە هێشوو بە سێ دژەکوارکەوە سەرجەم ناسراون بە دژەباریۆن(antibaryon). هێشووی کوارکی بە دوانەی کوارک و دژەکوارکیشەوە مومکینە؛ یەکێکیان بۆ ئەو مەبەستە بەسە. هەربۆیە ئەگەر ئێمە q بۆ هەر کام لە کوارکەکانی u یان d بەکاربێنین و $\underline{q}$ بۆ دژەکانیان، دەکرێ چوار هێشوو بە پێکهاتەی $q\underline{q}$ دروست بکەین. کاتێک سێ کوارک هێشوو دروست دەکەن پێیان دەگوترێت باریۆن، ئەم پێکهاتەی کوارک و دژەکوارکەش بە میزۆن(Meson) ناسراون، هەر وەکو لە نموونەی پرۆتۆن و نیوترۆندا بینیمان دۆخەکانی زرینگانەی وزەی بەرزتریش بۆ ئەم میزۆنانە لە ئارادایە.

یەکێک لە سیفەتە بەرچاوەکانی دژەمادە بریتییە لەوەی کاتێک دەکەوێت لە مادە هەردوکیان بەدروستکردنی چەخماخەیەک لە تیشک، وەکو فۆتۆنەکانی ڕووناکی، هەڵدەوەشێن. زۆر جێگەی سەرسووڕمان نییە کە میزۆنەکان

زۆر نـــاژین. کوارکێـــک و دژەکوارکێـــک ســـنووردارن بە فیمتـــۆگەردوونی 10^{-15} مەتـــری و هەردوکیـــان دوای یەک ملیاردەمی چرکە یان کەمتر هەڵدەوەشێن. تەنانەت ئەم مێزۆنە کەم تەمەنـــانە ڕۆڵێکـــی گرنـــگ لە بینـــای زەویـــدا دەگێـــڕن. ئاشـــناترین و ســـوکترین پێکهاتەکەیـــان بە پایۆنەکـــان(pions) ناســـــــــراوە، وەکـــــــــو $\pi^{+}(u\underline{d}\ \ )$و $\pi^{-}(d\underline{u})$ کە لەلایەن تیۆریســـازیی ژاپـۆنی یۆکـــاوا(Yukawa) وە لەســـاڵی ١٩٣٥ وەکو بـوونی کەم تەمەن لە نـاو نـاوکی ئەتـۆم پێشـبینیکران و هێزە ڕاکێشـەرە بەتینەکە دروستدەکەن کە ناوکەکان پێکەوە ڕادەگرێـــت. بەدواییـــدا لەســـاڵی ١٩٤٧دا دۆزینەوەکـــان ئەم پێشـبینییە تیـۆرییەیی پشتڕاسـتکردەوە. لە ئیمـڕۆدا ئێمە ڕێسـە قوڵترەکـــانی ئەم هێـــزە لە کـــارکردن لەســـەر کـــوارک و دژە کوارکەکـــان کە مێـــزۆن و باریۆنەکـــان و لەکۆتاییـــدا نـــاوکی ئەتۆمی دروست دەکەن دەناسین(سەیری بەشی ٧ بکە).

دوو پێکهـــاتەی بێبـــارگەش هەیە کە دەکـــرێ بەم شـــێوە بـــن:$u\underline{u}$ و $d\underline{d}$. ئەمە پـــایۆنی بەشـــێوەی کارەبـــایی بێبـــارگە دروســـت دەکـــات، واتە π^{0} و تـــوخمێکی مێزونـــی لەبـــاری کارەباییەوە بێبارگەی تەنیا کە ناسراوە بە ئێتا(ηeta,−)ی بێ بـارگە. بـۆچی کوارکێـک دەکـرێ دژکـوارکێکی وەکـو خـۆی لەباوەش بگرێت، بەڵام سێ کوارک یان سێ دژە کوارک یەکتر ڕادەکێشـــن بـــۆ دروســـتکردنی بـــاریۆن و دژە باریۆنەکـــان لە بەشی دواتر ڕوونی دەکەینەوە.

بەشی پێنجەم
تاودەرەکان: گەردوونی و دەستکرد

گورزەکانی تیشکی گەردوونی بەخۆڕایین، بەڵام بە هەڕەمییەکن؛ پێویستی بۆ تاقیکردنەوە کۆنترۆڵ کراوەکان گەیشت بە تاودەرەکانی تەنۆلکە. لەم بەشەدا باسی گورزەکانی تەنۆلکە دەکەین، کاتێک دەکەون لە ئامانجێک و کاتێک بەیەکدا دەکێشرێن و ئەو ئەنجامانەی لێی دەکەوێتەوە. هەروەها گورزەکانی مادە و دژەمادە-ئەلیکترۆن و پۆزیترۆنەکان لە پێکدادەری گەورەی ئەلیکترۆن پۆزیترۆن(*LEP*)، پرۆتۆن و دژەپرۆتۆن، کارگەکانی بەرهەمهێنانی تەنۆلکە.

بۆ ماوەی یەک سەدە گورزەکانی تەنۆلکە بۆ دەرخستنی ڕیسە و بونیادی ناوەوەی ئەتۆمەکان بەکاردەهێنرا. ئەمانە لە تەنۆلکەی ئەڵفا و بیتای سروشتیی، ڕادیۆئاکتیڤە سروشتییە بێزیانەکانەوە دەستپێدەکات و پاشان لە تیشکە گەردوونییەکانەوە بەرەو گورزە بەهێزەکانی ئەلیکترۆنەکان، پرۆتۆنەکان و تەنۆلکەکانی تر لە تاودەرە نوێیەکاندا دەڕوات. بەکێشانی گورزە سەرەتاییەکان بە ئامانجێک، هەندێک لە وزەکە دەکرێ بگۆڕێ بە تەنۆلکەی نوێ، کە ئەوانیش دەکرێ خڕبکرێنەوە و بکرێن بە گورزەی نوێی دووەمی. هەربۆیە گورزەکانی پایۆن و نیوترینۆ هەروەها تەنۆلکەکانی تر بەناوی کائۆن و میون لەگەڵ دژەتەنۆلکەکانی تری وەکو پۆزیترۆنەکان و دژەپرۆتۆنەکان دەکرێ دروست بین. تەنانەت پشکنین بۆ گورزەی ئایۆنی قورسیش کراوە- ئەو ئەتۆمگەلەی کە ئەلیکترۆنی لێکراوەتەوە- کە هەلی بەرکەوتنی توونە لەنێوان ناوکە قورسەکان دەخاتە بەردەست.

تەنۆلکە جیاوازەکان بەڕێگە تەواوکەرەکان پشکنین بۆ مادە دەکەن. بەلێکدانی زانیاری لەم نزیکبوونەوە جیاوازانەوە وێنە دەوڵەمەندەکەی ئێستامان دەرکەوتووە.

هەندێکجار گورزەکان ڕاستەوخۆ دەدرێن لە ئامانجە وەستاوەکان. لەم ساڵانەی دواییدا بەزۆری ئیستراتیژییەکە بووە بە دروستکردنی ئەو گورزانەی کە بە شێوەی دژدەخولێنەوە، واتە تەنۆلکەکان و دژەتەنۆلکەکانی وەکو ئەلیکترۆنەکان و پۆزیترۆنەکان یان پرۆتۆنەکان و دژەپرۆتۆنەکان و ڕاستەوخۆ بەیەکداکێشانیان. ئەم تەکنیکانە ئەو توانایە دەرەخسێنێت کە پشکنین بۆ پرسەکان بکرێت، هەروەکو دواتر دەبینین ئەگەر نەبوایەن ئەم پشکنینە نامومکین دەبوو.

لەهەمانکاتدا حەزێک بۆ گەڕانەوە بۆ گورزەکانی تیشکی گەردوونی لە ئارادایە، کە لەودا سروشت تەنۆلکە بە وزەی بەرزتر لەهەر شتێک کە دەکرێ لەسەر زەوی دەستمان پێی ڕابگات، دەخاتە بەردەست. کێشەکە ئەوەیە ئەم گورزانە بەشێوەی هەڕەمەکی دێن و چڕییەکەیان زۆر کەمترە لەو گورزانەی لە تاودەرەکاندا بەرهەم دێن. حەز بۆ دووپاتکردنەوەی گورزە گەردوونییەکان لە بارۆدۆخی کۆنترۆڵکراودا بوو بە هۆی دروستبوونی فیزیای وزەبەرزەکان لە تاودەرەکاندا.

لەئەمڕۆدا تێگەیشتووین دەبێت بیگبانگ هەڵگری ژمارەیەکی زۆر تەنۆلکەی سەیرو سەمەرە بووبێت، زۆر قورستر لەوانەی کە دەکرێ لەسەر زەوی دروست بکرێن، کە لەوانەیە هەندێکجار لە تیشکە گەردوونییەکانەوە بێن. ئێمە تەنۆلکە سەمەرەکانمان لەناو تیشکی گەردوونیدا دۆزیوەتەوە (سەیری بەشی ٨ بکە) و دواتر ئەوانمان بۆ تاقیکردنەوە لە تاقیکردنەوەکانی تاودەردا دروست کردەوە، بەو ئۆمێدەی بەختێکی هاوشێوە ڕوومان تێبکات.ئەستێرەکان و سوپەرنۆڤاکان نیوترینۆکان دەردەدەن؛ تاقیگەکان بەتایبەتی لەژێر زەوی دروست دەکرێن تاوەکو تەنۆلکەی تر جگە لە نوترینۆ پێی نەگات. ئەستێرەناسیی نیوترینۆ لقێکی نوێی زانستە کە چاوەڕێ دەکرێت لە دەیەکانی سەرەتای سەدەی بیستویەک بگەشێتەوە. هەروەها هەوڵی زۆر بۆ دۆزینەوەی بەڵگە لە ڕووداوە زۆر دەگمەنەکان لە ئارادایە، بۆ نموونە ئەگەریی هاوسەنگ نەبوونی پرۆتۆنەکان و هەڵوەشانەوەیان؛ هەرچەند نیوەتەمەنەکەیان 10^{33} ساڵە. لەم تەکنیکەدا بڕێکی زۆر ئاو بەکاردێت، بۆ نموونە ئاوی پەتی بەقەبارەی حەوزێکی مەلە. هەرچەند بەتێکڕایی پرۆتۆنەکان ژیانی چاوەڕوانکراویان

بەرزە، بەڵام تیۆریی کوانتەم پیشاندەدا کە تاک پرۆتۆنێک لەوانەیە تەمەنی زۆر درێژتر یان زۆر کورتتر بێت. هەر بۆیە لە نموونە گەورەی 10^{33}پرۆتۆنیدا بەڕادەی ئەو بڕەی لە حەوزێکی گەورەی ئاودا هەیە، لەوانەیە لە ساڵێکدا یەک یان دوو هەڵوەشانەوە ڕوودات. ئەگەر بۆ ماوەیەکی درێژ سەیرت هەبێت لەوانەیە بەختی ئەوەت هەبێت یەکێک ببینیت.

ئەمانە نموونەی ئەوانەن کە بەناوی فیزیای نا-تاودەر دەناسرێن، لێرەدا پرۆسە سروشتییەکان تەنۆلکەکان بەرهەم دەهێنن و ئێمە دەریان دەخەین. لێرە واتە لەسەر زەوی دەکرێ گوررزەی توند لە تەنۆلکە وزەبەرزەکان لە تاقیگەکاندا و بەتاودەری تەنۆلکە بەرهەم بهێنین. لەم بەشەدا من چڕ دەبمەوە لەسەر ئەوەی چۆن تاودەرەکان پەرەیانسەندووە و چی تێیاندا بەکارهاتووە. ئەمە لە داهاتووی نزیکدا تێڕوانینێکی نوێ دەدا بە بەرنامەکانی فیزیای تەنۆلکە وزەبەرزەکان .

تەنۆلکە بارگە کارەباییەکان بەهۆی هێزی کارەباییەوە تاودەدرێن. بە بەکارهێنانی هێزی کارەبایی پێویست، تۆ بڵێ لەسەر ئەلیکترۆنێک، لەسەر هێڵێکی ڕێک خێراتر و خێراتری دەکات، هەروەکو چۆن لە تاوەدەرە هێڵەکییەکەی ستانفۆرد لە کالیفۆرنیا ڕوودەدا و دەکرێ ئەلیکرۆنەکان بۆ وزەی GeV٥٠ تاو بدرێن.

لەژێر کاریگەریی بواری موگناتیسیدا ڕێچکەی تەنۆلکەیەکی بارگاوی دەبێت بە چەماوە. بە بەکارهێنانی بوارە کارەباییەکان بۆ خێراکردنیان و بواری موگناتیسی بۆ چەماندنەوەی ڕێچکەکانیان دەکرێ تەنۆلکە بارگاوییەکان چەندینجار لەسەر بازنەیەک خول بدەین. ئەمە ئایدیای بنچینەیی پشت هەڵقە گەورەکانە، وەکو ئەو تاودەرە ٢٧ کیلۆمەترییەیی لە سێڕن(CERN)ی جێنێڤ(Geneva) هەیە.

له سیكلۆترۆنەوە بۆ سینكرۆترۆن

پشكنینی ئەتۆم بەگوررزەكانی تەنۆلكەی ئەلفا و بیتا لە تەنە رادیۆئاكتیڤەكـانەوە دەسـتپێكرد. بەلام تـاك تەنۆلكەكـان وزەكانیـان بچـووكە و توانایيەكەیـان سـنووردارە بـۆ ئەوەی بچـنە نـاو ناوەنـدی نـاوكی. گوررزەكـانی تەنـۆلكەی وزە بەرز هەموو ئەم بارودۆخەیان گۆڕی.

ئایـدیای سـەرەكی بریتـی بـوو لە تـاودانی تەنۆلكەكـان بـۆ وزەی بەرز بەرێـگەی زنجیـرەیەک پالْپێوەنـانی بچـووک لە ڤۆلتییەیی تـاڕادەیەک نـزمەوە. تەنۆلكەكـان بەنـاو زنجیـرەیەک لـولەكی كـانزایی جیـا لەیەكتـر لە تیـوبە نـاو بەتاڵەكـانەوە تێدەپەڕن. لەنـاو لولەكەكانـدا هـیچ بـوارێكی كارەبـایی نیـیە و تەنۆلكەكـان بەسـادەیی لە كەنارەكـانییەوە دەربـاز دەبـن. بەلام لەنـاو كەلەبەرەكـانی نێـوان لولەكەكانـدا بـوارە كارەباییەكـان ڕێكـدەخرێت، ئەویـش بەرێـگەی ڤـۆلتییەیی گـۆڕاو كە بـڕە پۆزەتیڤ و نێگەتیڤەكان جێگۆڕكێ پێدەكات. لەرەلەری ڤۆلتییە گـۆڕاوەكە لەگەڵ درێژیـی لـولەكەدا یەكـدەگرێتەوە، هەربـۆیە تەنۆلكەكـان كاتێک دەچـنە نـاو كەلەبەرەكەوە هەمیشـە هەسـت بەلێدان نەک وەستان دەكەن. بەم ڕێگە تەنۆلكەكان كاتێک لەم لـولەكەوە دەچـن بۆ لـولەكێكی تـر تـاو وەردەگـرن. بەشـێوەی ئاسایی تاودەرە هێڵەكییەكان مەشینی كورت و وزەنزمن، بەلام دەكرێ درێژ بن و وەزەیـان بەرزتـر ببێتەوە، وەكو ئەوەی لە تــاودەری هێڵەكــی ســتانفۆرد لە كالیفۆرنیــا هەیە. ئەوان لە قۆناغەكـانی سـەرەتایی تـاودان لە هەڵقە گەورەكـانی ئیمڕۆییدا بەكاردەهێنرێن.

یەكەم ئایـدیای تـاودەری هەڵقەیـی لە ئیرنیسـت لاورێـنس(Ernest Lawrence)وە دەسـتپێكرد، ئەو بە بەكارهێنـانی بـوارێكی موگناتیسـیی تەنۆلكەكـانی لەسـەر سـوورگەیەک

چەمانـدەوە. دوو کـاڤیتی(cavity) نیمچەبـازنەیی بەتـاڵ یـان شێوەD، بەرامبەری یەکتری جێگیردەکرێن بۆ ئەوەی بازنەیەک دروستبکەن، لەگەڵ بوونی کەلەبەرێکی بچووک لەنێوان دوو ڕووبەری تەختـی D. هەمـوو پانتـایی بونیـاد و ڕێسـەکە بەنزیکەیـی ٢٠ سـانتی مەتـرە، و لاورێنس لەنێوان جەمسـەرە باکور و باشورییەکەی ئەلیکترۆمەگنەتی جێگیر کرد، بۆ ئەوەی تەنۆلکەکان لەسەر چەماوەیەک بسوڕێنەوە، هاوکاتیش بـواری کارەبـایی لە کەلەبەرەکە خێراییـان دەداتـێ. دوای خێراتـر کردنیـان بەهـۆی بـوارە کارەبـاییەکەی کەلەبەرەکەوە، ئەوان دەچـوونە سـەر ڕێچکەیەکـی بـازنەیی، تـاوەکو دەگەیشـتن بەکەلەبەرە بەنیـوکەرەکەو دووبـارە دەسـوڕانەوە. بەم ئـامێرە ئەوان توانییـان لەجیـاتی ئەوەی لە زنجیـرەک کەلەبەری پشتەسـەریەکەوە تـێبپەڕن چەنـدینجار لەهەمـان کەلەبەری تـاودەرەوە تێپەڕن. دوای ئەوەی خێراییەکەیـان بەرز بـووەوە بەرەو دەرەوە لـوول دەخـۆن، بەڵام مەودای کـاتی تێپەڕیـنە پشتسەریەکان لە کەلەبەرەکانەوە بەنەگۆڕی دەمێنێتەوە.

بۆ تـاودانی بەردەوامـی تەنۆلکەکـان، بـواری کارەبـایی نـاو کەلەبەرەکە دەبێـت لەگەڵ هەمـان لەرەلەر کە تەنۆلکەکـان سـوڕەکە تەواو دەکەن یەک شـت بێـت. لە دواییـدا تەنـۆلکە دەرچووەکـان لە سـەرچاوەیەک لەناوەنـدی ئـامێرە بەخـولەکە، بەشـێوەی لـوولپێچ لە کەنارەکـانەوە بەوزەی زۆربـووەوە دەردەچن.

ئەم ئامێرە بە سیکلۆترۆن دەناسرا و لەسـەر ئەم پرەنسیپە کـاری دەکـرد کە تەنۆلکەکـان هەمیشـە بـۆ تەواوکردنـی سوڕانەوەکە پێویستییان بە یەک کاتی نەگۆڕ هەیە.

بەهەرحاڵ لەکرداردا ئەمە تەنها بەنزیکەیی دروستە. لەگەڵ زیادبوونی وزەی تەنۆلکەکان، کاریگەرییەکانی ڕێژەیی تایبەت

(Special Relativity) ڕۆڵێکی گرنگتر دەگێڕێت. بەتایبەتی بەرگرییەکی ڕوو لەزیادبوون لەبەرامبەر تاوداندا دێتەئاراوە، کە هێزی زۆرتر پێویست دەبێت بۆ ئەوەی هەمان تاودانمان دەسکەوێت. کاتێک خێراییەکە بەخێرایی ڕووناکی نزیک دەبێتەوە، تەنۆلکە تاودراوەکان کاتێکی زۆرتری دەوێت بۆ ئەوەی سوڕەکە تەواو بکات، و لە ئەنجامدا لەمەودای بەشی تاودانی سوڕەکەیدا زۆر درەنگتر دەگات بە کەلەبەرەکە بۆ ئەوەی ڤۆڵتییە گۆڕاوەکەی پێبگات.

چارەسەرەکە بریتی بوو لە ڕێکخستنی لەرەلەری بەکارهێنراو بەشێوەیەک هاوکات لەگەڵ درێژبوونەوەی کاتی سوڕانەوە لەگەڵ تەنۆلکەکەکان بە هاوئاهەنگ بمێنێتەوە. بەهەرحاڵ کێشەیەک هەیە: مەشینێک کە بەلەرەلەری گۆڕاو کاردەکات ئیتر ناتوانێت لێشاوێکی بەردەوام لە تەنۆلکەکان، بەو شێوەی سیلکۆترۆن دەیکرد، تاوبدات. گۆڕانی لەرەلەر بۆ ڕاگرتنی وزەی بەرزی تەنۆلکەکان بەمانای ئەوەیە کە هەر تەنۆلکەیەک کە وزەی نزمە دەچێتە دەرەوە. لەجیاتی سینکرۆسایکلۆترۆن پۆلێک لە تەنۆلکەکان هەموو جارێ لە سەرچاوەکەوە وەردەگرێت و ئەم پۆلانە بەرەو کەنارەکانی موگناتیسەکە تاودەدا.

سینکرۆسایکلۆترۆن توانای هەبوو پرۆتۆنەکان بۆ وزەی پێویست تاوبدات کە بە بەرکەوتن لەگەڵ ناوک پایۆن بەرهەم دەهێنن، واتە وەکو چۆن ئێستا دەزانین تەنۆلکەیەکی سوکە و پێکهاتووە لەتاک کوارکێک و دژەکوارکێک. بەهەرحاڵ تیرەی مەشینەکە بەنزیکەیی ٥ مەترەو بۆ گەیشتن بە وزەی بەرزتر، وەکو ئەو وزەی کە بۆ بەرهەمهێنانی تەنۆلکە سەمەرەکان پێویستە، ئامێرێکی ناکردەکی بوو.

وێنەی ١١. تیرەی سیکلۆترۆنی سەرەکی لاورێنس تەنها ١٣ سانتی مەترە. بواری موگناتیسی کە تەنۆلکەکان لەسەر ڕێچکەیەکی بازنەیی ئاراستە دەکات، بە دوو کارۆموگناتیس فەراهەم دەبێت. ئەمە بوارێکی ستونی باکور-باشور لەسەر ڕێچکەی تەنۆلکەکان، کە لەسەر ڕووبەرێکی ئاسۆییە، دروست دەکات. ئەوان بەهۆی بوارێکی کارەباییەوە خێرا دەکرێن، کە بە پانتایی کەلەبەری نێوان دوو کانزا ناو بەتاڵە ڕوخسارDیەکە ئامادە دەکرێت. سەرچاوەیەکی رادیۆئاکتیڤ لەناوەند دا ئەم تەنۆلکانە فەراهەم دەکات. تەنۆلکەکان لەبواری موگناتیسی سیکلۆترۆنەکەدا لوول دەبن، بەلام لەگەل زیادبوونی وزەدا ئەوان کەمتر لول دەبن و بەشێوەی لوولێچ لە مەشینەکە دێنە دەرەوە.

ڕێگەچارەکە بریتیی بوو لەوەی کە توندی بواری موگناتیسییەکە، لەگەڵ ئەوەی تەنۆلکە دەسوڕێتەوەو وزە وەردەگرێت بە بەردەوامی بەرز بکرێتەوە، لە ئەنجامدا لەجیاتی ئەوەی بەشێوەی لوولپێچ بێتەدەرەوە لەسەر هەمان سوورگە دەمێنێتەوە. سەرەڕای ئەوە، تاک موگناتیسە زەبەلاحەکەی سایکلۆترۆنەکە دەکرێ بە هەڵقەیەکی شێوەی دۆنات (لولەکێکی هەڵقەکراو) لە موگنایسی بچووک شوێنگرەوە بکرێت، کە فۆرمی باوی تاودەرە هەڵقەییە مودێرنەکانە. تەنۆلکەکان بە لولەکێکی بازنەیی کە لەناو باوەشی موگناتیسەکاندا ڕاگیراوە گەشت دەکەن. ئەوان لە هەر سوڕێک بەهۆی ڤۆڵتییەیی گۆڕاوی لەرەلەر گۆڕاوەوە کە لە یەک یان زیاتر لە یەک شوێن لەدەوری هەڵقەکەدا دانراون تاودەگرن و بەزیادبوونی بەردەوامی توندی بواری موگناتیسی، لەسەر ڕێچکەی بازنەیی خۆیان لەناو لولەکەدا بەردەوام دەبن. بە مەشینێکی لەوجۆرە دەگوترێت سنکرۆترۆن(synchrotron) و ئێستاش بنچینەی تاودەرە زەبەلاحە نوێیەکانە. یەکەم سنکرۆترۆنی گەورە لە بروکهاڤێن لە ئەمریکا و لە سێرن لە جێنیڤ بە وزەی تاوەکو ٣٠GeV لە ساڵی ١٩٦٠ دامەزرا.لە دەیەی ١٩٦٠ەکاندا ئایدیای کوارکەکان هاتە ئاراوە و لەگەڵ ئەو تەنگەژەدا بەرەوڕووبوون کە وزەی سەروGeV ١٠٠ پێویستە بۆ ئەوەی کوارکەکان لە پرۆتۆنەکان بهێننە دەرەوە.

پێشکەوتن لە تەکنەلۆژیا بوو بەهۆی داهێنانی موگناتیسی زۆر بەهێزتر لە تاقیگەی فێرمی لەنزیکی شیکاگۆ لە ئەمریکا و لە سێرن لەساڵانی ناوەڕاستی دەیەی ١٩٧٠و بەدانانیان لە ناو هەڵقەیەک بە تیرەی گەورەتر لە یەک کیلۆمەتر پرۆتۆنەکان گەیشتن بە وزەی GeV٥٠٠. لەساڵانی ١٩٨٠ تاقیگەی فێرمی

گەیشــت بە GeV۱۰۰۰ واتە TeV۱ و نــاوی نــرا تیڤــاترۆن(Tevatron). لە ئیمـــــــڕۆدا بەرێـــــــگەی موگناتیســــــە بەرزەگەیەنەرەکان(Superconducting magnet) تەنانەت بە بـواری زۆر بەهێزتـر گەیشـتووین. لە تـاقیگەی فێرمـی لەپاڵ تیڤــاترۆنەکەدا هەڵقەیەکــی بچــووکیش هەیە کە ناســراوە بە ئەنجێکـــــتەری (injector) ســــــەرەکی. یەکێـــــک لە ئەرکە ســـەرەکییەکانی ئەنجەکـــتەر ئاراســـتەکردنی پرۆتۆنەکـــانە بە خێرایـــی ســـــەرو GeV۱۲۰ بەرەو ئامانجەکـــان بـــۆ ئەوەی گوررزەی دووەمـی تەنۆلکەکان بۆ تـاقیکردنەوە دروست ببێت. پرۆتۆنە دەسکەوتووەکان بۆ دروستکردنی لێشـاوێک لە پـایۆن و کـــائۆن بەئامـــانجگەلێکی وەکـــو کـــاربۆن و بیریلیۆمـــــدا دەکێشرێن.

پایۆنەکان هەڵدەوشن و گوررزەی نیوترینۆ دروست دەکەن، لەکاتێکدا کائۆنەکان دەکرێ جیابکرێنەوە و گوررزەی کائۆنیـان بـۆ تـاقیکردنەوە لـێ دروسـتبکرێت. تەنـۆلکە جیاوازەکـان بە سـیفەتی جیـاوازەوە دەکـرێ بـۆ پشـکنینی لایەنە جیاوازەکـانی ئامـانجەکە بەکـاربهێنرێن بـۆ ئەوەی وێنەیەکـی دەوڵەمەنـدتر لە پێکهاتەکەی دروست بکەن.

وێنەی ١٢. کۆسمۆترۆن لە تاقیگەی نیشتیمانی بروکهاڤێن، یەکەم سینکرۆترۆنی پرۆتۆن بوو کە لەساڵی ١٩٥٢ کەوتەکار بۆ تاودانی پرۆتۆنەکان بۆ وزەی $3GeV$. ھەڵقەی موگناتیسەکە دابەش دەبێت بۆ چوار بەش (دەرەکی ترین بەشی لێرەدا بە ڕوونی دیارە) ھەرکامیان ھەڵگری ٧٢ بلۆکی پۆلایینە بەنزیکەیی $2.5m \times 2.5m$ بەجیاوازی $30cm \times 10cm$وە بۆ ئەوەی گورەزەکان لێیانەوە تێپەڕن. مەشینەکە تاوەکو ساڵی ١٩٦٦ لەکاردا بوو.

ئەنجەکتەری سەرەکی ھەروەھا پرۆتۆنەGeV ١٢٠ ەکان بەرەو ئامانجێکی نیکلی تایبەتی ئاراستە دەکات، بە وزەیەک کە بەسە بۆ ئەوەی پرۆتۆن و دژەپرۆتۆن بەرھەم بێن. ئەویش بەنرخی ٢٠٠ ملیارد دژەپرۆتۆن لە کاتژمێرێکدا. دژەپرۆتۆنەکان، واتە ڤێرژەنی دژەمادەی پرۆتۆن، بارگەکەیان لە جیاتی پۆزەتیڤ نێگەتیڤە. ئەمە واتای ئەوەیە ئەوان دەتوانن لەھەمانکاتدا و بەھەمان خێرایی پرۆتۆنەکان لە دەوری بەرزە گەیەنەرەکانی تیڤاترۆن بجوڵێنن، بەڵام لە ئاڕاستەی دژ. ھەرکاتێک کە تەنۆلکەکان وزەکەیان بۆ GeV١٠٠٠ یان

TeV۱، دوو گـــوورزەی تەنـــۆلکە بەشـــێوەی ڕوودەرڕوو دەکێشرێن بەیەکدا- و تیڤاترۆن دەگات بە ئامانجە کۆتاییەکەی خۆی: بەیەکدا کێشانی پرۆتۆن و دژەپرۆتۆنەکان لەو وزانەدا جارێکی تر بارودۆخی گەردوون لەکاتێکدا کە تەنها تەمەنی یەک تریلیۆنۆمی چرکە بووە دروست دەکاتەوە.

لە سێرن هەڵقەیەکی ۲۷ کیلۆمەتری لە موگناتیسەکان، لە پێکدادەری گەورەی هاردرۆنی(LHC) پرۆتۆنەکان بە وزەی TeV۷ دەگەیەنێت، بۆ ئەوەی تاقیکردنەوەکەی ساڵی ۲۰۰۷ دەستپێبکات. موگناتیسە تایبەتەکان دەکرێ دوو گوورزەی پرۆتۆنەکان، یان ناوکە ئەتۆمییەکان، کە ئاراستەی سوڕانەوەیان دژبەیەکە ئاراستە بکات بۆ ئەوەی ڕوودەرڕوو بکەون لەیەکتر. ئەمە لوتکەی تەکنەلۆژیایی بەرکەوتنی گورزەکانە کە بووبە ستراتیژیی سەرەکی فیزیای وزەبەرزەکان لەساڵانی کۆتایی سەدەی بیستەمدا.

تاودەری هێڵەکی

تاودەری هێڵەکی ستانفۆرد درێژترین تاودری هێڵەکی جیهانە. دەتوانێ ئەلیکترۆن بۆ GeV۵۰ لە تەنها ۳ کیلۆمەتردا تاو بدات، لە کاتێکدا لەLEP، کە تاودەرێکی بازنەییە دەگات بە GeV۱۰۰ بەلام هەڵقەکەی دەبێت ۲۷ کیلۆمەتر چێوەکەی بێت. هۆی ئەم جیاوازییە چییە و چۆن بریار دەدرێت کە ئایا تاودەری بازنەیی دروستبکرێت یان هێڵەکی؟

سینکرۆترۆنە ئەلیکترۆنییەکان جیا لەوەی بە باشی کاردەکەن کێشەیەکی بنەڕەتییان هەیە: ئەلیکترۆنەکان بە وزەی بەرزەوە کاتێک لەسەر ڕێچکەی بازنەیی دەجووڵن تیشکدەدەنەوە.

ئەم تیشکە- کە ناسراوە بە تیشکی سینکرۆترۆن- هەرچی نیوەتیرەی ڕێچکەکە گەورەتر بێت و هەرچی وزەی تەنۆلکە زۆرتر بێت گەورەترە. پرۆتۆنەکانیش تیشکی سنکرۆترۆن دەدەنەوە، بەڵام چونکە ٢٠٠٠ جار گەورەترن لە ئەلیکترۆن، پێشئەوەی بڕی وزەی لە کیسچوو زۆر بەرچاو بێت دەکرێ بە وزەی بەرزتر بگەن.

وێنەی ١٣. دیمەنێک لەناو تونێلە ٢٧ کیلۆمەتر (١٧ مایلی)یەکەی پێکدادەری گەورەی ئەلیکترۆن-پۆزیترۆن لە سێرن کە لە ١٩٨٩ بۆ ٢٠٠٠ لەکاردا بوو. ئەلیکترۆن و پۆزیترۆنەکان لەئاراستەی دژدا و لەناو لولەکی گورزەدا بەرێگەی سەدان موگناتیسی چەمێنەری قاوەیی و سپی (دوو جەمسەری) و موگناتیسی چرکەرەوەی شین (چوارجەمسەری) دەجوولێنران. لەسەرەتادا *LEP* گورزەکانی بۆ وزەی بەرکەوتنی ٩٠*GeV* تاودەدا، بەڵام لەکاتی کوژاندنەوەی کۆتاییدا لە ئۆکتۆبەری ٢٠٠٠ گەیشتبوو بە سەرو ٢٠٠*GeV*.

وێنەی ١٤.تاودەری هێڵەکی ٣ کیلۆمەتر (٢ مایل)ی لە ناوەندی تاودەری هێڵەکی ستانفۆرد(*SLAC*). ئەلیکترۆنەکان لە تفەنگێکی تــاودەرە دەســـتپێدەکەن، لەوێ ئەوان لە فیلامێنتێکـــی گەرمەوە، لەکۆتایی مەشینەکە لە بنی چەپی وێنەکە بەرەڵا دەبن. ئەلیکترۆنەکان لە ئاڕاستەی شـەپۆلە ڕادیۆییەکـان جێگیـر لە زنجیرەیەکی ١٠٠٠٠٠ کـاڤیتی مسـی لـولەکی، تیرەکەی ١٢ سـانتی مەتـرە شـەپۆل دەدەن. مەشینەکە بەهەموو درێژیی خۆی هـاوڕێکییەکەی ٠.٥ میلی مەترە و لەناو تونێلێکدا لە ٨ مەتری ژێر زەوی دانراوە. بیناکانی سـەرەوە کە هێڵی تاودەرەکە پیشـان دەدا هەلگری کلی ستۆرنە(*klystom*)کانە کە شەپۆلە ڕادیۆییەکان ئامادە دەکەن.

بەڵام تەنـانەت لە تەنهـا چەنـد GeV دا، ئەو ئەلیکترۆنـانەی کە لەناو سینکرۆترۆندا خول دەخۆن، بڕێکـی زۆری دەدەنەوە، کە دەبێـت بە پەمپکردنـی وزەی زیـاتر بەڕێـگەی شـــەپۆلە ڕادیۆییەکـانی نـاو کەڤیتییەکـانی(cavity) تـاودان قەرەبـوو بکـرێتەوە. هەر ئەمە بـوو هۆکـارەکەی تـاوەکو ئەم دواییـانە

تاودەرەکـانی ئەلیکتـرۆن بـۆ وزەی بەرز بەشـێوەی هێلەکـی بـوون. لەڕاسـتیدا ئەلیکترۆنەکـان تەنهـا بـۆ هەنـدێک ئەنجـامی تایبەتی لەنـاو مەشینە بەخولەکان وزەکەیـان بەرز دەکرایەوە. بەتـایبەتی، بەرکەوتـنە ڕودەرڕووەکـان چوسـتییەکەیان زۆر زیـاترە لەکاتێـک لەئامـانجێکی وەسـتاو دەدرێـن. دووەمـین ئەنجامی باشە بریتی بوو لە توانـایی پشکنین بەو ڕێگانەی کە ئەگەر وانەبـوایە نـامومکین دەبـوو، بۆ نمـوونە لە LEP دا کە ئەلیکترۆن و پۆزیترۆنەکان پێکەوە هەڵدەوەشێن سوڕانەوە لە شێوەی دژی گورزەکان تاکە ڕێگەی کاریگەرە بۆ گەیشتن بە توونـدی پێویسـت.LEP مەشـینێکی بەخـول لەنـاو تونێلێـک بە درێژیـی ٢٧ کیلـۆمەتردا بـوو. ئەمە پێشـاندەری کێشـەکان بـوو لەکـارکردن لەگەڵ ئەلیکتـرۆن و پـۆزیترۆنە سـوکەکان کە بەشـێوەی بەخـول گەشـت دەکەن، هەربـۆیە وەهـا مەودایەک پێویستە بۆ ئەوەی بگەیەنرێن بە وزەی Gev١٠٠ بەبێئەوەی وزەی زۆر بەهۆی تیشکدانەوەوە لەکیس بچێت. بۆ گەیشتن بەوزەی چەند سەد GeV لە ڕێچکە بازنەییەکاندا پێویستیمان بە مەودای سـەدان کیلـۆمەترە کە لە چوارچێـوەی بـابەتەکەی ئێمەدا نییە. هەربەو هۆکـارەیە پێکـدادەری هێلەکـی بـۆ کـاتی دورودرێژ دادەڕێژرێن.

ئایـدیاکە بـریتییە لەوەی کە تـاودەرێکی هێڵەکیمـان بـۆ ئەلیکتـرۆن هەبێت و دانەیەکـی تـر بـۆ تـاودانی پـۆزیترۆن. بە تەکنەلۆژیـای نـوێ بـۆ تـاودان و درێژیـی چەنـدین کیلـۆمەتر، دەکرێ پێکدادان بە وزەی چەند سـەد GeV بێتە ئـاراوە. لەم

وزانەدا دەکرێ کوارک و دژەکوارک و لە ئەنجامدا بۆزۆنەکانی هیگز بەرهەم بێن (سەیری بەشی ١٠ بکە).

بۆ هەبوونی بەختێکی باش بۆ بەرکەوتنێک لە تاودەرێکی هێڵەکی، کە گوررزەکان تەنها یەکجار لەگەڵ یەکتر بەرەوڕوو دەبن، گوررزە بە توندی بەرزەوە پێویستە کە ئەستورییەکەیان تەنها چەند میکرۆنێک بێت($m\ 10^{-6}$). لەڕاستیدا زۆربەیان لەجیاتی ئەوەی لە ئامانج بدەن بە هەڵەدا دەچن. بەهۆی بارگە چونیەکەکانی ناو هەر گوررزەیەک یەکتری دووردەخەنەوە. دروستکردن و کۆنترۆڵی وەها گوررزەگەلێکی زۆر چڕ تەنگەژەیەکی تەکنەلۆژیاییە.

پێکدادەرەکان

لە تاودەرە بەهێڵەکاندا کە بەرەو ئامانجێکی وەستاو ئاراستە دەکرێن، پاشماوەکانی بەرکەوتن بەرەو پێشەوە دەچن، هەر وەکو چۆن کاتێک ئۆتۆمبیلێک دەکەوێت لە پاشی ئۆتۆمبیلێکی تر بەرەو پێشەوە دەچێت. کاتێک گوررزەیەک دەکەوێت لە ئامانجێکی وەستاو، وزە بەزەحمەت دەسکەوتووەکەی جووڵەی گوررزەکانی تەنۆلکە بەفراوانی دەگوازرێتەوە- بۆ جووڵەوزەی تەنۆلکەکانی ئامانجەکە- و بەشێوەیەکی کاریگەر لە کیس دەچێت. ئەگەر بتوانین تەنۆلکەکان ڕووبەڕوو بەیەکتردا بکێشین دەکرێ بەسەر ئەم کێشەدا زاڵ ببین و وزەکانیان بۆ کارلێکی نێوانیان بەکاربێت. لەبەرکەوتنێکی وەهادا ئەنجامی بەرکەوتنەکان لەهەموو ئاراستەیەکدا دەردەچن و وزەکە بەسەریاندا دابەش دەبێت- هیچ برێک لە ڕێکخستنێکی بەکۆمەڵی وەستاودا لەکیس ناچێت.

ئەم ئــارگیومێنتگەلە زۆر لە مێــژوو پــێش ســاڵانی ١٩٤٠ بەلای دروســتکەرانی تـاودەرەوە ڕوون بـوون، بەڵام ٢٠ سـاڵی خایاند تاوەکو پێکدادەرەکانی تەنۆلکە فۆرمی خۆیـان وەرگرن و ١٥ ساڵی تری ویست بەگشـتی ببن بەوەی ئێستا دەیـانبینن. کێشــەیەک بـریتییە لەوەی کە تەنۆلکەکـان حەزیـان لــێ نیـیە یەکتــری بپــێکن وتەنهــا لە ٣٠ ســاڵی ڕابــردوودا بــوو کە تەکنیکەکەی کەوتووەتە بەردەست.

ســەرەکیترین بەکارهێنـانی بریتـی بـووە لەوەی بەرکەوتنـی نێـــوان تەنـــۆلکە و دژەتەنـــۆلکە، بەزۆری پرۆتـــۆن و دژەپرۆتۆنەکـــان و ئەلیکتـــرۆن و پۆزیترۆنەکـــانی مـــومکین کــردووە. پرۆتۆنەکـــان بـــریتین لە بـــوخچەیەک لە کـــوارک و دژەپرۆتۆنەکـانیش هەر بەو شـێوە لە کـوارک پێکهـاتوون، بە بارسـتاییەک ٢٠٠٠ هێندەی ئەلیکترۆن، تیشـکی سـینکرۆترۆنی کەمتریـــان هەیە و هەروەهـــا پێکداکێشـــانەکەیان گەورەتـــرە. هەربـۆیە بـۆ گەیشــتن بە وزەیەک کە پێشــتر پشــکنینی بـۆ نەکراوە بەربژێری سـەرەکین. ئەمە لە سـاڵی ١٩٨٣ لە سـێرن، کاتێــک بەرکەوتنــی ڕووبەڕووی پرۆتــۆن و دژەپرۆتۆنەکــان ڕوویدا، هاتە ئاراوە، کە بووبە هـۆی دۆزینەوەی تەنۆلکەکانی $W^{\pm}$ و Z^0 ، واتە هەڵگرەکانی هێزی لاواز (سـەیری بەشـی ٧ بـکە). بەهەرحـاڵ بەرکەوتنەکـان دەبێـت بەهـۆی دروسـتبوونی دەرئەنجـــامی زۆر و دۆزیـــنەوەی Wیەکـــان و Z وەکـــو دۆزیـــنەوەی دەرزیـــیەکە لەنـــاو هەمبـــارێکی کـــادا. وزەی پرۆتۆنەکـان دابەشبـووە بەســەر کوارکەکانیـدا و ئەو ئەگەرە هەیە وزەی تـــاک کوارکێـــک لەگەڵ وزەی دژەکوارکێـک یەک

بگرێتەوە کە پێویستە بۆ دروستبوونی $W^{\pm}$ و Z^0 لەگەڵ ئەوەشدا بەختی بینینی ڕووداوی وا یەک لەناو یەک ملیۆن باری تایبەتی وێنە کۆوەکراوەکانی بەرکەوتنەکانە. تەنگەژەی دوایی دروستبوونی Z^0 ێک بوو، بەشێوەی ڕێکوپێک و بەبێ قەرەباڵغییەکی زۆر، ئەم کارە دەکرێ بەڕێکخستنی گورزەکانی ئەلیکترۆن و پۆزیترۆن بۆ وزەی پێویست ئەنجام بدرێت. ئەمە بوو بە هۆی دروستکردنی پێکدادەرە گەورەکەی ئەلیکترۆن پۆزیترۆن واتە LEP.

تەنگەژە تەکنیکییەکانی دروستکردنی تاقیکردنەوە بە وەها مەشینێک دەکرێ بە گەڕانەوە بۆ LEP ڕوونبکرێتەوە.

کاتێک لەسالانی ۱۹۹۰ LEP دەستی بەکارکرد، بوخچە شێوە دەرزییەکانی ئەلیکترۆن و پۆزیترۆن لەناو دڵی هەستەوەرەکەدا لە هەر ۲۲ میکرۆچرکەدا (۲۲ ملیۆنمی چرکەدا) لەیەکترەوە تێدەپەڕین. تەنانەت ئەگەر هەر بوخچەیەک هەڵگری بەنزیکەیی ملیۆن ملیۆن تەنۆلکە بێت، تەنۆلکەکان بەتەنکی بڵاودەبنەوە، هەر بۆیە کارلێک لەنێوانیاندا دەگمەن بوو. بەرکەوتنێکی سەرنجڕاکێش یان 'ڕووداو' تەنها لە نزیکەی ٤٠ جاردا کە بوخچەکان لەیەکەوە تێدەپەڕن ڕوودەدا. تەنگەژەکە بریتی بوو لە ناسینەوە و کۆکردنەوەی ڕووداوە سەرنجڕاکێشەکان و ون نەکردنیان لەکاتی تۆمارکردنی ژمارەیەکی زۆر لەبەرکەوتنە ئاساییەکان. ئامێرەکەی تۆمارکردنی ئەلیکترۆنی بە یەکەمین نیشانەکانی بەرکەوتنێک بەخێرایی و لەماوەی ۱۰ میکرۆچرکە، وەڵام دەدەنەوە کە ئایا شتێکی سەرنجڕاکێش ڕوویداوە یا نا. ئەگەر

وەهـــا بێــت، پرۆســـەی خوێنــدنەوە و لێکــدانی زانیــاری لە پارچەکانی هەستەوەرەوە دەستپێدەکات و شاشـەیەک لەسـەر کۆمپیوتەرێک دووبارە شێوازی ڕێچکەی تەنۆلکەکانی دروست دەکــردەوە و پیشــانی دەدا لەنــاو هەســتەوەرەکەدا وزەکە لە کوێدا کەوتووە.

لەئێستا پێکدادەرگەلێکی گەورەی پرۆتۆن و تەنانەت ناوکی ئەتۆمی لە دروسـتکردندان بۆ ئەوەی جێگەی LEP بگرنەوە. ئەمە پێکــدادەری گەورەی هــادرۆنی(LHC)یە کە بڕیــارە لە ٢٠٠٧ دەســت بەکاربکــات. لێــرەدا پرۆتۆنەکــان بــۆ وزەی ٨ ملیــۆن ملیــۆن ئەلیکتــرۆن ڤۆڵــت (TeV٨) لە گــوررزەدا تــاو دەدرێت، هەربۆیە بە کۆی گشتی بە وزەی TeV١٦ بەریەکتر دەکەون. ئەمە بەنزیکەیـــی ١٠٠ جـــار گەورەتـــرە لە وزەی پێکدادەرەکانی LEP و بەنزیکەیی ١٠ جار گەورەترە لە وزەی بەرکەوتنەکانی پرۆتۆن-دژەپرۆتۆن لە تاقیگەی فێرمی.

لە هامبورگ پێکدادەرێکی ناهاوجێی تاقانە هەیە کە لەوێدا گورزەکانی پرۆتۆن دەکێشرێن بە گورزەیەک ئەلیکترۆن یان پرۆتــۆن. ئەنجــامی بەرکەوتنەکــان ئەو تواناییەمــان دەداتــێ تــاوەکو ڕیســـە و کوارکەکــانی لە مەودای 10^{-19} مەتـــردا پشکنینی بۆ بکرێت.

کارگەکان

پرســی ئــاڵۆزی جیــاوازی نێــوان مــادە و دژەمــادە لەم ســاڵانەی دواییــدا گرنگــی زۆری پێــدراوە. ئەمە بــوو بەهــۆی دروستبوونی حەزی زۆر بۆ سیفەتەکانی تەنۆلکە سـەمەرەکان و دژەتەنۆلکەکــان-کائۆنەکــان. لێــرەدا ناهــاوجێیەکی ورد هەیە، کە بەنزیکەیــی ٥٠ســاڵ لەوەو پێش دۆزرایەوە و هاوشـێوە بـن

(bottom) ییەکانیان کە لەواندا ناهاوجێیەکی گەورە پێشبینی کراوە. ئەمە بووە بەهۆی چەمکی کارگەکانی تەنۆلکە، کە لەودا توانایی بەرهەمهێنانی ژمارەیەکی زۆر لە کائۆنەکان یان مێزۆنەکانیB تێیدا مومکین دەبێت.

ئایدیاکە بریتییە لەوەی ئەلیکترۆن و پۆزیترۆنەکان لە وزەگەلێکی تایبەتدا بەریەک دەکەون و رێکخراون بۆ ئەوەی کائۆنەکان یان مێزۆنەکانی B بەرهەمبهێنن و لەچاو جۆرەکانی تری تەنۆلکە دەخرێنە پێشەوە. لە فراسکاتی(Frascati)، لە نزیکی رۆما(Rome)، دافنی(DAFNE) لێیە، کە بریتییە لە مەشینێکی بچووک لەناو ژوورێکدا کە تۆزێک گەورەترە لە سالۆنێکی وەرزش. ئەلیکترۆن و پۆزیترۆنەکانی لە وزەی گشتی ١GeV دا هەڵدەوەشێن، کە زۆر گونجاوە بۆ دروستبوونی کائۆن.

کارگەیەکی B لە وزەی گشتی نزیک بە ١٠GeVدا بەرکەوتنی ئەلیکترۆن-پۆزیترۆن دروست دەکات و بەجۆرێک پێشخراوە تاوەکو مێزۆنەکانی B و دژەتەنۆلکەکانیان ($\underline{B}$ بە باربی دەخوێنرێتەوە) دروستبکەن. بۆ پێشبڕکێ لەم ئالنگارییەدا دوو مەشین لەسالانی ١٩٩٠ دروستکرا- ٢PEP لە ستانفۆردی کالیفۆرنیاو KEKB لە تاقیگەی KEK لە ژاپۆن. کارگەکانی B بەشێوەیەکی سەرنجراکێش جیاوازن لە پێکدادەرەکانی پێشووی ئەلیکترۆن-پۆزیترۆن. لەبەرکەوتنێکی ستاندەری ئەلیکترۆن-پۆزیترۆن، گورزەکان لە ئاراستەی پێچەوانە و بەهەمان خێرایی دەجووڵێن، بەشێوەیەک کاتێک تەنۆلکەکان جووڵەکەیان لە کیس دەچێت بەوردی دەسڕێنەوە. کاتێک ئەلیکترۆن و پۆزیترۆنەکان بە دووبەدوو دەسڕێنەوە، تەقینەوە دروست دەبێت و تەنۆلکەکانی مادە و دژمادە

لەهەمـــوو ئاڕاســـتەکاندا دەردەکەون. لە کارگەکـــانی Bدا گوررزەکـانی بەرکەوتـن بەخێرایـی جۆراجـۆر دەجـوولێن، هەر بۆیە تەقینەوەی دروستبوو خۆشی دەجوولێت.

بەهۆی ئەم بەرکەوتنە ناهاوجێیە، مـادە و دژە مـادەیەک کە دەردەکەون مەیلیان بەرەو دەرچوونە لە ئاڕاستەی سـەرەتایی و بەخێرایی بەرزتـرەوە لە گوررزەی سـەرەتایی و هەروەهـا لە هەڵوەشـــانەوە لەکـــاتی وەســـتاندا. ئەمە نەتەنهـــا بینینـــی تەنۆلکەکان، بەڵکو بینینی وەچەکانیشی لەکاتی مردنیدا ئاسـانتر دەکات-ئەمە بەڕێگەی کاریگەریی ڕێژەیی تـایبەت (درێژبـوونی کات) دەکرێت کە واتای ئەوەیە تەنۆلکە ڕزگاربووەکـان کاتێک بەخێرایـی بەرز دەجـوولێن تەمەنیـان زیـاتر دەبێـت و زیـاتر گەشـت دەکەن (نـزیکەی ١ میلـی مەتـر). ئەمـانە فێڵ و تەکنیکی بنچینەیـین، چـونکە مێزۆنـی B لەدۆخـی وەسـتاودا، تەنهـا بـۆ مـاوەی یەک پیکـۆ چـرکە، واتە یەک لەسـەر ملیـۆن ملیـۆنمی چرکە دەژی و ئەمەش لە پەراوێزی کارەکەدا دەکرێ بپێورێت.

پلانگەلێک بۆ دروستکردنی کارگەکانی نیوترینۆ لە ئارادایە، شـــوێنێک کە توونـــدی ســـەرچاوەی نیوترینۆکـــان ئەو هەلە دەڕەخســـێنێت، تـــاوەکو لێکـــۆڵینەوە لەســـەر ئەم تەنـــۆلکە مەتەڵاویـانە بکرێـت. بارسـتاییەکە هێنـدە بچـووکە ناکرێـت بپێـورێن، بەڵام بەڕێـگەی پێـوانە ناڕاسـتەوخۆکان جیـاوازیی بارستاییەکە دەدۆزرێتەوە. تەنانەت ئەو ئەگەرە هەیە نیوترینۆ و دژەنیوترینۆکـان بگـۆڕێن بەیەکتـر، جـۆرێکی مـادە دەبـێ بەدژەمـــادە، کە دەکـــرێ هەڵگـــری دەرئەنجـــامی قـــووڵ لە تێگەیشـــتنمان ســـەبارەت بە ناهـــاوجێی بهێننەئـــاراوە. ئەم کاریگەرییانە دەکرێ لە کارگە گونجاوەکانی نیوترینۆ بپوێرێت.

لەکۆتاییدا، دۆزینەوەی پێشبینی کراوی بۆزۆنی هیگز لە دواتردا لە کۆتایی ئەم دەیە لەناو پاشماوەی بەرهەمهاتوو لە بەرکەوتنی پرۆتۆنەکان/ دژەپرۆتۆنەکان حەز بۆ دروستکردنی ژمارەیەکی زۆرتر لەوان لەبارودۆخی کۆنترۆڵکراودا هێناوەتە ئاراوە. بۆ ئەو مەبەستە، پلانەکە بریتییە لەوەی کە لە وزەی باشترینددا بەرکەوتنی ئەلیکترۆن- پۆزیترۆن ئەنجام بدرێت. لێرەوەیە چاوەڕێ دەکرێت بۆ ئەم چەند سەد GeV ە، تاودەری هێڵەکی پێویست بێت. هەربۆیە قسەی زۆر سەبارەت بە دوو تاودەری هێڵەکی دەکرێت، یەکێک بۆ ئەلیکترۆنەکان و یەکێکی تر بۆ پۆزیترۆنەکان، شانبەشانی یەک بۆ دروستکردنی بەرکەوتنی ڕوودەرڕووی گورزەکان. داهاتووی فیزیای ئەزموونیی وزەبەرز سەبارەت بە تاودەرەکان بەو شێوەیە لێرەدا باسکرا.

بەشی شەشەم
هەستەوەرەکان: کامێراکان و مەشینی کات

پێداچوونەوەیەک بە هەستەوەرەکانی یەک سەدەدا. ژوورەکانی بلق- ٥٠ ساڵ لەوەو پێش مەزن بوون، بەڵام ئامرازە ئەلیکترۆنییە نوێیەکان شتی زۆر زیاتر پێشکەش دەکەن. ژوورەکانی بریسکانەوە و نەوەکانی دواتریان. خلۆکەکانی سویسرا لە LEP. خەباتی هەستەوەرەکانی قەبارە کەشتی بۆ LHC. وێنەکان- چۆن ئەوان تەنۆلکە جیاوازەکان لەیەکتر جیادەکەنەوە و تواناییمان دەدەنێ پەیامی بەرکەوتنەکان بکەینەوە.

میتۆده سەرەتاییەکان

ڕێگەکـانی دەرخسـتنی تەنـۆلکە نـیمچە ئەتۆمییەکـان زۆر ئاشـناترن لەوەی خەڵـک تێـی گەیشـتوون. دەنگـی قرچەقرچـی ژمێرەیەکی گایگەر(Geiger counter) و ڕووناکی دەرچوو، کاتێک تەنۆلکە بـارگە کارەباییەکانی وەکو ئەلیکترۆن دەکەون لەو مادە تایبەتییانەی کە لەسـەر شاشـەی تەلەفزیـۆن وێنەمـان بۆ دروست دەکەن، دوو نموونەن.

ڕازێرفۆرد ناوکی ئەتۆمی بە ڕێگەی کاریگەریی گورزەکانی تەنۆلکەکانی ئەڵفا دۆزییەوە؛ ئەوان بەگۆشـەی گەورە پەرش و بڵاودەبـنەوە. ئەو بـۆ دەرخسـتنی ئەوان کاتێـک لە نـاوکی ئەتۆمەوە بڵاودەبنەوە لەمادەی بریسکاوی سوودی وەرگرت. ڕازێرفـۆرد و هاوڕێیەکـانی ناچـار بـوون چاویـان بەکراوەیـی بهێڵنەوە تـاوەکو بتـوانن بریسـکەکان ببیـنن؛ لەسـاڵانی ١٩٥٠دا ئـامێرە ئەلیکترۆنییەکـان بەشـێوەی ئۆتۆمـاتیکی پرۆسـەی بژاردنی بریسکەکانیان لە مادەی پلاستیکی بریسکاویی نوێوە دەکـرد. کاتێـک تەنـۆلکەیەکی بارگـاوی لەنـاو گـازێکەوە تێـدەپەڕێت، لە دوای خـۆی ڕێچـکەیەک ئەتـۆمی ئایۆنـایز بەجێدەهێڵێت. مەودایەکی بەرفراوان لە هەستەوەری تەنۆلکە، لە ژووری هەورەوە بگـرە بـۆ ژووری چەخماخەلێدانی وایەر، بەشێوەیەک بەندن لەسەر ئەم ڕێچکە بەئایۆن بووە.

بەڕێـگەیەک لەوجـۆرە نـزیکەی سـەدەیەک لەوەو پـێش، ڕازێرفـۆرد تـوانی ئەو تەنۆکـانەی ئەڵفـا دەربخـات کە هەر ساتێک دانەیەک لەوان لە ڕادیۆمەوە دەردەچوو.

سیفەتی سەرەکی بریتی بوو لەوەی، هەستەوەرەکە دەبوو ئەو برە بچووکەی بە ئـایۆن بـوونە، کە بەهـۆی تێپەڕینـی تـاکە تەنۆلکەیەکی ئەڵفاوە دروست دەبوو زۆر گەورە بکاتەوە. ئەو ئـامێرە پێکدەهات لە لـولەیەک لەکـانزای بـراس(brass)، کە بە

پەمپ پەستانەکەی بەڕێژەیەکی زۆر دادەبەزێنرا و تەلێکی تەنکیش بەناوەڕاستەکەیدا تێدەپەڕێ، وایەرەکە و لوولەکە ١٠٠ ڤۆڵت دەخرایە نێوانیان، کە بوارێکی کارەبایی دەخستە بەردەست. بەم ڕێکخستنە، کاتێک تەنۆلکە لەناوگازە نایابەکەوە تێدەپەڕێت، ئایۆنەکان دروست دەبن. ئەوان بەرەو وایەرەکە ڕادەکێشرێن و لەگەڵ خێراتربوونیان گازی زیاتر بە ئایۆنە دەکەن و کاریگەرییە سەرەتاییەکە بەهێزتر دەکەن. ئایۆنێک دەکرێ هەزاران ئایۆنیتر بەرهەم بهێنێت کە هەموویان لە وایەرە ناوەندییەکەدا کۆتاییان پێدێت و پرتەیەکی بارگەی کارەبایی بەڕادەی پێویست گەورە بەرهەم دەهێنن کە دەکرێ بەهەستەوەرێکی کارەباپێو(Electrometer)ی بەستراوە بە وایەرەکە هەستی پێبکرێت.

لە "ژمێرە گایگەر"ە مودێرنەکان بواری کارەبایی لە وایەرەکەدا هێندە بەرزە کە ئەلیکترۆنێکی تەنها لە هەر شوێنێک لەناو ژمێرەکە دەکرێ تاڤگەیەک لە بەئایۆنیزە بوون ڕێکبخات، بەم شێوە تەنانەت بچووکترین بڕی بە ئایۆن بوون سیگنالێک بەرهەم دەهێنێت.

هەرچەند ئەمە بوونی تیشک دەردەخات، بەڵام زۆر دوورە لەو شتەی کە پێویستە بۆ دەرخستنی تەنۆلکەکان لە تاقیکردنەوەکانی وزە بەرزەکان. ئەوان دەبەسترێنەوە بە هەستەوەرەکانی ترەوە. بۆ ئەوەی بزانی ئەمە چۆن ڕوودەدا، بەسوودە بزانی چۆن دەرخستن پەرەیپێدرا.

یەکەم هەستەوەر کە توانای دەرخستنی ڕێچکەی تەنۆلکە بارگاوییەکانی هەبوو، بریتی بوو لە ژووری هەور (cloud chamber)، کە بریتییە لە ژوورێکی شوشەیی کە لەسەر پیستەن (piston)ێک جێگیرکراوە و ناوەکەی پڕە لە هەڵمی ئاو. کاتێک بە خێرایی پیستەنەکە ڕادەکێشی، ئەم کشانە خێرایە گازەکە سارد دەکاتەوە و تەمێک لە کەشە سارد و تەڕەکەدا

دروست دەبێت. کاتێک تەنۆلکەکانی ئەڵفا و بێتا کە لە مادەی ڕادیۆئاکتیڤەوە دێن، لێوەی تێدەپەڕن، ئەتۆمەکانی ناو هەڵمەکە دەکەن بەئایۆنە و دڵۆپەکانی هەور بەشێوەی کاتی لەدەوری ڕێچکەکە دروست دەبن. کاتێک ڕووناک دەکرێنەوە، دڵۆپەکان وەکو تۆزی بەردەم تیشکی خۆر دەبینرێن.

ژووری هەور بۆ دەرخستنی تەنۆلکەکان لە گورزە گەردوونییەکان بەکاردەهات، کارایییەکەی بە بەستنەوەی بە ژمێرەری گایگەرەوە پێشخرا. ژمێرەریەکی گایگەر لەسەرەوەی ژووری هەور دابنێ و یەکێکی تر لە ژێرەوە، کەوابوو ئەگەر هەردوکیان هاوکات چەخماخەیان لێدا، بەئەگەری زۆری تیشکی گەردوونی لێیانەوە تێپەڕیوە و ئەمەش مانای ئەوەیە لە ژوورە هەورەکەشەوە تێپەڕیوە. بە بەستنەوەی ژمێرەرەکانی گایگەر بە میکانیزمێکی ڕێلەوە، ئەوکات پرتەی کارەبایی بەرهەمهاتوو لە بەتاڵبوونەوە هاوکاتەکانی چەخماخەی کشانی ژووری هەور و بریسکە ڕووناکییەکان ئەو هەلە دەرەخسێنن ڕێچکەکان لەسەر فیلم تۆمار بکرێت.

یەکەم نموونەی دژەتەنۆلکەیەک، واتە پۆزیترۆن و هەروەها تەنۆلکە سەمەرەکان (Strange particles)، لەناو تیشکی گەردوونیدا بەڕێگەی ژووری هەور دۆزرانەوە. بەهەرحاڵ بەکارهێنانی ئیمولوسیۆن (emulsions) جێگەی ئەم جۆرە تەکنیکانەی گرتەوە.

ئیمولوسیۆن

پلێتەکانی فۆتۆگرافی لەکارە هەرە سەرەتاییەکان سەبارەت بە ڕادیۆئاکتیڤیتی ڕۆڵی گرنگیان هەبوو؛ لەڕاستیدا بەهۆی تاریکبوونی ئەو پلێتانەوە بوو، کە هەردووی تیشکیX و ڕادیۆئاکتیڤیتی دۆزرانەوە.

لەسـالانی ١٩٤٠دا وێنەگریـی ئیمولوسـیۆنی بە کـوالیتی بەرزەوە هـاتە ئـاراوە. کاتێـک بەرێـگەی بـالۆن دەبـران بـۆ بەرزاییە هەرەبەرزەکان یەکەم وێنە جوانەکانی کارلێکی گورزە گەردوونییەکانیان بەرهەمهێنا.

بەتـایبەتی ئەم ئیمۆلوسـیۆنانە بە تەنـۆلکە وزە بەرزەکـان هەستیار بوون؛ ڕێک وەکو چۆن ڕووناکی بەهێز پلێتەکانی وێنەگەری تاریک دەکات، دەکرێ ڕێچکەی تەنۆلکەکان تۆمار بکات. دەکرێ ڕێچکەی تـاکە تەنـۆلکەیەک بەڕێـگەی هێڵێکی تاریـــک کە دروســـتی دەکـــات دەربخەیـــن، کە ئەمە لە ئیمۆلوســیۆنی پەرەپێـدراودا دروســت دەبێـت. تەنــۆلکەکە بەڕاســتی وێــنەی خــۆی دەگرێــت. کۆمەڵێــک لە پلێتەکــانی داپۆشراو بە ئیمۆلوسیۆن بۆ خڕکردنەوەی تەنۆلکەکان بەسـە؛ لەلایەکـی تـرەوە ژووری هەور بـریتییە لە ئـامێرێکی ئـالۆز، پێویستی بە ئامێری بەجووڵە هەیە، تاوەکو ژوورەکە بەردەوام بکشـێت و چـڕببێتەوە، کە دەبێـت بە ڕێگەیەکـی بەسـوود بـۆ دەرخەستن و تۆمارکردنی ڕێچکەی تەنۆلکە بارگاوییەکان.

ژووری بلق

کاتێک تاودەرەکـان تەنۆلکەی وزەبەرزیان بەرهەم دەهێنا، تەنــگەژەی نــوێ بــۆ دەرخەســتنیان هــاتە ئــاراوە. تەنــۆلکە وزەدارەکــان لەنــاو ژووری هەورەوە بەبــێ کارلێــک، لەگەڵ ئەتۆمی گازە تەنکەکانی ناو ژوورەکەوە، تێدەپەڕین. بۆ نموونە بــۆ تۆمــارکردنی هەمــوو ژیــانی تەنــۆلکەیەکی ســەمەرە، لە دروســتبوونییەوە تــاوەکو هەڵوەشــانەوە، لە وزەی بەنزیکەیـی چەند GeV یک، پێویستیت بە ژوورێکی هەورە بەدرێژی ١٠٠ مەتر! لەلایەکی تـرەوە، ژوورە هەورەکـان هێواشـن: سـووڕی پەستاندنی دووبارە دەکرێ یەک خولەکی پێ بچێت؛ لەسـالانی ١٩٥٠ تاودەرەکـانی تەنـۆلکە لە هەر دوو چـرکەدا پرتەیەکـی

پرۆتۆنیان بەڕێ دەکرد. گازەکان بۆ ئەو مەبەستە زۆر تەنک بوون، لەکاتێکدا شلەکان باشتربوون، چونکە چڕی زۆرتری ئەوان واتاکەی ئەوەیە ژمارەی ناوکەکانیان زۆرترە، کە ئەو تەنۆلکانەی وزەیان بەرزترە دەکرێ کارلێکیان لەگەڵی هەبێت. ئەمە دەمانباتە بەرەو ژووری بڵق(bubble chamber). ئایدیای بنچینەیی لەوێوە پەرەی پێدەدرێت کە تۆ شلەیەک لە خاڵێکی زۆر نزیک لەخاڵی کوڵاندا بخەیتە ژێر پەستانەوە. ئەگەر لەم بارودۆخەدا پەستان دابەزینی، شلەکە دەستدەکات بە کوڵان، بەڵام ئەگەر بەشێوەی لەپڕ پەستان دابەزینی، شلەکە بەشێوەی شلە دەمێنێتەوە تەنانەت ئەگەر شلەکە لەسەرەوەی خاڵی کوڵاندا بێت. ئەم دۆخە ناسراوە بە شلەی بەرزەگەرم (superheated liquid') هەربۆیە ناهاسەنگ و لەرزۆکە، ئەمە تەنها کاتێک بەردەوام دەبێت کە هیچ پشێوییەک لە شلەکەدا ڕوونەدات. پەستانەکە لابەرە و لەدواییدا بەخێرایی بیکەرەوە بەخۆی. تەنۆلکەکان کە لەماوەی ساتە قەیرانییەکەی پەستانی نزم دێنە ناو شلەکەوە، پشێوییەک دروست دەکەن کە پرۆسەی کوڵان دەخاتە کار، هاوکات ئەتۆمەکانی شلە بەدرێژیی ڕێچکەکەیان دەکەن بە ئایۆن. لەکەرتێک لە چرکەدا، ڕێچکەیەک لە بڵق لەو شوێنەی تەنۆلکەکە پێیدا تێپەڕیوە دروست دەبێت، کە دەکرێ وێنەکەی تۆمار بکرێت. بەخێرایی وەکو خۆی لێکردنی پەستان واتای ئەوەیە شلەکە جارێکی تر چووەتەوە ژێر خاڵی کوڵان و هەموو پرۆسەکە دەکرێ بەخێرایی دووبارە ببێتەوە.

کرداری ژووری بڵق لە نزیکەوە گرێدراوە بە سووڕی کرداری ئەو تاودەرەی خۆراکی دەداتێ. تەنۆلکەکان کاتێک دێنەناو ژوورەکەوە کە پیستنەکە بەتەواوەتی کێشراوەتە خوارەوەوە و پەستانەکە کەمترینە و شلەکەش بەرزەگەرمە.

وێنەی ١٥. تیشکی گەردوونی یەکەم ئاماژەکانی بۆ تەنۆلکە نیمچە ئەتۆمییە نوێیەکان خستە بەردەست فیزیاییەکان، کە دواتر بەوردی لەتاوەرەکاندا لێکۆڵینەوەی لەسەر کرا. پۆزیترۆنەکان، موئونەکان، پایۆنەکان و کائۆنەکان هەموویان لەم وێنەدا کە لە ژوورێکی بڵقی دوو مەتری لە تاقیگەی سێرن تۆمارکراوە دەبینرێن.

بەنزیکەیی یەک میلی چرکە دواتر، چەخماخە کەوانێک لە ڕووناکی، ڕێچکەی تەنۆلکە بارگاوییەکان کە لە بڵقەکانەوە تێپەڕیون ڕوون دەکاتەوە. دواکەوتنی نێوان پەستانی کەمترین و فلاشەکە ئەو هەلە دەرەخسێنێت بڵقەکان بەڕادەی پێویست گەورە ببنەوە، تاوەکو لە وێنەکەدا دەربکەون. لە هەمانکاتدا، کە پیستنەکە لەناو ژوورەکەدا بەرەودواوە دەجووڵێت، پەستان دووبارە بەرز دەبێتەوە و فیلمی ناو کامێراکە بە ئۆتۆماتیکی

دەچێت بۆ فڕینی دواتر. کەوابوو نزیکەی یەک چرکەی دەوێ بۆ ئەوەی ژوورەکە وەکو خۆی لێ بێتەوە و ئامادە ببێت بۆ کشانی دواتر. بەم شێوە ژووری بڵق پیشاندەدا کە تەنۆلکەکان لە کوێ بوون و دەکرێ ڕەفتاریان دواتر بەهێمنی لێکۆڵینەوەی لەسەر بکرێت.

لە بواری موگناتیسی دا، ڕێچکەی تەنۆڵکەیەک دەبێت بەچەماوە، ئاڕاستەکەی پیشاندەدا بارگەکە نێگەتیڤە یان پۆزەتیڤە و نیوەتیرەی چەماوەکە تەوژمەکەی پیشاندەدا، هەر بۆیە دەتوانین بارگە و تەوژمی لێ هەڵێنجێنین؛ ئەگەر تۆ خێرایی و تەوژمی تەنۆلکەیەک بزانی، دەتوانی بارستاییەکەی واتە پێناسەکەی هەژمارد بکەیت.

لە یەکێک لە میتۆدەکانی دیاریکردنی خێرایی لە دوو ژمێرەری بژاردنی بریسکانەوە سوودیان وەرگرت، کە هەموو جارێ کە تەنۆلکەی بارگاوی تێدەپەڕێت، بریسکەیەکی ڕووناکی دروست دەکات. هەر بریسکانەوەیەکی ڕووناکی دەگۆڕێت بۆ پرتەیەکی کارەبایی کە پاشان بەهێز دەکرێت و دەبێت بە نیشانە (سیگناڵ)ی کارەبایی. بەم ڕێگە دوو یان زیاتر ژمێرەری بریسکانەوە دەکرێ ڕێچکەی فڕینی تەنۆلکەیەک کاتێک هەرکام لەوان جەخماخەیەک لە هەر کام ژمێرەرەکاندا بەرهەم دەهێنن، بەرهەم بهێنێت. بەپێی ئەو کاتەی کە دەبیات تاوەکو تەنۆلکەیەک لە نێوان دوو ژمێرەرەکەدا بفڕێت، خێرایی تەنۆلکەکە دەکرێ دیاری بکرێت.

بەهەرحاڵ، ئەم تەکنیکە یارمەتی چارەسەری مەتەڵی شوناس لە باری وێنەیەکی ژووری بڵق ناکات. زۆربەی کات تاکە ڕێگە بریتی بووە لە پێدانی شوناس بە ڕێچکە جیاوازەکان و لەدواییدا وزە و تەوژمی هەموو تەنۆلکەکان کە لە کارلێکەکە دەردەکەون هەژمارد بکرێت. ئەگەر ئەوان بەها ناسراوەکانی پێشوویان هاوسەنگ نەبێت، شوناسە گریمانەکراوەکان دەبێت

هەڵە بێت و ئەوانیتر دەبێت هەڵسەنگاندنی بۆ بکرێت، تاوەکو لەکۆتاییدا وێنەیەکی گونجاو دەدۆزرێتەوە. ئەمە کاتبەر بوو، بەڵام دۆخە هونەرییەکە هی دەوروبەری ساڵانی ١٩٦٠ە.

وێنەی ١٦.ڕێچکەی ژمارەیەکی زۆر تەنۆلکە لەم وێنەی تاقیکردنەوەی ٣٥NA لە سێرنی جنێڤ کراوە بە شیاو بۆ بینین. تەنۆلکەکان لە بەرکەوتنی ئاینۆنێکی ئۆکسیجین لەگەڵ ناوکێکی ئەتۆمی قورقوشمی بە ئامانج گیراو لە لێواری خوارەوەی وێنەکەوە دەردەچن. هێڵە تەنکە ڕووناکەکان پیشاندەری ڕێچکەکانیانە کاتێک لە ناوچەی کاریگەریی بوارێکی موگناتیسی تێدەپەڕن، تەنۆلکە بارگە پۆزەتیڤەکان بەلایەکدا دەڕۆن و نێگەتیڤەکان بە لایەکی تردا. زۆرترینی تەنۆلکەکان زۆر پڕوزەن، بۆیە ڕێچکەکانیان تۆزێک دەچەمێتەوە، بەڵام لانیکەم تەنۆلکەیەک، وزەکەی زۆر کەمە و چەندینجار لەناو هەستەوەرەکەدا سووڕاوەتەوە و ڕێکەی لەشێوەی قاوخی هێلکەشەیتانۆکە دروستکردووە.

ناسینەوەی تەنۆلکەکان بەڕێگەی ئەم هەژماردکردنانەی ئەزموون و هەڵە جۆرێک کاری دووپاتکردنەوەی بەردەوامە، کە بە کۆمپیوتەر باشتر دەکرێت و لە ئیمڕۆدا ژوورەکانی بڵق بە هەستەوەرە ئەلیکترۆنییەکان بەستراونەتەوە کە ئەو توانایییەیان دەداتێ باشتر شیکاری کۆمپیوتەریان پێ بکرێت.

لە ژووری بلقەوە بۆ ژووری چەخماخە

ژوورێکی بڵق دەکرێ وێنەیەکی تەواو لە کارلێکێک بخاتە بەردەست، بەڵام هێشتا سنووردارییەتی هەیە. ئەوان تەنها کاتێک هەستیار دەبن کە ناوەڕۆکەکەی لە دۆخی بەرزەگەرمدا بێت، ئەویش دوای کشانێکی خێرا دێتە ئاراوە. تەنۆلکەکان دەبێت لەماوەیەکی زۆر کورتی چەند میلی چرکەیی، پێشئەوەی پەستانەکە جارێکی تر بۆ جەماندنی گەشەی بڵقەکان بەکاربهێنرێتەوە، بێنە ناو ژوورەکەوە. لێکۆڵینەوە لە ژمارەیەکی زۆر کارلێکی دەگمەن پێویستی بە تەکنیکی کارامەی زیاترە. لەساڵانی ١٩٦٠ەکاندا بەشێوەیەکی ئایدیاڵ گونجاو بوونی خۆی سەلماند.

بنچینەی ژووری چەخماخە بریتییە لە ڕووبەرە هاوڕێکە کانزاییەکان کە بە جیاوازی چەند میلی مەتر لە یەکترەوە جێگیرن و لەناو گازی بێکارگەریی (کەمتر کارلێککەر) دان، وەکو گازی نیئۆن. کاتێک تەنۆلکەیەکی بارگاوی لە ژوورەکەوە تێدەپەڕێت، وەکو ژووری هەور ڕێچکەیەکی ئایۆن لە دوای خۆی لەناو گازەکەدا بەجێدەهێڵێت. هەرکاتێک تەنۆلکەکە لەو ناوەوە تێدەپەڕێت بەشێوەیی جێگۆڕکێ ڤۆڵتییەیەکی بەرز دەخرێتە سەر پلێتەکانی ناو ژووری چەخماخەکە. بەهۆی

فشاری بواری کارەباییەوە، جەخماخەکان بەدرێژیی ڕێچکەی بەئایۆن بوونەکە دروست دەبن. پرۆسەکە وەکو پرۆسەی ناو تۆفانێکی کارەبایی وایە. ڕێچکەی چەخماخەکان دەکرێ وێنەیان تۆمار بکرێت یان تەنانەت دەکرێ شوێنەکانیان بە ڕێکخستنی دەنگی چرکەکانیان بەپێی کات و بەڕێگەی مایکرۆفۆنی ئەلیکترۆنی تۆمار بکرێت. بەهەرحاڵ وێنەیەک لە ڕێچکەی تەنۆلکە دەکرێ بۆ شیکاری کۆمپیوتەری لە دواتردا دروستبکرێت.

جوانی ژووری چەخماخە لەوەدایە کە هەڵگری یادگە(memory)یە و دەکرێ بەکاربهێنرێت. ژمێرەرەکانی بژاردنی بریسکانەوە کە لە دەرەوەی ژوورەکە دانراون و بەخێرایی وەڵام دەدەنەوە، دەکرێ بۆ دەستنیشانکردنی تەنۆلکە بارگاوییە تێپەڕیوەکان لە ژوورەکەوە سوودی لێ ببینرێت. لەکاتێکدا هەموو ئەمانە لەماوەی یەک لەسەر دەی میکرۆچرکەدا ڕوودەدا، ئایۆنەکانی ناو کەلەبەرەکانی ژووری چەخماخە هەر لەوێ دەبن و پرتەکانی ڤۆڵتییەیی بەرز ڕێچکەکان دەردەخات.

وێنەی١٧. وێنەیەک لە یەکەم بینینی تەنۆلکەی *W*- تەنۆلکەیەکی بارگــاوی کە هەڵگــری هێــزی لاوازە(*weak force*)، کە لە هەستەوەری *UA*١ لە *CERN* لە ساڵی ١٩٨٢دا تۆمارکراوە.

*UA*١ بەرکەوتنــی ڕوودەرڕووی پرۆتــۆن و دژەپرۆتۆنەکــان دەردەخســت، کە لەم بینینەدا لەچەپ و ڕاســتەوە دێنە ناوەڕاستی هەســتەوەرەکە و بەریەک دەکەون. شاشــەی کۆمپیــوتەرەکە، بەشــی ناوەندی ئامێرەکە پیشان دەدا، کە ڕێچکەی تەنۆلکە بارگاوییەکان بە هەزاران وایەر دەردەخــات. هەرخاڵێــک لە وێــنەکەدا گرێــدراوە بە وایەرەکەیەوە کە پرتەیەکــی بەئــایۆنی بــوو تۆمــار دەکــات. لەنــاو ژمــــارەی زۆر ٦٥ ڕێچـــکەی بەرهەمهـــاتوو تەنهـــا یەکێکیـــان هەڵوەشــانەوەی *W* پیشــاندەدا، کە بەشــێوەیەکی خێرا لەبەرکەوتنــی پرۆتــۆن و دژەپرۆتــۆن دروســت دەبێــت. ڕێچــکەکە بەهــۆی بــوونی ئەلیکترۆنێکەوە بەوزەی بەرزەوە دروستبووە. بەکۆکردنەوەی وزەی هەمــوو تەنۆلکەکــانی تــر دەردەکەوێــت وزەیەکــی تــارادەیەک زۆر لە ئاراســتەی پــێچەوانەی ئەلیکتــرۆنەکە ونبــووە، لەوانەیە بەهــۆی نیوترینــۆیەکی کەســنەبینەوە بێــت. نیوترینــۆ و ئەلیکتــرۆن پــێکەوە هەڵگــری هاوتــای ئەو وزەیەن کە یەکســانە بە بارســتایی تەنــۆلکەی *W*ی کورت تەمەن.

پلێتەکـــانی ژووری چەخمـــاخە دابەش دەبـــن بە ڕووبەرە هاوڕێکەکانی هەڵگری وایەر، مەودای دوورییەکەیان لە یەکتر نـزیکەی میلـی مەتـرێکە. پـرتەی تەزووی پەیوەندیـدار بەهەر چەخمـاخەیەکەوە تەنهـا بەهـۆی وایەرێـک یـان دوانـی نزیـک لێوەی هەستی پێدەکرێت. بۆیە بە تۆمـارکردنی ئەو وایەرانەی هەست بە چەخماخەکان دەکەن، دەزانی لەو یەک میلی مەترەدا تەنـۆلکەیەک تێپەڕیـوە. سـەرنج بـدەن چـۆن ئەمە ئەو توانـاییە دەدا بە وایەرەکانی ژووری چەخماخە تاوەکو زانیاری بەرهەم بهێـنن، کە ئامــادەیە بـۆ کۆمپیــوتەر بگــوازرێتەوە، تــاوەکو پرۆسەی زیاتری لەسەر بکرێت.

ژوورەکانی چەخماخەی وایەری دەکرێ ١٠٠٠ جار خێراتر بێـت لە زۆرتریـنـی ژوورەکـانی هەڵـم و بەتـایبەتی بە باشـی لەگەڵ تەکنیکەکانی کۆمپیوتەردا بۆ تۆمارکردنی داتـا گونجـاوە، کە لەسالانی ١٩٦٠ دا پەرەپێدرا. سیگناڵەکانی ژمارەیەکی زۆر لە هەســــــتەوەرەکان- ژمێرەرەکـــــانی بریســــــکە، ژوورە وایەرییەکان- دەکرێ ببەسترێنەوە بە کۆمپیوتەرێکی بچووکی ئۆنلاینەوە، کە نە تەنهـا داتاکـان لەسـەر شـریتە موگناتیسـەکان بـۆ شـیکاری دواتـر بەشـێوەی ئۆفلاین تۆمـار دەکەن، بەڵکـو داتـــای بـــارخۆر (feed back) بـــۆ فیزیاییەکـــان لەو تـاقیکرنەوانەی لە پێشـکەوتندان دەخـاتە بەردەسـت. کـۆمەڵەی ژوورەکانی هەڵگری وایەر لە سێ ئاڕاستەی جیاوازدا زانیـاری پێویست بۆ وێنەی سێ ڕەهەندیی ڕێچکەی تەنۆلکەکە دەخـاتە بەردەســـت. هەروەهـــا کۆمپیــوتەر دەکــرێ وزە و تەوژمـــی تەنۆلکەکـان هەژمـارد بکـات و هەڵسـەنگاندن بـۆ شوناسـیان بکـــات.لە دەیەی ١٩٦٠ ژوورەکـــانی چەخمـــاخە ئەو هەلەی

ڕەخساند تاوەکو داتای کارلێکە تایبەتەکان بەخێرایی کۆبکرێنەوە؛ لەلایەکی تر ژوورەکانی بڵق، وێنەی زۆر تەواوتریان لە ڕووداوەکان تۆمار دەکرد، بە خاڵەکانی کارلێکی گرداو(vertex)یشەوە.

هەستەورە ئەلکترۆنیکی و بینینییەکان تەواکەری یەکتر بوون و پێکەوە ڕاوگەیەکی خۆشیان بۆ ڕاوچییەکانی تەنۆلکە نەناسراوەکان دەستەبەر دەکرد.

ژوورەکانی بڵقی ئەلیکترۆنی

لە تاودەرە نوێیەکانی تەنۆلکەدا، ژمارەی کاردانەوە و کارلێکەکان بە بەراورد بەوانەی کە لەسەردەمی ژوورەکانی بڵق و تەنانەت سەرەتاکانی ژووری چەخماخەدا هەبوون یەکجار زۆرترە. پەرەسەندنە نوێیەکانی ژووری فرەوایەرە گونجاو (multiwire proportional chamber)ەکان و ژووری خزان(drift chamber) کە زۆر خێراتر و وردترن لە ژوورەکانی چەخماخە وایەرییەکان(wire spark chambers)، بە تایبەتی ژووری خزان و گۆڕانەکانی بەنزیکەیی لە هەر تاقیکردنەوەیەکی ئەمڕۆدا سەبارەت بە دەرخستنی تەنۆلکە بارگاوییەکان بەرجەستە بووە.

ژوورێکی گونجاوی فرەوایەر بەڕواڵەت زۆرتر هاوشێوەی ژووری چەخماخەیە کە بریتییە لە خڕکراوەیەک لە سێ ڕووبەری هەڵگری وایەری هاوڕێک کە لەناو ڕێسەیەکی پڕ لە گازدایە. بەڵام جیاوازییەکەی لەوەدایە ڕووبەرە وایەرییە ناوەندییەکان بە بەردەوامی لە ڤۆڵتییەیی پەستانی کارەبایی ٥٠٠٠ ڤۆڵتی بەپێی ڕووبەرە دەرەکییەکان ڕاگیراون. بەدواییدا تەنۆلکە بارگاوییەکان هەرەسی ئەلیکترۆنە ئایۆنییەکان بەڕێ

دەخەن. ژوورێک کە وایەرەکانی تەنها ١-٢ میلی مەتر لەیەکتری دوورن دوای ئەوەی تەنۆلکەیەک تێپەڕی لە ماوەی چەند یەک لەسەر مایکرۆچرکە سیگناڵێک بەرهەم دەهێنن کە بەتێپەڕین لە هەر وایەرێکەوە، تاوەکو یەک ملیۆن تەنۆلکە لە چرکەدا تێدەپەڕێنن- ئەمە بە پێشکەوتنێکی هەزار بەرامبەری بە بەراورد بە ژووری چەخماخە هەژمارد دەکرێت.

خاڵی لاواز بریتییە لەوەی کە بۆ دەرخستنی ڕێچکەی تەنۆلکەکان لە قەبارەیەکی گەورەدا، بۆ نموونە مەترێکی سێ گۆشە، ژمارەیەکی زۆر وایەر لەگەڵ ئامێری ئەلکترۆنی بۆ بەهێزکردنی سیگناڵەکان پێویستە. سەرەڕای ئەوە وردبینییان سنووردارە. ئەم کێشانە بە ژووری خزان(drift chamber) چارەسەر دەبێت، کە ئایدیا سەرەکییەکەی پێوانی کاتە بۆ دەرخستنی مەودا- کە دەکرێ بەوردی بە ئەلیکترۆنیکی مودێرن ئەنجام بدرێت. دووبارە ئەم ژوورەش پێکهاتووە لە وایەری هاوڕێکی ڕایەڵکراو لەناو قەبارەیەکی گازدا. بەڵام هەندێک لە وایەرەکان بواری کارەبایی دروست دەکەن، کە لە ڕاستیدا کاریگەرییەکەی لە قەبارەیەکی گەورەدا دابەش دەبێت بەیەکەی بچووکتر یان خانە(cell). هەر خانەیەک وەکو هەستەوەرێکی تاقانە کاردەکات، کە لەودا بواری کارەبایی ئەلیکترۆنە ئایۆنییەکان لە ڕێچکەی تەنۆلکەیەکی بارگاوییەوە بەرەو وایەری هەستەکیی ناوەندی ئاڕاستە دەکەن. ئەو کاتەی کە پێویستە بۆ ئەوەی ئەلیکترۆنەکان بگەن بەم وایەرە پێوەرێکی باشە بۆ مەودای ڕێچکەکە تا دەگات بە وایەرە هەستەکییەکە. ئەم تەکنیکە دەکرێ ڕێچکەی تەنۆلکەکان تاوەکو نزیکەی ٥٠ میکرۆمەتر جێگیر بکات.

مایکرۆسکۆپی سیلیکۆنی

چەنـدین تەنـۆلکەی سـەمەرە هەن کە تەنهـا بەنزیکەیـی 10^{-10} چـرکە دەژیـن، لەو مـاوە کورتەدا لەوانەیە بە خێراییی ڕووناکی بجوڵێن و چەند میلی مەترێک ڕێگە ببڕن. لەم مەودا دوورییەدا ئەوان شـوێن پێی خۆیـان بەجێدەهێڵن کە دەکـرێ بپێورێت. ئەو تەنۆلکانەی هەڵگری کوارکەکانی بن (bottom) یـان ئەفسـون(charm)ن، بەگشـتی زیـاتر لە 10^{-13} چـرکە نـاژین و لەوانەیە تەنهـا ٢٠٠ مایکرۆمەترێـک ڕێـگە ببـڕن. بـۆ بینینی ئەوان دەبێت دڵنیا بیت کە ئەو بەشـە لە هەسـتەوەرەکە، کە زۆر نزیکە لە خاڵی بەرکەوتنەکە، وردبینییەکەی زۆربەرزە. لە ئێمـڕۆدا بەنزیکەیـی هەمـوو تاقیکردنەوەکـان هەڵگـری هەسـتەوەرێکی گـرداوی(vertex) سـیلیکۆنین، کە دەکـرێ ئەو گرێ بچووکانەی کە لەوێدا ڕێچکەکانی هەڵوەشانەوەی تەنۆلکە تەمەن کورتەکـان، کە لەوانەی تەمەنیـان درێژتـرە دوور دەکەونەوە، دەربخات.

کاتێـک تەنـۆلکەیەکی بارگـاوی لە نـاو سـیلیکۆنێکەوە تێدەپەڕێت، ئەتۆمەکان بە ئایۆن دەکات، ئەلیکترۆنەکان ئازاد دەکـات، کە دەکـرێ کارەبـا بگەیەنـن. تەکنیکـی بـاو لەگەڵ سـیلیکۆن بـریتییە لە دابەشـکردنی ڕووبەرەکەی لەکـاتی دروستکردندا بە توێی تەنکی هاوڕێک، کە مەودای دوورییـان لە یەکتر نزیکەی ٢٠ میکرۆنە (یەک ملیۆنمی مەتر)، کە پێوانی وردی ڕێچکە تاڕادەی باشتر لە ١٠ میکرۆن دەدا بەدەستەوە.

هەسـتەوەرە تـوێ تەنکەکـانی سـیلیکۆن هـاتوونەتە نـاو پێکدادەرەکان و میکرۆسـکۆپە وردبینە بەرزەکان و بۆ بینینی لولەکەکـانی گـورزە بەکاریـان دەهێـنن، لە شـوێنێک کە گرداوەکانی هەڵوەشانەوەی تەنۆلکەکان دەکرێ نزیک لە خاڵی

بەرکەوتـن ڕوو بـدەن. ئەوان گرنگـی خۆیـان لە دیـاریکردنی تەنۆلکەکـانی B کە هەڵگـری کـوارکە قورسـەکانی B یـن سـەلماندووە. کوارکەکـانی بـن(bottom) حەزیـان لێـیە هەڵوەشـانەوە بـۆ کوارکەکـانی دڵـڕفێن(charm)، کە ئەوانـیش حەزیان لێیە بۆ کـوارکە سـەمەرەکان(Stranges) هەڵوەشـن. ئەو تەنۆلکـانەی کە هەڵگـری هەرکـام لەم کوارکـانەن لەمـاوەی 10^{-12} چـرکەدا هەڵدەوەشـن و تەنهـا چەنـد میلـی مەترێـک گەشـت دەکەن، تەنـانەت کاتێـک لەو ماشـینانەی کە هەڵگـری بەرزتـرین وزەن بەرهەم دێـن. لەگەڵ ئەوەشـدا مایکرۆسکۆپە سیلیکۆنییەکان کە لەناو دڵی هەستەوەرەکاندا بنیاد نراون، زۆربەی کات دەتوانن زنجیرەی هەڵوەشانەکان لە بـن(bottom)ەوە بـۆ ئەفسـۆن(charm) دیـاری بـکەن. لە تیڤـاترۆن(Tevatron)ەکەی تـاقیگەی فێرمـی(Fermilab) بینینی تەنۆلکەکانی بن بەم ڕێگە لەکاتی دۆزینەوەی کوارکی ترۆپک(top)، کە ماوەیەکی زۆر بەدواییدا دەگەڕان زۆر گرنگ بوو، ئەم کوارکە حەزی لێیە بۆ کوارکی بن هەڵوەشێت.

دەرخستنی نیوترینۆ

زۆر زەحـمەتە بکـرێ نیوترینۆیـک لە کـاتی کارلێـک لەگەڵ مـادە لە هەسـتەوەرێکدا دەربخرێـت، بەڵام ئەگەر نیوترینۆکـان بەڕادەی پێویست بن و هەستەوەرەکان گەورە بن، ژمـارەیەکی کەمیـان وەگیر دەکەون. ئایدیای سـەرەکی بـۆ دەرخسـتنی ئەم ژمـارە دەگمەنـانە، بەکارهێنـانی حەزی ئەوانە بـۆ گـۆڕین بە تەنۆلکەی بارگەداری لیپتۆن(lepton)ی، بۆ نموونە ئەلیکترۆن، کاتێـک ئەوان بەرکەوتنێـک دروسـت دەکەن، ئەلیکترۆنێکـی بارگاوی ئاسانە دەربخرێت. بەم ڕێگە بوو کە ئێمە شتی زۆر

سـەبارەت بەو نیوترینۆنـانەی کە هەمـوو چـرکەیەک لێشاوەکەیان لەخۆرەوە بەرەو ئێمە شۆڕ دەبێتەوە، تێگەیشتین.

کاتێک ڕووناکی لەمادەوە، بۆ نموونە لە ئاوەوە، تێدەپەڕێت، خێراییەکەی کەمتر دەبێت لەو کاتەی بەفەزای ئازاددا دەڕوات. هەرچەند لە بۆشاییدا هیچ شتێک ناکرێ خێراتر لە خێرایی ڕووناکی بجووڵێت، بەڵام جووڵەی خێراتر لە خێرایی ڕووناکی لەناو مادەیەکدا دەکرێ ڕووبدات و دەبێت بەهۆی دروستبوونی جۆرێک هەڵتەکانەشەپۆل(Shock wave)ی ڕووناکی بینراو، کە ناسراوە بە تیشکی چێرنکۆف(Cerenkov radiation). تیشکی چێرنکۆف بەگۆشەیەک لەگەڵ ڕێچکەی تەنۆلکەکە بڵاودەبێتەوە و هەرچی خێرایی تەنۆلکەکە گەورەتر بێت ئەم گۆشە گەورەترە. لە تاقیکردنەوەی بەرزەکامیۆکاند(SuperKamiokande) ئەو نیوترینۆیانە بەم شێوە دەبینرێن، کاتێک کارلێک لەگەڵ ئاو دەکەن و بەند لەسەر جۆری نیوترینۆکە ئەلیکترۆنێک یان موئونێک دروست دەبێت. بەپێچەوانەی نیوترینۆکانەوە ئەم تەنۆلکانە بەشێوەی کارەبایی بارگاوین و خێراتر لە خێرایی ڕووناکی بەناو ئاودا جووڵە دەکەن و دەکرێ تیشکی چێرنکۆف بدەنەوە. بەسەرنجدان بە شیکاریی وردی شێوازەکانی ڕووناکی، دەکرێ موئون و ئەلیکترۆنە دروستبووەکان لەناو هەستەوەر لە یەکتری جیابکەینەوە. هەر بەو ڕێگەش لە نێوان نیوترینۆکانی ئەلیکترۆن و موئون.

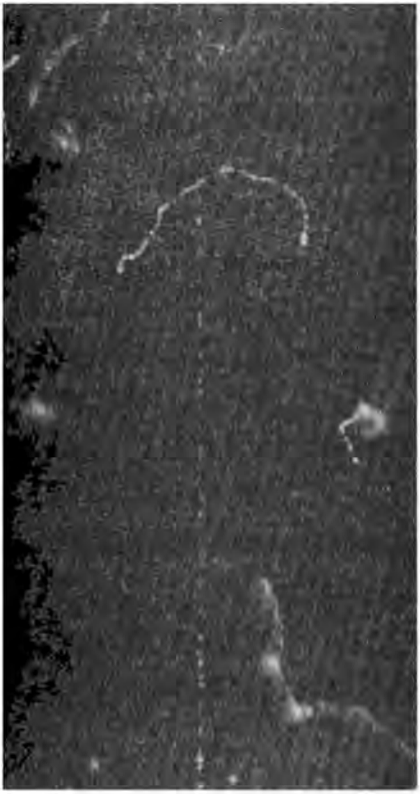
ڕوانگەی نیوترینۆ سوودبوری((The Sudbury Neutrino Observatory (SNO) کە لەکانی نیکلی سوبوری لە ئۆنتاریۆ ٢٠٧٠ مەتر لەژێر زەویدایە. ناخەکەی بریتییە لە هەمارێکی گەورەی ئاکرلیک(acrylic) کە پڕ کراوە

له ١٠٠٠ تەن ئاوی قورس كە ناوی دتریۆم(deuterium)ە، و لەودا نیوترۆنێک جووت دەبێت بە پرۆتۆنەکەی هایدرۆجینی ئاساییەوە. لەناو SNOدا، کارلێکی ئەلیکترۆن-نیوترینۆکان کارلێک دەکەن لەگەڵ نیوترۆنەکانی ناو دوتریۆم و ئەلیکترۆن و پرۆتۆن دروست دەکەن و ئەلیکترۆنە خێراکان کاتێک لە ئاوی قورسەوە تێدەپەڕن تیشکی چێرنکۆڤی قوچەکی دروست دەکەن. ڕووناکی چێرنکۆڤ لەسەر ڕووبەری ناوەوەی هەمارەکە شێوازی هەڵقەیی دروست دەکەن، کە بە ڕێکخستنێکی هەزاران لولەکی ڕووناکی کە بەدەوری دیوارەکاندا دانراوە تۆمار دەکرێت.

بەهەرحاڵ توانای سەرەکی لە SNOدا بریتییە لەوەی دەکرێ بەڕێگەی کارلێکێکی تاقانەی دتریۆمەوە هەر سێ جۆرەکەی نیوترینۆ دەربخات. نیوترینۆیەک، جا لە هەر جۆرێک بێت دەکرێ ناوکی دتریۆم کەرت بکات و نیوترۆنەکەی ئازاد بکات، کە دەکرێ لەلایەن ناوکێکی ترەوە هەڵبمژرێت.

ئەم هەڵمژینە کاتێک دەردەخرێت، کە ناوکی ئاوسبوو بەدەردانی وزە بەشێوەی تیشکەکانی گاما، کە ئەوانیش دەکرێ ئەلیکترۆن و پۆزیترۆن خەڵق بکەن و شێوازگەلێکی دیاریکراو لە ڕووناکی چێرنکوڤ لە ئاوەکەی دەوروبەریان دروستبکەن.

بەڕێگەی ئەم تاقیکردنەوانە دەکرێ نیوترینۆ دەرچووەکانی خۆر بژمێردرێن. کە پشتڕاستی ئەوە دەکاتەوە خۆر بەڕاستی بزوێنەرێکی ناوکە یەکبوونە، کە ئەمە بریتییە لە چۆنیەتی سوتانی ئەستێرەکانی وەکو خۆر، لە مێژ بوو پێشبینیکرابوو، بەلام لەکۆتایدا لە ساڵی ٢٠٠٢ دا سەلما.



وێـــــــــنەی ١٨. ئەلیکترۆنەکـــــــان-گوورزەکـــــانی بێتـــــا- بارســــــتاییەکەیان زۆر بچـــــــــووکترە لە تەنۆلکەکانی ئەلفا و بۆ وزەی هاوشـــــــێوە خێراییەکەیـــــــان زۆر بەرزتـــرە. ئەمە واتـــای ئەوەیە کاتێـــــــــک ئەلیکتـــرۆنە خێراکـــان لە ئەتۆمەکانەوە تێدەپەڕن و بەخێرایـــی دەیـــانکەن بە ئایۆن، وزە لەدەست نـــادەن. لێـــرەدا ئـــێمە چەنـــــدجار ڕێچـــکەی گوورزە خێراکانی بێتای ئەلیکتـــرۆن دەبینـــین. (ڕێچـــکە ئەســـتورە کـــورتەکە گـــورزەی بێتـــا دروستی نەکردووە؛ ئەوان لە ئەتۆمەکانی ئەو گـازانەوە دەرچـوون کە ژوورەکەیـان لـێ پڕکـراوە و تیشـکی نەشـیاو بـۆ بینینـی Xیـان لێدراوە. ڕێچکەکـان ئەسـتورترن، چـونکە زۆر هێواشـتر لە گوورزەی بێتا دەجوولێن و زیـاتر ئایۆنـایز دەکەن. ئەوان بەدەوروبەردا تلۆر دەبـنەوە، چـونکە بەردەوام لەمـلاولاوە لەگەڵ ئەلیکترۆنەکـانی نـاو ئەتۆمەکانی گازەکە، بەرکەوتنی ئیلاستیکیان هەیە.)

هەستەوەرەکان لە پێکدادەرەکاندا

هەستەوەرە ئەلیکترۆنیکییەکان بەرچاوترین ئەنجامەکانیان لەو ناوەندانەدا تۆمارکردووە کە ژوورەکانی بڵق دەستیان پێی ناگات- بۆ نموونە لە مەشینەکانی پێکدادەری گوورزەدا کە تەنۆلکەکان لەناو گورزەیەکی لولەکیدا ڕاستەوخۆ لەیەکتر دەکەون.

ئەم پارچە جیاوازنە لە ئیمرۆدا لەناو هەستەوەرە لولەکییەکاندا کە دەوری خاڵی کارلێک لە تاودەرێکی پێکدادەردا دەدەن پێکەوە کۆدەکرێنەوە. بەرکەوتنەکە لەسەر تەوەری ناوەندی هەستەوەرەکە ڕوودەدات. لەگەڵ هاتنەدەرەوەی ئەنجامەکان لەگەڵ زنجیرەیەک پارچەی جیاوازی هەستەوەر بەرەوڕوو دەبێت، کە هەرکام لەوان لە ناسینەوەی تەنۆلکەکاندا تایبەتمەندیی خۆیان هەیە.

لە پێکدادەری گەورەی هادرۆنی (LHC) پۆلگەلێک لە تەنۆلکە چل میلیۆنجار لەچرکەدا بەناو یەکدا تێدەپەڕن و هەرجارەی کە لەیەکەوە تێدەپەڕن ٢٥ جار بەرکەوتن دروست دەکەن کە کۆی گشتی دەبێت بە یەک ملیارد بەرکەوتن لە چرکەدا. نرخی داتای خڕکراوە لە هەستەوەرەکەدا هاوتای بەپرۆسەکردنی زانیارییە بۆ ٢٠ گفتوگۆی هاوکاتی تەلەفۆنی لە نێوان هەر پیاو، ژن و منداڵێک لەسەر زەوی.

هەستەوەرە زەبەلاحەکان لەخاڵەکانی بەرکەوتندا جێگیر دەکرێ. CMS(سۆلۆنیدی موئونی چر (Compact Muon Solenoid) و ATLAS (ئامێری تۆرۆیدی(Toroidal)(هەڵقەیی) LHC) کە پشکنین بۆ ناوچەکانی وزە، بە مەبەستی دۆزینەوەی هەر جۆرێکی

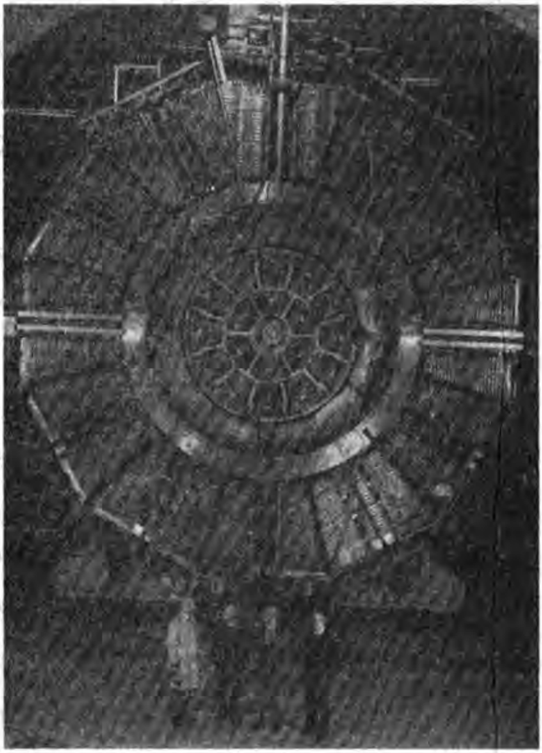
کـــاریگەرییە نوێیەکـــان دەکەن- بەهەردووی چـــاوەڕێکراو و چـاوەڕێنەکراوەوە. هەسـتەوەرەکەی ATLAS پێـنج نهـۆمییە(٢٠ مەتر) و توانای پێوانی ڕێچکە بەوردی ٠.٠١ میلی مەتر ە.
ATLAS و CMS بونیـــادە شـــکۆدارەکانن بـــۆ هەســـتەوەرە نوێیەکـانی تەنـۆلکە، سـەرەتا دۆزەرەوەی نـاوەوەیی بەنـاوێکی لۆجیکییەوە دێتە ئاراوە، کە شـوێنی تەنـۆلکە بارگاوییەکـان بە وردبینـی یەک لەسـەر سـەدی میلـی مەتـر تۆمـار دەکـات و ئەو هەلە بـۆ کۆمپیوتەرەکـان دەرەخسـێنێت ڕێچکەکانیـان لەکـاتی سوڕانەوە بەناو بوارموگناتیسە بەهێزەکاندا دیاری بکەن. توێی دواتـر گەرمۆکەپێـوێکی (calorimeter) دوو بەشـییە کە بـۆ وەرگرتنـی وزەی هەمـوو جۆرەکـانی تەنـۆلکە دیـزایین کـراوە. بەشی ناوەوەیی بریتییە لە گەرمۆکەپێوی کارۆموگناتیسیی، کە وزەی ئەلیکترۆن و فۆتۆنەکان دەگرێت و تۆماری دەکات.
گلاســـــی قورقوشـــــومی بە کـــــوالێتی بەرزەوە، وەکــــو کریستاڵەکانی کەوچک و چەتاڵی شوشەیی زۆربەی کات وەکو هەسـتەوەرێک بەکاردێـت، چـونکە قورقوشـمی نـاو شوشـەکە دەبێت بەهـۆی ئەوەی ئەلیکترۆنەکـان و پۆزیترۆنەکـان فۆتـۆن بـــدەنەوە و لە ئەنجامــدا جووتەکـــانی ئەلیکتـــرۆن-پـــۆزیترۆن دروســـت دەبـــن. کـــاریگەریی پەتـــی بـــریتییە لە هەرەســـێکی مینیـاتۆریی لە ئەلیکتـرۆن، پـۆزیترۆن و فۆتـۆن کە تـاوەکو ئەو کـــاتەی هەمـــوو وزەی تەنـــۆلکە ســـەرەکییەکە لەنـــاو دەچێـــت درێژەی دەبێت. ئەلیکترۆن و پۆزیترۆنەکان لە شوشەدا خێراتر لە ڕوونـــاکی دەجـــوولێن و ڕوونـــاکی چێرنکـــۆڤ دەدەنەوە کە بەهۆی فۆتۆتیوبەکانی هەستیار بە ڕوونـاکی کۆدەبنەوە. بڕی ڕووناکی خڕەوە بوو بەڵگەیە لەسەر وزەی تەنۆلکەی سەرەکی

که دێته ناو سیستەمەکەوە. هەزاران تەن ئاسن پڕ کراوە لە لوولەکی پڕ لە گاز بۆ ئەوەی پرۆتۆن، پایۆن و هادرۆنەکان بگرێت- واتە ئەو تەنۆلکانەی لە کوارک دروستبوون. ئەمە کالۆریمەتر(گەرمۆکەپێو)ی هادرۆنە، چونکە وزەی هادرۆنەکان دەپێوێت، هەر وەکو چۆن گەرممۆکەپێوی لقەکانی تری زانست وزەی گەرمایی دەپێون. ئاسنی ناو گەرممۆکە پێوەکە بۆ دوو مەبەستە: لەهەمانکاتدا کە خێرایی هادرۆنەکان هێواش دەکاتەوە، بەشێک لەو موگناتیسەش دروست دەکات کە بۆ چەمانەوەی ڕێچکەی تەنۆلکە بارگاوییەکان بەکار دەهێنرێت و یارمەتیدەرە لە دەرخستنی بارگە و ناسنامەکەیان.

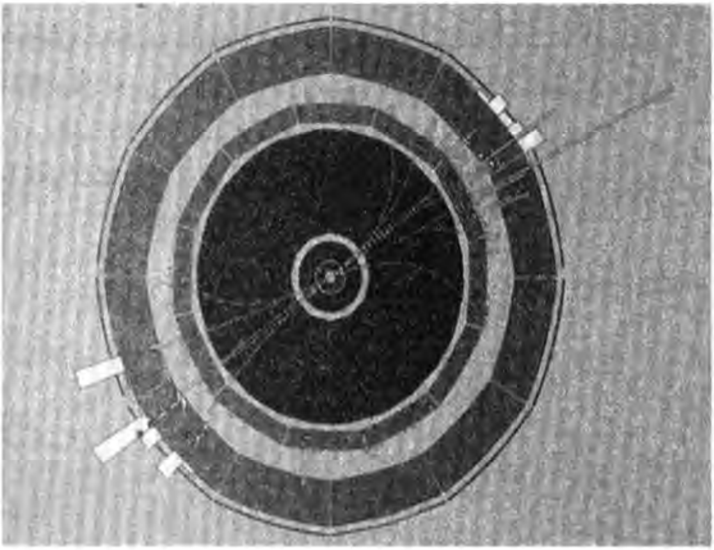
توێیەکی دەرەکی پێکهاتووە لە ژوورەکانی تایبەت بە موئون، کە موئونەکان دەردەخات و تەنها ئەو تەنۆلکەکانەی کە هەڵگری بارگەی کارەبایین دەتوانن ئەم سنوورە ببڕن. کۆمەڵەی پارچەکانی هەستەوەر سیستەمێکی هێرمسی (hermetic system) دروست دەکەن کە بۆ لە داوخستنی هەرچی زیاتری تەنۆلکەکانی بەرهەمهاتوو لە بەرکەوتنەکان دیزایین کراوە. لە پرەنسیپدا تەنها نویترینۆ زۆر خێراکان دەتوانن بەتەواوەتی ڕابکەن و هیچ ئاسەوارێک لەخۆیان بەجێ نەهێڵن. لەگەڵ ئەوەشدا نیوترینۆکان لە دوای خۆیان ناونیشانێک بەجێدەهێڵن، چونکە ئەوان بە وزە و تەوژمەوە دەرباز دەبن کە دەبێت لەهەموو کارلێکێکدا پارێزراو بن.

هەموو ئەم هەستەوەرە بۆ تۆمارکردنی پاشماوەکانی ئەو بەرکەوتنانە تۆمار کراون کە لە هەر چرکەیەکدا یەک ملیارد جار ڕوودەدەن. ئەمە زۆر دوورە لەسەردەمی ژووری هەور کە دەکرا یەک دانە لە خولەکێکدا تۆمار بکرێت، یان تەنانەت

ژووری بلّق که له هەر چرکەیەکدا یەکێک تۆمار دەکرا. لەناو ئەنجامە تۆمارکراوەکانی ئەم بەرکەوتنانە، لە وزەگەلێک کە هەر شتێک تێدەپەڕێنێت تەنانەت تاودەرێکی تەنۆلکەی ئێستایی، گەوهەرەکە لە دیاردەیەکی چاوەڕواننەکراودا دەردەکەوێت. لەناو ئومێدەکاندا، ئومێد بۆ دۆزینەوەی تەنۆلکەی هیگز هەیە(بەشی ١٠)، بەلام چاوەڕێ دەکرێت کە بەتێکڕایی تەنها یەک دانە لەناو هەر ٢٠ ملیۆن ملیۆن بەرکەوتندا هەبێت.



وێنەی ١٩. هەستەوەرێکی *LEP* ، قەبارەکەی لەگەل قەباری چوار زانستکاردا بەراورد کراوە.



وێنەی ٢٠.ڕێچکەی تەنۆلکە و دژەتەنۆلکەکان بەو شێوەی لەسەر شاشەی کۆمپیوتەرێک دەردەکەوێت؛ بەراوردی بینینی کۆمپیوتەری لەگەڵ بینینی کۆتایی هەستەوەرەکە لە وێنەی ١٩ بکە.

ئەمە واتای ئەوەیە کە لە سەرو یەک ملیارد بەرکەوتن لە هەر چرکەدا، بۆزۆنێکی هیگز لە ڕۆژێکدا لەهەر تاقیکردنەوەیەکدا لە LHC دەردەکەوێت. دەگوترێت دۆزینەوەی دەرزیەک لە کایەندا ئاسانترە لە بینینەوەی تەنۆلکەیەکی هیگز لەناو سەدان هەزار ملیارد ڕووداوی تردا. تەنگەژەیەکی تر بریتییە لە هەژماردکردنەکان بۆ ناسینەوەی هیگز و تۆمارکردنی تاکە داتای هەڵبژێردراوە لەسەر شریتی موگناتیسی.

ئەمە پیشـــاندەدا کە چـــۆن توانابیەکانمـــان بـــۆ فێربـــوون سـەبارەت بە سـەرچاوە و سروشـتی مـادە بەنـدە لەسـەر پێشکەوتن لە دوو بەرەدا: دروستکردنی تـاودەرە بەهێزترەکـان و پەرەپێـــدانی ڕێـــگە نائاســـاییەکان بـــۆ تۆمـــارکردنی بەرکەوتنەکان.

بەشی حەوتەم
هێزەکانی سروشت

چـــوار هێـــزی بنەڕەتـــی هەیە: کێشـــکردن، هێـــزی کارۆموگناتیسی و هێزەکانی بەتین و لاواز. لێرەدا ئێمە قسە لەسەر ئەو ئایدیایە دەکەین کە هێزەکان بەڕێگەی ئـــاڵوگۆڕی تەنۆلکەکـــانەوە کـــاردەکەن: فۆتـــۆن،Z،W و گلوئۆن و ئەوەی جیاوازیی سروشـتی هێزەکانە جیهان هەڵدەسوڕێنێ- ئەگەر تەنۆلکەکان ئەڵفوبێی سروشـت بـــن، هێزەکـــان ڕێزمـــان(گرامەر)ەکەیەتی؛ یەکـــانگیریی هێزەکان.

چوار هێزە بنچینەییەکەی سروشت فەرمانڕەوای گەردوونن: کێشکردن (gravity)، هێزی کارۆموگناتیسی(Electromagnetic) و دوانی تر لە ناوچەی ناوکی ئەتۆم کە ناسراون بە بەتین (Strong) و لاواز(weak). دوو دانەی کۆتایی لە مەودای کەمتر لە ئەتۆم کاریگەرییان هەیە و بۆ هەستی ماکرۆسکۆپی ئێمە بە بەراورد لەگەڵ کاریگەرییەکانی کێشکردن و موگناتیس کەمتر ئاشنان. بەهەرحاڵ ئەوان بۆ بوونی ئێمە زۆر بنەڕەتین، خۆر بە درەوشاوەیی ڕادەگرن و گەرمای سەرەتایی بۆ ژیان دەستەبەر دەکەن.

کێشکردن بۆ ئێمە ئاشناترینە. لەنێوان ئەتۆمە تاکەکان یان تەنۆلکە پێکهێنەرەکەیان کاریگەریی کێشکردن وەکو هیچ وایە. توندی هێزی کێشکردن لەنێوان تاک تەنۆلکەکان یەکجار بچووکە، بەڕادەیەک بچووک کە دەکرێ لە تاقیکردنەوەکانی فیزیا بەسادەیی چاوپۆشی لێبکەین. بەهۆی ئەوەی هێزی کێشکردن هەموو شتێک بەرەو هەرشتێکی تر ڕادەکێشێت، کاریگەرییەکانیان تا کاتێک بەهێزن لەگەڵ یەکتری کۆ دەبێتەوە و لە مەودای گەردوونیدا کاردەکات. هێزە کارەباییەکان بەپێی پڕەنسیپە گشتییەکە کاردەکەن واتە 'ئەو بارگانەی هاوشێوەن یەکتری دوور دەخەنەوە و ئەوانەی ناهاوشێوەن یەکتری ڕادەکێشن'. ئەمەیە هۆی ئەوەی ئەلیکترۆنە بارگە نێگەتیڤەکان لەسەر ڕێچکەکانیان لەناو ئەتۆم ڕادەگیردرێن؛ بەهۆی ڕاکێشانی کارەبایی بارگەی پۆزەتیڤەکانی ناوکی ناوەندییە. بارگە بەجووڵەکان دەبن بەهۆی دروستبوونی کاریگەریی موگناتیسی. جەمسەری باکور و باشوری موگناتیسێک بەهۆی کاریگەریی جووڵەی هاوئاهانگی ئەتۆمەکانە.

هێزە کارۆموگناتیسەکان بەشێوەی زاتی زۆر بەهێزترن لە هێزی کێشکردن؛ بەهەرحاڵ پێشبڕکێی نێوان ڕاکێشان و دوورخستنەوەکان لەمەودای دوور کاریگەرییەکانیان دەسڕێتەوە و لێدەگەڕێ هێزی کێشکردن بۆ کاریگەریی لەمەودای دووردا فەرمانڕەوا بێت. لەگەڵ ئەوەشدا کاریگەرییەکانی سوڕانەوەی بارگە کارەباییەکان لە کرۆکی زەویدا دەبێت بەهۆی ئەوەی بواری موگناتیسی دزە بکاتە دەرەوەی فەزاوە. بزوێنەری جەمسەرنمایەک بەهۆی بوونی وەها کاریگەرییەک ئاماژە بە باکورێک دەکات کە لەوانەیە هەزاران مایل لێوەی دوور بێت.

ئەوە هێزە کارۆموگناتیسییەکانە کە ئەتۆم و مۆلکیولەکان لەپاڵ یەکتری ڕادەگرێت و مادەی بە کۆمەڵ دروستدەکات. تۆ و من و هەموو شتێک بەهۆی هێزی کارۆموگناتیسەوە پێکەوە ڕاگیراون. کاتێک سێوێک لەدارەکەی بۆ بەرپێی ئیسحاق نیوتن کەوتەخوارەوە، ئەوەی ئاڕاستەی دەکرد هێزی کێشکردن بوو؛ بەڵام ئەوە هێزی کارۆموگناتیسییە- بەرپەرسە لە دروستبوونی عەرزی ڕەق - کە وەستاندی و نەیهێشت تاوەکو ناوەندی زەوی بەردەوام بێت لە ڕۆیشتن. سێوێک لەوانەیە بۆ چەند چرکەیەک لە بەرزییەکی گەورەوە بەربێتەوە و بەهۆی هێزی کێشکردنەوە تاوبگرێت. بەڵام کاتێک دەکەوێت لە ڕووبەری زەوی دەوەستێت و لەساتێکدا ورد دەبێت: ئەوەی بەرپرسە لەو کارە هێزی کارۆموگناتیسییە.

لێرەدا ڕێژەی توندی دوو هێزەکە دێتە ئاراوە. لە ئەتۆمێکی هایدرۆجیندا ئەلیکترۆنێکی بارگە نێگەتیڤ و پرۆتۆنێکی بارگە پۆزەتیڤ هەیە. ئەوان دووبەدوو بەهۆی کێشکردنەکەیانە بەرەو یەکتر ڕادەکێشرێن؛ ئەوان هەروەها

هەست بە بەهێزی ڕاکێشری بارگە دژبەیەکەکانیان دەکەن. کە ئەمەی دوایی 10^{40} جار بەهێزترە لە هێزە کێشکردنە دووبەدووەکەیان. بۆ دەسکەوتنی ئایدیایەک لە گەورەیی ئەمە، نیوەتیرەی گەردوونی بینراو بهێنە پێشچاوی خۆت: بەپێی کەرتێکی خێرایی ڕووناکی بەنزیکەیی 10^{16} مەتر لەساڵدا لەکاتی تەقینەوە گەورەکەوە لە 10^{10} ساڵ لەوەو پێشەوە دەکشێت، تا ئێستا هەموو گەردوون 10^{25} مەتر کشاوە. تیرەی تاک پرۆتۆنێکی تەنها 10^{-15} مەترە. بۆیە 10^{40} تەنانەت گەورەترە لە ڕێژەی قەبارەی هەموو گەردوون بە بەراورد بە قەبارەی تاک پرۆتۆنێک. ڕوونە دەکرێ بەبێ خەم بۆ تەنۆلکەکان لەو وزەی ئێستا هەیە، بۆ تاک تەنۆلکەکان چاوپۆشی بکەین لە کێشکردن.

ڕاکێشانی دژەکان دەبێت بەهۆ بۆ ئەوەی ئەلیکترۆنەکان لەسەر ڕێچکە ئەتۆمییەکان لەدەوری ناوکە بارگە پۆزەتیڤەکان بەردەوام بن، بەڵام دوورخستنەوەی بارگە چوونیەکەکان لەناو خودی ناوکەکان پارادۆکسێک دەهێنێتە ئاراوە. ناوک بوخچەیەکە پێکهاتووە لە پرۆتۆنە بارگە پۆزەتیڤەکان. چۆن ئەم پرۆتۆنانە ئەم هێزە بەهێزە دوورخەرەوە لێکیان بڵاوناکاتەوە؟

ڕاستییەکەی ئەوەیە ئەوان بۆ ئەوەی پێکەوە بن هێزێکی بەتینی ڕاکێشەر وەکو چەسپ پێکەوە ڕایان دەگرێت، کە پرۆتۆن و نیوترۆنەکان هەستی پێدەکەن، کە بەڕادەی پێویست بەهێز هەیە بۆ ئەوەی لەگەڵ بوونی ئەم هێزە دوورخەرەوەش لەپاڵ یەکتری بمێننەوە. ئەم هێزە یەکێکە لەو دوو هێزەی کە لە دەوروبەری ناوکی ئەتۆمدا کار دەکەن و ناسراون بە بەتین(Strong) و لاواز(Weak)، و ناوەکانیان دەگەڕێتەوە بۆ

توونـدییەکەیان بە بەراورد هێـزی کارۆموگناتیسـی لە ئاسـتی ناوکیـدا. ئەوان هێـزی کـورت مەودان و نزیـک لە هەسـتەکانی ئێمە نین و بەلامانەوە نامۆن، بەڵام بۆ بوونی ئێمە بنەڕەتین.

هاوسـەنگیی نـاوکی تـوخمە ئەتۆمییەکـان دەکـرێ وەکـو باڵانسـی نێـوان دوو هێـزی پێشـبڕکێکەری دوورخەرەوەی کارەبایی و هێزی ڕاکێشـەری بەتین بـاس بکرێت. تۆ نـاتوانی ژمـارەیەکی زۆر پرۆتـۆن پـێکەوە ڕابگریـت، چـونکە هێـزی کارەبـایی تێکـدەر دەیکـات بە ناهاوسـەنگ. ئەمە دەکـرێ سەرچاوەی هەڵوەشانەوە ڕادیۆئاکتیڤە دیاریکراوەکان بێت، کە نـاوک دابەش دەبێت بـۆ دوو پـارچە. نیـوترۆن و پرۆتۆنەکـان بەیەک ڕادە هەست بە هێزی بەتین دەکەن؛ تەنها پرۆتۆنەکان هەست بەهێزی دوورخەرەوەی کارەبایش دەکەن. ئەمەیە هۆی ئەوەی بۆچی ناوکی هەموو توخمەکان جیاواز لە هایدرۆجین نە تەنهـا هەڵگـری پرۆتـۆنن، بەڵام هەڵگـری نیوترۆنیشـن بـۆ ئەوەی بەگشـتی هاوسـەنگییان بـداتێ. بـۆ نمـوونە، یورانیومێک کە بە ٢٣٥ ناسـراوە، هـۆی ئەوەیە، چـونکە ٩٢ پرۆتـۆن (کە بەپێی پێناسە هەلگری ٩٢ ئەلیکترۆنیشە کە ئەتۆمەکە بێ بارگە دەکات) و ١٤٣ نیوترۆنی تێدایە، کە کۆی هەردوکیـان دەکاتە ٢٣٥ پرۆتۆن و نیوترۆن پێکەوە.

لەم تێـڕوانینەوە تـۆ لەوانەیە سـەرت بسـوڕمێ بـۆچی ناوکەکان دەست بە پرۆتۆنەوە دەگرن و بڕێکی زۆر نیوترۆن وەرنـاگرن کە وادیـارە نـابن بەهـۆی ناهاوسـەنگی بەهـۆی بارگەوە. وەڵامەکەی بەندە لەسەر وردەکاریی کاریگەرییەکانی میکـانیکی کـوانتەمی، کە دەکەوێتە ئەودیـوی چوارچێـوەی ئەم کتێبەوە، بەڵام بەشی زۆری بەهۆی تۆزێک بارسـتایی زیـادەی نیـوترۆنە بە بەراورد بە پرۆتۆنێک. هەروەکـو پێشـتر باسـمان

کرد، ئەمە ناهاوسەنگی زاتیی نیوترۆنەکانە، کە بەهۆی ئەوەوە نیوترۆنەکان دەکرێ هەڵبوەشێن و بگۆڕێن بە پرۆتۆنەکان و ئەلیکترۆنێک دەربکەن- واتە ئەوەی پێی دەگوترێت تەنۆلکەی بێتای ڕادیۆئاکتیڤیتی بێتا.

ئەو هێزەی نیترۆن هەڵدەوەشێنێت هێزی لاوازە، پێی دەوترێت لاواز، چونکە بە بەراورد بە کارۆموگناتیسی و بەتین لە پلەی گەرمی ژووردا لاواز دەردەکەوێت. هێزی لاواز نیوترۆن و پرۆتۆنەکان تیادەبات و دەبێت بەهۆی ئەوەی، بەڕێگەی ڕادیۆئاکتیڤیتی بێتا، ناوکی توخمێکی ئەتۆمی بگۆڕێت بەجۆرێکی تر. ئەم هێزە ڕۆڵێکی گرنگ لە یارمەتیدانی گۆڕینی پرۆتۆنەکان بۆ هیلیۆم دەگێڕێت - تۆوەکانی هایدرۆجین خۆر بەگەرمی ڕادەگرن- (پرۆسەیەک کە بەهۆی ئەوەوە وزە بەرەڵا دەبێت و لە کۆتاییدا خۆر دەدرەوشێتەوە).

ڕاکێشانی کێشکردنی لەناو ژمارەیەکی زۆر پرۆتۆن لەناو خۆردا ئەوان بەرەو یەک ڕادەکێشێت تاوەکو بەنزیکەیی دەکەون لەیەکتر. هەندێکجار دووان بەڕادەیەک خێرا دەجووڵێن کە بەسە بۆ ئەوەی ساتێک زاڵ ببن بەسەر بارگەی کارەبایی یەکتر و بکەون لەیەکتری. هێزی لاواز پرۆتۆن دەگۆڕێت بە نیوترۆن، لەدواییدا هێزی نێوان ئەم پرۆتۆن و نیوترۆنانە پێکەوە خڕیان دەکاتەوە و ناوکی هیلیۆم دروست دەکەن. وزە بەهۆی هێزی کارۆموگناتیسی بەرەڵا دەبێت و دەدرێتەوە. بوونی ئەم چوارهێزە و سیفەتە جیاوازییەکانیان و توونددییەکانیانە کە سوتانی خۆر لە نرخێکی دروستدا ڕادەگرێت، بۆ ئەوەی ئێمە هەبین.

لە مادەی ئاساییدا، هێزی بەتین تەنها لەناو ناوکدا کاردەکات و بەشێوەی بنەڕەتی بەهۆی بوونی کوارکەکانە،

واتە تەنۆلکەی بنچینەیی کۆتایی کە پێکهێنەری نیوترۆن و پرۆتۆنەکانن. وەکو چۆن هێزەکانی کارەباو موگناتیس بەهۆی بوونی بارگەی کارەباییەوە کاریگەرییەکەیان بەرز دەبێتەوە، لە کۆتاییدا هێزی بەتینیش بەهۆی جۆرێکی نوێی بارگەیەوە، کە کوارکەکان هەڵگرین و لیپتۆنەکانی وەکو ئەلیکترۆن نیانە، واتە ئەلیکترۆن بۆ هێزی بەتین کوێرە؛ بەپێچەوانەوە تەنۆلکەکانی وەکو پرۆتۆن و نیوترۆن کە لە کوارک پێکهاتوون هەست بە هێزی بەتین دەکەن.

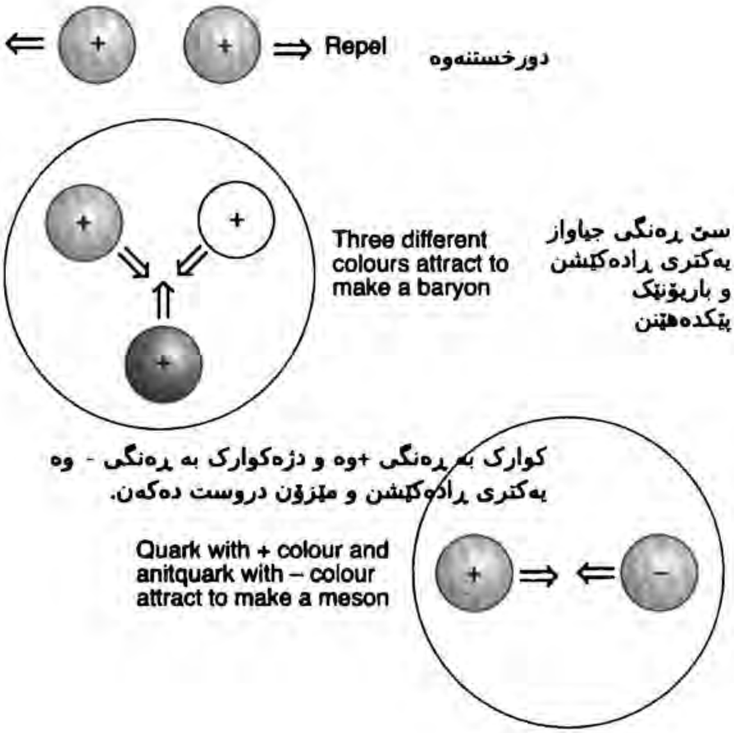
ئەو یاسایانەی فەرمانرەوان لەسەر ئەمە، بەشێوەی بنەڕەتی هاوشێوەی ئەوانەی هێزی کارۆموگناتیسین. کوارکەکان هەڵگری بارگەیەکی نوێن، کە دەکرێ بەفۆرمی پۆزەتیف پێناسەیان بکەین، کەوابوو دژەکوارکەکان هەڵگری بارگە نێگەتیڤەکەن. ڕاکێشانی نێوان دژەکان کوارک و دژەکوارک لەپاڵ یەکتری ڕادەگرێت: لێرەدا دۆخە داخراوەکانی $q\underline{q}$ پێیان دەگوترێت مێزۆن، بەڵام ئەی باریۆنەکان کە پێکهاتوون لە ۳ کوارک چۆن پێکهاتوون؟

دەرکەوتووە ۳ جۆری جیاوازی بارگەی بەتین هەن کە بە سوور(R)، شین(B) و سەوز(G) لە یەکتری جیادەکرێنەوە. ئەوانە بە بارگەی ڕەنگی ناسراون، بەڵام ئەمانە ئەو ڕەنگانە نین کە ئێمە هەستی پێدەکەن- تەنها ناوە. ڕەنگە جیاوازەکان یەکتری ڕادەکێشن و هاوشێوەکان یەکتری دوردەخەنەوە. بەهەرحاڵ سوورێک و سەوزێک یەکتری ڕادەکێشن، هەروەها سێ ڕەنگی جیاوازی RGBیش بەهەمانشێوە. بەهێنانی کوارکی چوارەم بۆ نزیک وەها پێکهاتەیەکی سیانی لەلایەنی دوانیانەوە ڕادەکێشرێت و یەکێکیان دووری دەخاتەوە کە هەمان ڕەنگی هەیە. دوورخستنەوە دەگۆڕێت بەجۆرێک

هاوسەنگی بە ڕاکێشانی پەتییەوە وەکو ئەوەی کوارکی چوارەم لە بەرزەخدا بێت؛ ئەگەر دوو کوارکی تر بدۆزێتەوە کە هەردوو ڕەنگیان جیاواز بێت، ئەم سیانە دەکرێ بەتەواوەتی پێکەوە بنوسێن. بەم شێوە لەکاتی دروستبوونی پرۆتۆن و نیوترۆنەکاندا ئێمە ڕاکێشانی سیانی دەبینین، کە بەهۆی سروشتی سیانی بارگە ڕەنگییەکانەوەیە. بەهۆی ئەوەی بوونی بارگە کارەباییەکانی ناو ئەتۆم دەبێت بەهۆی دروستبوونی مۆلکیولەکان، هەر بەو شێوەش بارگە ڕەنگییەکان دەبن بەهۆی دروستبوونی هێشووگەلێک کە پێیان دەڵێین ناوک.

هاوشێوەیی زەق لە ڕێساکانی ڕاکێشان و دوورخستنەوە ڕەفتاری هاوشێوە دەدا بە هێزەکانی بەتین و کارۆموگناتیسی لەو مەودایانەی کە زۆر بچووکترە لە قەبارەی تاک پرۆتۆن و نیوترۆنەکان؛ بەهەرحاڵ دەوڵەمەندیی سیانی بارگە ڕەنگییە پۆزەتیڤ و نێگەتیڤەکان بە بەراورد بە تاک بارگەی کارەبایی، دەبێت بەهۆی جیاوازی ڕەفتاریان لە مەودا گەورەترەکاندا. هێزەکان کە ڕەنگ دروستی دەکەن لەمەودای 10^{-15} دا تیژ دەبن و زۆر بەهێزن، کە هەمان مەودای قەبارەی پرۆتۆن و نیوترۆنە، بەڵام تەنها کاتێک دوو تەنۆلکەکە لەم مەودادان - کە دەکەون لەیەکتر- هەربۆیە هێزەکانی دروستبوو لەلایەن ڕەنگەکانەوە تەنها لە قەبارەی ناوکیدا کردار دەکەن. بەپێچەوانەوە، هێزی کارۆموگناتیسی لەقەباری ئەتۆمی، واتە 10^{-10} مەتری کاتێک ئەتۆمەکان هاوسەنگن کاردەکات و دەکرێ لەمەودای ماکرۆسکۆپیشدا هەستی پێبکرێت، وەکو ئەو بوارە موگناتیسییەیی بەدەوری زەوییەوەیە.

ئەمە بەشێوەی سروشتی دەمانگەیەنێت بەپرسی چۆنیەتی بڵاوبوونەوەی کاریگەریی هێزەکان بە پانتایی فەزا.



وێنەی٢٢. ڕێساکانی ڕاکێشان و دورخستنەوە بۆ بارگە ڕەنگییەکان. ڕەنگە هاوشێوەکان یەکتری دوردەخەنەوە؛ ڕەنگە ناهاوشێوەکان یەکتری ڕادەکێشن. سێ کوارک کە هەرکامیان هەڵگری ڕەنگێکی جیاوازن یەکتری ڕادەکێشن و باریۆن دروست دەکەن. کوارکێک و دژەکوارکێک هەڵگری ڕەنگی دژن و دەکرێ بۆ دروستکردنی میزۆن یەکتری رابکێشن.

هەڵگرەکانی هێز

هێزەکانی وەکو هێزی کارۆموگناتیسی چۆن کاردەکەن و کاریگەرییەکەیان بە فەزادا بڵاودەکەنەوە؟ چۆن پرۆتۆنێک دەتوانێ ئەلیکترۆنێک کە 10^{-10} مەتر دوورترە بخاتە تەڵەی خۆیەوە و ئەتۆمێکی هایدرۆجین دروستبکات؟ تیۆریی کوانتەمی پێمان دەڵێت بە کرداری ئەرکدارە نێوانگرەکان- ئاڵوگۆڕی تەنۆلکەکان؛ سەبارەت بە هێزی کارۆموگناتیسی، ئەوان فۆتۆنن، واتە بوخچەگەلێکی کوانتەمی تیشکدانەوەی کارۆموگناتیسیی، وەکو ڕووناکی.

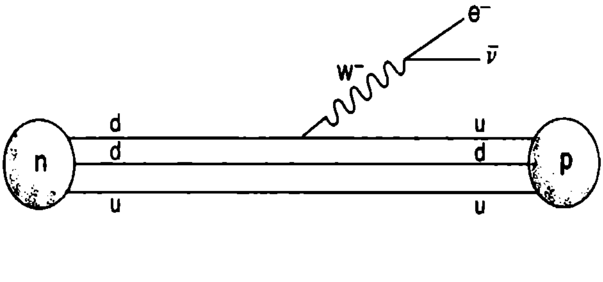
بارگە کارەبابییەکان دەکرێ تیشکەکانی کارۆموگناتیسی و ئەرکدارەکانی ئەم بوارە هەڵبمژن یان بدەنەوە؛ بە شێوەی بەراود بارگە ڕەنگییەکانیش دەکرێ تیشکبدەنەوە یان هەڵیمژن، ئەرکدار (agent)ە کەیان ناوی گلۆئۆن(gluon)ە. ئەم گلۆئانەن کە کوارکەکان پێکەوە دەلکێنن بۆ ئەوەی پرۆتۆن، نیوترۆن و ناوکە ئەتۆمییەکان دروستبکەن. بەهاوشێوەیی هێزی لاواز هەڵگرەکانی ناسراون بە بۆزۆنەکانی Wیان Z. بۆزۆنەکانی W بەدوو شێوە جیاوازن لە فۆتۆنەکان: هەم بارگەیان هەیە و هەم بارستاییەکی گەورە. بارگە کارەبابییەکەی دەبێت بەهۆی ئەوەی بڵاوبوونەکەی دزە بکاتە دەرەوەی سەرچاوەکەی- هەربۆیە نیوترۆنێکی بێبارگە کاتێک W^-ێک دەردەدا بۆ پرۆتۆن دەگۆڕێت؛ ئەمەیە سەرچاوەی هەڵوەشانەوەی بێتا W^-ێک بۆ ئەلیکترۆنێک و نیوترینۆیێک دەگۆڕێت. بارستایی W ٨٠ جار گەورەتر لە پرۆتۆن یان نیوترۆنێک. ئەگەر تۆ لە ئۆتۆمبێلێکدا بیت کە کێشەکەی یەک تەن بێت و لەپڕ ٨٠ تەن دەربدات، لەڕێیەوە تێدەگەی کە شتێک هەڵەیە! بەڵام لە جیهانی کوانتەمیدا ئەم

شتانە ڕوودەدا. بەهەرحاڵ، پێشێلبوونی هاوسەنگی وزەیە زوو تێدەپەڕێت و بەپێی کات سنووردارە کە کەڕەتکردنی لادانەکانی، دێلتای $E(\Delta E)$ کەڕەتی دێلتای (Δt) t ناکرێ گەورەتر بێت، کوانتەمی پلانکی h، یان بەشێوەی ژمارەیی $\Delta E \times \Delta t < 6 \times 10^{-25} GeV - Sec.$ ئەم سنووردارب‌وونە یەکێکە لە فۆرمەکانی پرینسیپی نادڵنیایی هایزەنبێرگ(Heisenberg Uncertainty Principle).

ئەمە واتای ئەوەیە کە بۆ چرکەیەک دەکرێ $10^{-25} GeV$ وزە دەربهێنێت یان قەرز بکەیت. قەرز کردنی ٨٠ GeV (کەمترین وزە کە تاک Wێک دروستدەکات) دەکرێ لە 10^{-25} چرکەدا ڕووبدات، ماوەیەک کە تەنانەت ڕووناکی ناتوانێت یەک لەسەر دەی پانتایی پرۆتۆنێک بپێوێت. هەربۆیە مەودایەک کە W دەکرێ هێزەکەی بۆ بگوازێتەوە تاڕادەیەکی زۆر کەمترە لە قەبارەی پرۆتۆنێک. هەربۆیە سروشتی کورت مەودای هێزی لاواز بەهۆی بارستایی لە ڕادەبەدەر گەورەی ئەو تەنۆلکەیە هەڵی گرتووە. ئێستا، مەبەست ئەوە نییە هێزەکە تا شوێنێکی دیاریکراو هەیە و دوایی لە پڕ نامێنێت؛ لەجیاتی، بەرەبەرە تیا دەچێت و تواناییەکەی بەڕادەی زۆر، لە مەوداگەلێک کە بەقەبارەی پرۆتۆنێکە دادەکەوێت. لەو مەوداگەلەدا کە هەڵوەشانەوەی بێتا دەردەکەوێت، هەر بەو هۆکارەیە کە پێی دەگوترێت هێزی لاواز.

لە ساڵی ١٨٦٤ جیمز کلارک ماکسوێل(James Clerk Maxwell) بەسەرکەوتوویی دیاردە جیاوازەکانی کارەبا و موگناتیسیی لەناو شتێکدا کە لە ئیمڕۆدا پێی دەڵێین کارۆموگناتیسی یەکانگیر کرد. یەک سەدە دواتر، گلاشۆ(Glashow)، سەلام(Salam)، واینبێرگ(

(Weinberg هێــزی کارۆموگناتیســی و هێــزی لاوازیــان لە شتێکدا کە پێیدەگوترێت تیۆریی کارۆلاواز (Electroweak) یەکــانگیر کــرد. ئەمە لاوازی دەرکەوتەی بەشــی لاوازی هێــزە یەکانگیرەکەی گەڕاندەوە بۆ گەورەیی بارستایی W، لەکاتێکدا فۆتـۆنی هێزی کارۆموگناتیسـی بێ بارسـتاییە. تیۆرییەکەیـان تەنها کاتێـک بەدروسـتی کـاری دەکـرد کە سـەرەڕای تەنـۆلکە بارگاوییەکــانی W^+ و W^- تەنــۆلکەیەکی تــریش هەبێــت، بە نــاوی Z^0 کە بارســتاییەکەی نــزیکە لە GeV۹۰. یەکێــک لە دەلالەتەکــانی کارەکەیــان بریتــی بــوو لەوەی ئەگەر کەســێک بتوانێت وزەی پێویست ئامادە بکات، بۆ نموونە GeV۱۰۰ یان زیــاتر، کە بەڕێــگەی ئەو تەنۆلکەکــانی W و Z ڕاســتەوخۆ لە تــاقیگەدا بەرهەم بێــت، دەتــوانی ببینــی کە ئەم هێــزە هەڵگــری توندییەکی هاوشـێوەی کارۆموگناتیسـییە و بەگشـتی زۆریـش لاواز نیـــیە. ئەم تـــاقیکردنەوانە کـــران و دیاردەکەیـــان پشتڕاستکردەوە.



وێنەی ۲۳. هەڵوەشانەی بیتا بەڕێگەی W: نیوترۆنێک بەدەردانی تەنـۆلکەیەکی W دەگۆڕێـت بـۆ پرۆتـۆن و خۆشـی دەگۆڕێـت بە ئەلیکترۆن و نیوترۆن.

نموونە	هەڵگر	توندی	هێزەکان
ناوکە ئەتۆمییەکان	گلوئۆنەکان	1	بەتین
ئەتۆمەکان	فوتۆن	$\sim 10^{-2}$	کارۆموگناتیسی
نیوترینۆکان	Z^0، W^-،W^+	$\sim 10^{-5}$	لاواز
هەسارە و گەلەستێرەکان	گرافیتۆن	$\sim 10^{-42}$	کێشکردن

وێنەی ٢٤. توندی ڕێژەیی هێزە جۆراجۆرەکان کاتێک لەنێوان تەنۆلکە بنچینەیەکاندا لە وزەی نزمدا بۆ نموونە پلەی گەرمی ژووردا کاردەکەن. لە وزەی سەرو GeV١٠٠ دا توندییەکانی هێزەکانی لاواز و کارۆموگناتیسی دەبن بەهاوشێوە. هەڵگرەکانی هێز پیشاندراون: گلوئۆنەکان، فۆتۆن، گرافیتۆن بێ بارستایین؛ W^+ W^- Z^0 بارستاییدارن، نموونەی ئەو بوونانەی کە پەیوەندییان بەهێزە جۆراجۆرەکانەوە هەیە، پیشاندراوە.

تەنۆلکەکانی W و Z لە ساڵی ١٩٨٣-٤ لە سێرن دۆزرانەوە، لەوێ بەشێوەی کاتی لەناو پاشماوەکانی بەرکەوتنی ڕووبەڕووی پرۆتۆن و دژەپرۆتۆنەکان دروست دەبن. لەم بەرکەوتنانەدا ژمارەیەکی زۆر پایۆن بەرهەم دێن و بەدەگمەنیش W یان Z بەرهەم دێن. ئەمە گەیشت بە تاودەرێکی تایبەتی LEP کە لە وزەی GeV٩٠ دا ڕێکدەخرێت و لەوێدا گورزە بەخولەکانی ئەلیکترۆن و پۆزیترین دەکەون لە یەکتر و هەڵدەوەشێنەوە. ئەم وزە هاوتای وزەی Zە لە دۆخی وەستاودا، هەربۆیە LEP دەکرا تەنۆلکەی Z بەجوانی بەرهەم بهێنێت. لەماوەی یەک دەیە تاقیکردنەوەدا، بەنزیکەیی سەرو ١٠ ملیۆن نموونەی Z دروستبوون و لێکۆڵینەوەیان لەسەرکرا. ئەم تاقیکردنەوانە سەلماندیان کە تێکەڵکردنی

هێزەکانی کارۆموگناتیسی و لاواز بە مەبەستی دروستکردنی تاک هێزی کارۆلاواز ئایدیایەکی دروستە. ئەوە بارستایی زەبەلاحی W و Zە هۆکاری ئەوەی کاتێک لە تاقیکردنەوە مێژووییەکاندا لە وزەی زۆر خوارتر لە GeV۱۰۰ وەکو هەڵوەشانەوەی بێتا کە دەرگیر دەبن، بەلاواز دەردەکەون.

لە کۆتاییدا ئێمە هێزە بەتینەکەمان هەیە، کە سەرچاوەکەی بۆ بارگە ڕەنگییەکان دەگەڕێتەوە کە کوارک یان دژەکوارکەکان هەڵیان گرتووە. لەم نموونەدا هێزەکە بە هۆی گلوئۆنەکان دەگوازرێتەوە. بەهۆی ئەوەی کوارک دەکرێ هەڵگری هەر سێ ڕەنگی خاوەن ناونیشانی R،B یان G بێت، گلوئۆنی دەرچویش دەکرێ هەڵگری بارگەی ڕەنگی بێت. بۆ نموونە، ئەگەر گلوئۆن هەڵگری بارگەی پۆزەتیڤ R و نێگەتیڤ B بێت کوارکێک بە بارگەی R وە لە کۆتاییدا دەکرێ هەڵگری ڕەنگی B بێت . تیۆریی کوانتەمیی ڕێژەیی، کە کرۆمۆداینامیکی کوانتەمی QCD ناسراوە، بەگشتی ۸ ڕەنگی جیاواز بۆ گلوئۆنەکان دەستەبەر دەکات.

بەهۆی ئەوەی گلوئۆنەکان هەڵگری بارگەی ڕەنگین، لەکاتی تێپەڕین لە فەزاوە دەکرێ دووبەدوو یەکتری ڕابکێشین یان دووربخەنەوە. ئەمە بە پێچەوانەی فۆتۆنەکانە کە هەڵگری هێزە کارۆمۆگناتیسییەکانن. فۆتۆنەکان خۆیان هەڵگری هیچ بارگەیەک نین، هەربەۆیە دووبەدوو هێز ناخەنە سەریەکتر. فۆتۆن دەکرێ بە سەربەستی بەناو فەزادا تێپەڕێت، هەموو قەبارەکان پڕ بکات، توندی هێزە بەرئەنجامەکەی لەمەودا دوورەکاندا بەرەو مردن دەچێت- یاسای بەناوبانگی پێچەوانەی دووجای کارۆوەستاو. گلوئۆنەکان کە هەڵگری بارگەی ڕەنگین بەهەمان ڕێگەی کە فۆتۆنەکان دەیکەن، فەزا پڕناکەن. کارلێکە دوانییەکانی ئەوان دەبێت بەهۆی ئەوەی کە

هێزەکانیـــان لەســـەر هێڵێکـــی ڕاســـت و لەئاڕاســـتە تەوەری بەستنەوە دوو کوارکە ڕەنگییەکە چڕ ببنەوە.

هەربـۆیە لەکاتێکدا فۆتۆنەکـان فەزا پـڕدەکەن و بەشـێوەی سـەربەخۆ بەمـلاولادا دەجـوڵێن، هێشـووەکانی گلوئـۆن خـڕ دەبنەوە. یەکێک لە دەرئەنجامەکانی ئەم بەهێشـوو بـوونە، ئەو ئیمکـانەیە گلوئۆنەکـان دووبەدوو بەرەو یەکتـر ڕابکێشـرێن و دۆخـی ئـاوێتەی تەمەن کـورت دروسـتبکەن کە ناسـراوە بە گلۆبـــۆل(glueballs). ئەم نزیکبـــوونەوە دوانیـــیە لەنـــاو گلوئۆندایە، لەکاتێکدا ئەوان هێزەکان دەگوازنەوە دەبێت بەهۆی ئەوەی ڕەفتـــاری دوورمەودای هێـــزە کـــارۆ موگناتیســـی و ڕەنگییەکـــان(بەتین) جیـــاوازی زۆری هەبێـــت. هێـــزی کارۆموگناتیســـی بەپێـــی پـێچەوانەی دووجـــای مەودا بەرەو نەمـان دەچێت؛ بەڵام هێزە ڕەنگییەکـان وانین. وزەی پێویسـت بـۆ دەرکێشـانی دوو سـەرچاوەی ڕەنگـی، وەکـو کوارکەکـان، لەگەڵ مەودا گەشە دەکات. لەمەودای 10^{-15} مەتریدا ئەم وزە بەرەو بێکۆتـایی دەچێـت. هەربـۆیە تـاک کـوارک نـاکرێ لە خوشـکوبراکانی جیـابکرێتەوە؛ ئەوان بەشـێوەی هێشـووی سـیانی، بەنـاوی بـاریۆن، یـان کـوارک و دژەکـوارک بەنـاوی میزون دەمێننەوە. هەربۆیە کاریگەرییەکانی بارگەی ڕەنگـی، لە مەودای زۆر دوورەوە ناوی نرا بەتین.

هەروەکو چۆن لەتاقیکردنەوەکانی وزەی بەرز پشکنینی بۆ کـراوە، لە مەودای کورتـدا، کـارۆلاواز و هێـزە ڕەنگییەکـان یەکـانگیرییەکی مەزن نیشـان دەدەن. بەشـێوەی بـاو تـاوەکو کۆتـایی ســەدەی بیســتەم، لە وزەکـانی نزمتـردایە کە ئەوان ڕەوشتیان جیاواز دەبێت: W و Z ە قورسـەکان دەبن بەهـۆی دروسـتبوونی لاوازی، بەپـێچەوانەوەوە کـارلێکی دووبەدووی

گلوئۆنەکان دەبێت بەهۆی ئەوەی هێزەڕەنگییەکان زۆر بەتین بن.

ئەوەی کە دەزانـــین بـــریتییە لەوەی، دەرەپشـــکنینی کاریگەرییەکـــانی هێزەڕەنگییەکـــان و وزەی زۆری لاواز و کارۆموگناتیســی، کە زۆر زیـاترە لەوەی دەکـریێ لە تـاقیگەدا بیپێـوین، وا دەریـدەخات هەرسـێکیان چـوونیەکن. ڕەفتـاری تەنۆلکە ئەتۆمییەکان لە وزەی زۆر بەرزدا، هاوشێوەی ئەوەی دوای تەقینـەوە مەزنەکە بەزۆری دەبینرێـت، پیشـاندەدا هێـزە ڕەنگییەکـانیش لاواز دەبـن و لە توندیـدا هاوشـێوەی هێـزی کارۆموگناتیسـین. ئامـاژەیەکی نادڵنیـاکەر بـۆ یەکـانگیریی هـــاتووتە ئـــاراوە. ئەمە بە یەکـــانگیری مەزن(grand unification of the forces) ناسـراوە، کە پێشنیاز دەکات سـادەیەکی بنەڕەتـی و یەکـانگیر لە سروشـتدا هەیە و ئـێمە تـاوەکو ئێسـتا تەنهـا نموونەگەلێـک لە پاشـماوی ناهـاوجێی ساردەوەبوومان بینیوە. ئەوەی کە بەڕاستی ئەمە دروستە یان نا بۆ هەڵسەنگاندنەکانی داهاتوو بەجێهێڵدراوە.

بەشی هەشتەم
مادە سەمەرەکان (و دژەمادە)

سروشت سیستەمێکی سێ حیزبی هەڵگرتووە- وەچەکان(generations). چاوخشاندنێک بە دژەمادە و نهێنییەکەی کە بۆچی ڕێژەکەی زۆر کەمە؛ هاوجێی لە نێوان وەچەکان کە هەرچەند بارستاییان جیاوازە، بەڵام بەشێوەی کاریگەر یەکدەگرنەوە؛ ئایدیاکان سەبارەت بەوەی وەچە پشتەسەریەکەکان لەوانەیە پەیوەندییان بە ونبوونی دژەمادەوە هەبێت؛ تاقیکردنەوەکان کە هەوڵدەدەن بەڵگەیەک بدۆزنەوە؛ و مادەی سەمەرە.

سەمەرەکی

ئێمە باسی ئەو تەنۆلکانەمان کرد کە لەکۆتاییدا هەموو مادەی سەر ڕووبەری زەوی لەوان پێکهاتوون. بەهەرحاڵ، لەپلانی سروشتدا زیاتر لەمە هەیە. تیشکە گەردوونییەکانی فەزای دەرەوە بە بەردەوامی لە ئێمە دەکەون، کە پێکهاتوون لەناوکی ئەو توخمانەی لە ئەستێرەکاندا و ڕووداوە توندەکانی تر لە هەر شوێنێکی تری گەردووندا بەرهەم دێن؛ ئەوان دەهاوێژرێنە ناو فەزاوە و هەندێکیان دەکەونە داوی بوارەکانی موگناتیسی زەوییەوە و دەکێشرێن بە سەرەوەی بەرگەهەوای زەویدا و لێشاوێک لە تەنۆلکەی دووەمی بەرهەم دەهێنن. لەساڵانی ١٩٤٠ و ١٩٥٠ دا، گورزەکانی تیشکی گەردوونی سەرچاوەی سەرەکی بوون بۆ دۆزینەوەی فۆرمەکانی مادە کە تاوەکو ئەوکات لەسەر زەوی نەناسراو بوون. هەندێک لەوان سیفەتی نائاساییان هەبوو و ناسێنران بە تەنۆلکەی سەمەرە(Strange). لە ئەمڕۆدا ئێمە دەزانین چ شتێک ئەوان لە پرۆتۆنەکان و نوترۆنەکان و پایۆنە ناسراوەکان جیا دەکاتەوە: ئەوانە هەڵگری جۆرێکی نوێی کوارکن کە ناسراوە بە کوارکی سەمەرە(Strange quark).

باریۆن و مێزۆنی سەیریش هەن. باریۆنێکی سەیر پێکدێت لە سێ کوارک کە لانیکەم یەکێک لەوان سەمەرەیە؛ ژمارەی زۆرتری کوارکە سەمەرەکان لەناو باریۆندا بڕێکی گەورەتری لە سەمەرەیی دەداتێ. مێزۆنێک پێکدێت لە کوارک و دژەکوارکێک، بەم بەراوردە مێزۆنی سەمەرە تەنها یەک دانەیە و لە کوارک و دژەکوارکێکی سەمەرە پێکدێت. دۆزینەوەی تەنۆلکە سەمەرەکان چەند ساڵ دوای ئەوە بوو کە دۆزرایەوە باریۆن و مێزۆنەکان لە کوارک دروستبوون.

سـیفەتە جۆراجۆرەکـانی تەنـۆلکە سـەمەرەکان، تیۆرییسـازەکانی بـرد بەرەو ئەوەی چەمکـی سەمەرەکی(strangeness) دابهێنن، کە زۆرجار وەکو بارگە کاردەکات: سـەمەرەکی کاتێک هێزی بەتین کاردەکاتە سـەر تەنۆلکەکـان، پـارێزراوە. بەم شـێوە کەسـێک دەتـوانێ بەهەژماردکردنی ئەوەی چ ڕادەیەک سـەمەرەکی بەشداره لەو تەنۆلکانەی هەڵیانگرتووە شرۆڤەی بکات کام پرۆسەی بەدڵە و کامی بەدڵ نییە. مێزۆنە جۆراجۆرە دیاریکراوەکان هەڵگری بڕی سـەمەرەکی +١ یا -١ن. باریۆنە سـەیرەکان بەپێی ئەم دیـزاییـنە هەڵگـری بـڕی -١، -٢، -٣ە. لە ئەمـڕۆدا دەزانـین چ شتێک ئەم پرسە دیاریی دەکات. بڕی سـەیرەکی نێگەتیڤ کە تەنۆلکەیەک هەڵگریەتی گرێدراوە بە ژمـارەی ئەو کوارکانەی هەڵیـانگرتووە. وادیـارە سروشـتی تـر بێـت کە پێناسـەی سـەیرەکی بەجۆرێک بێت کە هەر کـوارکێکی سـەیر هەڵگری یەک یەکەی پۆزەتیڤی سـەیرەکی بێت و ئەگەر پـێش ئایدیای سەیرەکی کوارکەکانمان دەناسی، بە ئەگەری زۆر وەها دەبوو. بەڵام ئێمە لەگەڵ ڕێکەوتێکی مێژوویی بەرەڕوویین، کە بەپێی ئەو ژمـارەی کـوارکە سـەمەرەکان بۆ سـەمەرەکی نێگەتیڤ و ژمـارەی دژەکـوارکە نێگەتیڤەکـان بـۆ سـەیرەکی پۆزەتیـڤ بەکاردەهێنرێت (ڕووداوێکی هاوشێوەی مێژوویی بۆ بـارگەی نێگەتیڤی ئەلیکترۆنیش هەبوو).

کوارکێکی سەمەرە بەشێوەی کارەبایش بارگاوییە و وەکو کـوارکی خـوار هەڵگـری بـڕی $-1/3$ ە، کە هەڵـبەت زۆر قورسـترە لە کـوارکی خـوار و بـڕی mc^2 ەکەی یەکسـانە بە $150MeV$ ~. لەهەمـوو لایەنەکـانیتردا وادیـارە کـوارکی سـەمەرە و خـوار چوونیەکن. بەهـۆی ئەم بارسـتاییە زیـادەی کوارکە سەمەرەکان لەچاو کوارکی سەر یان خوار، ئەگەر هەر

جارەو یەکێک لەمانە، بۆ نموونە لە نیوترۆن یان پرۆتۆن، بە کوارکی سەمەرە بگۆڕدرێت، لە ئەنجامدا ١٥٠MeV بەپێی هەر ژمارەیەکی سەمەرەکی (نێگەتیڤ) قورستر دەبێت.

ئەو باریۆنانەی هاوشێوەی پرۆتۆن و نیوترۆنن و هەڵگری سپینی ٢/١ ن لە وێنەی a٢٥ دا، لەگەڵ ناوەڕۆکە کوارکییەکەیاندا، بارگەی کارەبایی، سەیرەکی و بڕی بارستایی(یان mc^2ەکەیان بە MeV) ڕیز کراون. ڕێساکە زۆر ورد نییە، بەڵام لانیکەم بەشێوەی وەسفی ڕاستە (بارستایی ڕاستەکی، تەنانەت بۆ پرۆتۆن و نیوترۆنەکانیش، بەندە لەسەر هێزە کارەباییە جیاوازەکان لەناو پێکهێنەرەکاندا و ئەو ڕاستییەیی لەکاتێکدا قەبارەیان 10^{-15} مەترە، بەهۆی سروشتی ئاڵۆزی ئەو هێزەی کاردەکاتە سەریان بۆ هەموویان یەکسان نییە). ڕێساکە زۆر وردتر لە کۆمەڵەیەک لە باریۆنە سەمەرەکان بە سپینی ٢/٣ وەوە کە لفن لەگەڵ زرینگەی Δ(Δ resonance) لەوێنەی ٢٥ خشتەی b پیشاندراوە.

a

baryon	quarks	charge	strangeness	mc^2(MeV)
proton	uud	+1	0	938
neutron	ddu	0	0	940
Lambda Λ	uds	0	−1	1115
Sigma Σ^+	uus	+1	−1	1189
Σ^0	uds	0	−1	1192
Σ^-	dds	−1	−1	1197
Xi Ξ^0	uss	0	−2	1315
Ξ^-	dss	−1	−2	1321

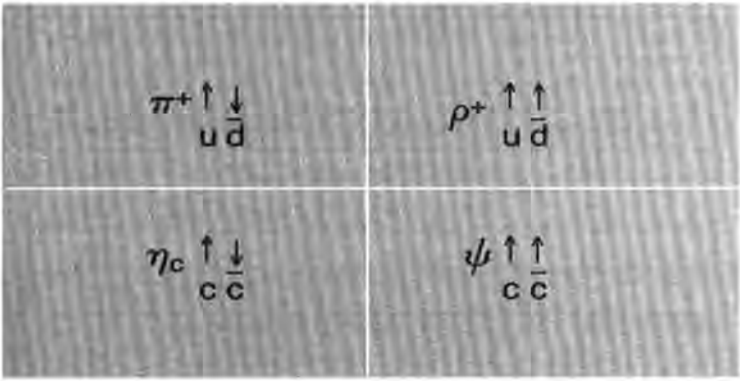
b

baryon resonance	quarks	strangeness	mc^2(MeV)
Δ^-	ddd	0	1232
Σ^{*+}	dds	−1	1380
Ξ^{*-}	dss	−2	1530
Ω^-	sss	−3	1670

وێـــنەی ٢٥. باریۆنەکـــان بە ســـپینی ٢/١ یەوە(خشـــتەی *a*) و باریۆنەکان بە سپینی ٢/٣ یەوە (خشتەی *b*- زرینگە باریۆن).

مێـزۆنیش بە ســـەیرەکی +١ وە هەن وەک $K^+(u\underline{s})$ یـــان $K^0(d\underline{s})$ هەروەهـــا $K^-(s\underline{d})$ یـــان $\underline{K}^0(d\underline{s})$ بە بارســـتایی $mc^2 \sim 500MeV$وە. هەروەهـــا مێـــزۆنگەلێکیش هەن کە هەڵگـــری هەردووی کـــوارک و دژە کـــوارکن کە هەڵگـــری سەمەرەکی نین، ئەم پێکهاتەی $s\underline{s}$ ە دەمانگەیەنێت بە سێهەم مێزۆنـــی نیوترا(بێبـــارگە) کە ناســـراوە بە ئێتـــا پـــرایم، η'، ئەمە ســـەرەڕای دوانەکەیتـــر واتە π^0 و ηە کە لەبەشـــی چـــواردا باسمان کردن.

ئەم میزۆنانە کە پێکهاتوون لە کوارکێک و دژە کوارکێک سپینە گشتییەکەیان سفرە. هەروەها کۆمەڵەیەکیش هەن کە سپینی کوارک و دژە کوارکەکەیان پێکەوە کۆدەبنەوەو دەبێت بە ١. ئەندامە سەمەرەکانی ئەم نموونە بەڕیز بریتین لە $K^{*+}(u\underline{s})$،$K^{*-}(s\underline{u})$، $K^{*0}(d\underline{s})$ و $\underline{K}^{*0}(s\underline{d})$؛ کە وەکو بەراورد کردن بە π،η و η' ناسراون بە ρ،ω و φ (ڕۆ، ئۆمێگا و فی).



وێنەی٢٦. سپینی میزۆنەکان لە کوارکەکانەوە دێت. سپینەکانی کوارکەکانی u وd پێکەوە کۆدەبنەوە و بارگەیەکی پۆزەتیڤ بەرهەم دەهێنن(ρ) یان یەکتری دەسڕنەوە و تەنۆلکەیەکی بارگە پۆزەتیڤ دروست دەکەن(π). بەهاوشێوەیی بۆ هەر ئاوێتەیەکی u و d یانs لێکدانی لەوشێوە ڕوودەدا. ئەم وێنە دەکرێ پەلبهاوێت بۆ کوارکە بەتامەکانی ئەفسوون(*charm*)، بن(*bottom*) و ترۆپک(*top*). لەناو ژمارەیەکی زۆر لەم لێکدانانە ئێمە پسییمان((ψ) *psi*) باسکردووە، کە سپینەکانیان کۆدەبێتەوە و سپینی ١ دروست دەکەن و لەفەکەی بەناوی ئەفسوونی ئێتا(η_c *eta-charm*) لێرەدا سپینەکەی سفرە.

ئەفسون

نە تەنها کوارکی خوار(d) ئامۆزایەکی قورستر لە خۆی هەیە، بەڵکو کوارکی سەمەرە (s) و کوارکی سەر (u) یش ڤێرژەنی قورستریان هەیە: کە ناسراوە بە ئەفسون(charm). کوارکی ئەفسون بڕی ئەو بارگە کارەباییەیی هەڵگرتووە هەر وەکو کوارکی سەر 2/3+ە. ئەمە زۆر قورسترە لە کوارکی سەر و بڕی mc^2ەکەی بە نزیکەیی یەکسانە بە ١٥٠٠MeV. لە هەموو بارەکانیتردا کوارکەکانی سەر و ئەفسون لەیەکتر دەچن.

سەبارەت بە کوارکەکانی سەمەرە، ئێمە باریۆن و مێزۆنگەلێکی سەمەرەمان دروستکرد کە چەندسەد MeVێک قورسترن لە هاوبەشەکانیان بە تامی سەرو خوارەوە. چیرۆکێکی هاوشێوەش بۆ کوارکەکانی ئەفسون ڕوودەدەن، بەڵام بەهۆی ئەوەی بارستاییەکەیان گەورەترە، بە بەراورد باریۆن و مێزۆنەکانیشی قورستر دەبێت. سوکترینەوەکەیان بە نزیکەیی ١٩٠٠MeV یان بەنزیکەیی ٢GeV بارستایی دەبێت. تاڕادەیەک بەهۆی ئەم بارستاییە زۆرترەوە، ئەوان بەئاسانی لەناو تیشکە گەردوونییەکاندا دروست نابن و تەنها بەدەرکەوتنی تاقیکردنەوە تایبەتەکان لە تاودەرەکانی تەنۆلکە بە وزەی بەرزەوە بوو، کە بوونی تەنۆلکە و کوارکە ئەفسۆنەکان لەچارەکی کۆتایی سەدەی بیستەم هاتە ئاراوە.

کوارکە ئەفسونەکان دەکرێ بەشێوەی سیانی لەگەڵ هەر پێکهاتەیەک لە کوارکەکانی سەر، خوار یان سەمەرە بۆ دروستکردنی بارۆنی ئەفسون یان تەنانەت هەدووی ئەفسونی و سەمەرەکی بوون یەکبگرنەوە. تەنانەت چەند نموونەیەک لە شوێنێک بینراون کە دوو کوارکی ئەفسون پەیوەست دەبن بە

کوارکێکی سەر، خوار، یان سەمەرە. ئێمە چاوەڕێ دەکەین کە سێ کوارکی ئەفسون بکرێ بۆ دروستکردنی باریۆن بە ٣ یەکەی ئەفسونەوە یەکبگرنەوە، بەڵام هێشتا چاوەڕێی بەڵگەی ڕوون دەکەین.

کوارکێکی ئەفسوون دەکرێ لەگەڵ دژەکوارکێکدا یەکبگرێتەوە، کە دەکرێ هەرکام لە دژەکانی سەمەرە، خوار یان سەر بێت. بەناوبانگترین نموونەکان، یەکگرتنی کوارکێکی ئەفسوون و دژەکەیەتی، واتە $c\underline{c}$، کە دەچێتە ناو ڕیزی پایۆنەکان و ئێتاکان، واتە $d\underline{d}$ ، $u\underline{u}$ و $s\underline{s}$ کە پێشتر باسمان کردوون. ئێتا-cی بەرهەمهاتوو کە بە η_c دەنووسرێت، کە بارستاییەکەی MeV٣٠٠٠، واتە GeV٣ ە، کە هەڵبەت سوکترین نموونەی ئەو شەبەنگەیە کە ناسراون بە ئەفسونگەراکان(charmonium). یەکەم جار بەرێگەی ئەفسونگەرایی بوو کە سیفەتی ئەفسون دۆزرایەوە.

کاتێک η_c دروست دەبێت، بەهۆی ئەوەی هەردووی c و $\underline{c}$ کە سپینەکەیان ٢/١ وە سپینی جووتەکە دەبێت بە سفر (سەیری وێنەی ٢٦ بکە). لەهەمانکاتدا ئەوان دەکرێ سپینەکەی پێکهاتەکەی خۆیان لە پێکهاتەدا دوو هێندە بکەنەوە، واتە کۆی سپینەکەیان ببێت بە ١. لەم بارەدا دۆخی دروستبوو تۆزێک قورسترە، واتە GeV٣.١ ە و ناوی پسی(psi)یە: ψ. کاتێک ئەلیکترۆن و پۆزیترۆنێک دەکەون لەیەکتر، دەسڕێنەوە، ئەگەر کۆی سپینەکەیان ١ بێت ئەمە بەئاسانترین شێوە ئەنجام دەدرێت. لە وەها کارلێکێکدا هەردووی وزە و هەروەها بڕی سپین بە پارێزراوی دەمێنێتەوە؛ ئەمە دەمانگەیەنێت بە ئەنجامێک، کە ئەگەر لێکدانی وزەی ئەلیکترۆن و پۆزیترۆن، لەگەڵ mc^2ەکەی مێزۆنێک بە سپینی ١وە یەکبگرێتەوە

کوارکێک و دژە کوارکەکەی دروست دەکەن (کە بارگەکەی نیوترایە)، هەر بۆیە دەکرێ میزۆن لە هەڵوەشانەوەی ئەلیکترۆن و پۆزیترۆن دروست ببێت. هەر بۆیە بۆ نموونە ئەگەر ئەلیکترۆن و پۆزیترۆنێک وزەی ئاوێتەکەیان بەنزیکەیی ٠.٨ GeV بێت، کە بریتییە لە بارستایی تەنۆلکە سپین ١ەکەکانی ρ و ω، دەکرێ ئەم میزۆنانە دروست بکەن؛ لە وزەی نزیک ١GeV بەهاوشێوەیی میزۆنی$s\underline{s}$ دروست دەکەن کە ناسراوە بە فی φ؛ و لە ٣.١GeV دەگەین بە $c\underline{c}$ کە ناسراوە بە پسیψ. بەم ڕێگە بوو یەکەم نموونەکانی ئەفسونگەر لە ساڵی ١٩٧٤دا دەرکەوتن و شەبەنگی تەنۆلکەکان بەرەبەرە دۆزرانەوە.

↑↑	name	mass (GeV)
$u\bar{u}$, $d\bar{d}$	ρ^0,ω	0.8
$s\bar{s}$	ϕ	1.0
$c\bar{c}$	ψ	3.1
$b\bar{b}$	Υ	9.5
$t\bar{t}$	?	370.0 (?)

وێنەی ٢٧.میزۆنەکان بە سپینی ١ وە دەکرێ بە ئاسانی بە ڕێگەی هەڵوەشانەوە e^+e^- دروست بکرێت. سەرەڕای ئەوە فۆتۆنێک و z^0 یش دەکرێ دروست بین کە لە کوارک پێکنەهاتوون.

میزۆنەکـــان کە ســـپینەکەیان ١ە بەئاســـانی دەکـــرێ لە هەڵوەشـــانەوەئ e^+e^- وە بەرهەم بـــێن. ســـــەرەڕای ئەوە فۆتۆنێـــک و Z^0 یـــش دەکـــرێ دروســـت بـــبن کە لە کـــوارک پێکنەهـــاتوون. ئەو تەنۆلکـــانەی کە هەڵگـــری ســـەمەرەکی یـــان ئەفســـونن هاوســـەنگ نـــین. بارســـتاییەکەیان گەورەتـــرە لەو باریۆنانەی کە بە بێ ئەفسـون یان سـەمەرەکین، هەربۆیە وزە زاتییەکەیـــان کە بە mc^2 پیشـــاندەدرێ زیـــاترە. هەربـــۆیە هەرچەنـــــد تەنۆلکەکـــــانی ســـــەمەرەکی و ئەفســـــون لە بەرکەوتنەکـانی وزەی بەرزی تاودەرەکانـدا بەرهەم دێـن، یـان تەنـــانەت لە وزە لە ڕادەبەدەر زۆرەکـــان کە دوای تەقیـــنەوە مەزنەکە(بیگبانـــــگ) بـــــاو بـــــوون، بەڵام ئەوان بەخێرایـــــی هەڵدەوەشـــن و تەنهـا ئەوەی مـاوەتەوە کوارکەکـانی ســەرو و خـوارە کە لەبـاریۆنە ئاسـاییەکاندا بـۆ دروسـتکردنی جیهـانی ئەمڕۆمـان دەربـاز بـوون؛ واتە میزۆنەکـان لە کۆتاییـدا بەهـۆی لەناوچوونی کوارک و دژەکوارک پێکەوە، تیادەچن و لە دوای خۆیان فۆتۆن، ئەلیکترۆن و نیوترۆن وەکو بەرهەمـی کۆتـایی هاوسەنگ بەجێدەهێڵن.

بن و ترۆپك

لە سـەرەوە بینیمـان چـۆن سروشـت، بـۆ ئەوەی کـۆمەڵەی دووەم دروسـت بکەن، تامەکانی کوارکە بنەڕەتییەکـانی خـۆی دووپـات دەکـاتەوە، واتە کوارکەکـانی سـەمەرە و ئەفسـون، بە هەمـان بـارگەوە بەڵام بە بارسـتایی گەورەتـر لە ئامۆزاکانیـان، واتە لە خـوار و سـەر. بەدروسـتی دەکـرێ بپرسـین بـۆچی؟ هەڵبەت ئەمە کۆتایی چیرۆکەکە نییە؛ سروشت لە کۆمەڵەیەکی سـێهەمیش سـوودی بینیـوە، کە کـوارکی زۆر قورسـترن، بەهەمـان بـارگەی کارەبـاییەوە کە پێشـتر باسـمان کـرد. بەم

شێوە ئێمە کوارکی بن(b) (bottom) بە mc^2 ی GeV٤.٥ و بـارگەی $1/3-$وە و کـوارکی ترۆپـک(t)(trop)یـش هەیە کە mc^2 ەکەی بەنزیکەیـــی GeV١٨٠ە (ئەمە هەڵەی نووســـین نیـیە!)، بارگەکەشـی $+2/3$ە. چـۆن سروشـت ئەم بارسـتاییە گەورەیە دەکرێ دروستبکات، کە دەکرێ بەراورد بکرێت بە ئەتۆمێکی زێڕ کە لە فەزای 10^{-18} مەتردا خڕبووەتەوە؛ ئەمە یەکێکە لە نهێنییە گەورەکانی سـەدەی ٢١. لەهەنـدێک لە باسـە زانستییەکاندا لە جیاتی ترۆپک و بن پێیان دەگوترێت ڕاسـتی (truth) و جـوانی(beauty)؛ ئەمەی دوایـی بەگشـتی لەسـەری ڕێکەوتـن دروسـتبووە، هەربـۆیە لێرەدا مـن بە ترۆپـک و بـن ناویان دەبەم. باریۆن و مێزۆنیش دروست دەبـن کە هەڵگری کوارک یان دژەکوارکەکانی (بن-b)ن و لەڕاستیدا هاوشێوەی ئەوانەن کە هەڵگـری کـوارکی سـەمەرەن بە هەمـان بـارگەوە. سـوکترینی مێزۆنەکـانی بـن، بارسـتایی یـان mc^2 یەکەیـان لەدەوروبەری GeV٥دایە. هەر بەهەمـان شـێوەی سـەمەرە باریۆنەکـانی (بن)یـش دروسـت دەبـن. ئەوەی سـەبارەت بە سیفەتەکانیان دەبێ بینوسـین زۆر کەمە؛ بەهەرحـاڵ، ئەگەر تۆ دەتەوێ دەربارەیـانەوە زۆر بزانـی سـەیری خشـتەی تەنـۆلکە سەمەرەکان بکە، و لەجیاتی s بنووسە b و بۆ هەر کوارکێکی b یـان دژە کـوارک GeV٤.٥ زیـاد بـکە. مێزۆنەکـانی بـن لەم دیـدگاوە سـەرنجڕاکێش بێـت، کە لەوانەیە سـەرەداوێک بـۆ مەتەڵـی بـۆچی گەردوون جـگە لە هەنـدێک بەدەر(ئیستسـنا) لەجیـاتی دژەمـادە لە مـادە دروسـتبووە، بخـاتە بەردەسـت. هەروەهـا شـەبەنگێکی لە دۆخەکـانی بـنگەری (بۆتۆمیـوم-bottomonium) بە بەراورد بە ئەفسـونگەری (charmonium) لە ئـارادایە: بـنگەری پێکهـاتووە لە $b\underline{b}$ ، کە سوکترینەکەیان بارستاییەکەی GeV٩.٥ە.

لەوانەیە لەم دیـــدگاوە چـــاوەڕێ بکەیـــت مێزۆنەکـــان و باریۆنەکـــانی هەڵگـــری کـــوارکی تـــرۆپکیش لە ئـــارادا بێـــت، بەسیفەتی هاوشێوەی تەنۆلکە ئەفسونەکان (ترۆپک و ئەفسـون هەمـان بارگەیـان هەیە) و سـیفەتی سـەرەکییان بریتییە لەوەی کە ئەوان بارســـــتییەکەیان بەنزیکەیـــــی GeV٢٠٠ە کە زۆر قورسترە لە هاوتا ئەفسونەکانیان. بەڕاستی لەوانەیە وەها بێت و هەبـن، بەڵام جـارێ کەس هیچـی لـێ نازانێـت، چـونکە ئەو تواناییەمـــان نیـــیە کە بتـــوانین ئەم تەنـــۆلکە زەبەلاحـــانە بـــۆ لێکۆڵینەوەی ورد دروسـت بکەیـن. لەگەڵ ئەوەشـدا گومـانێکی بەهێـز سـەبارەت بە دروسـتبوونی ئەم تەنۆلکـانە لە ئـارادایە. کێشـــەکە ئەوەیە کە کـــوارکە ترۆپکەکـــان لەهەمانکاتـــدا زۆر زەبەلاحـن، زۆریـش تەمەنیـان کـورتە، کە کەمتـر لە 10^{-25} چرکەیە، لەوانەیە کاتی ئەوەیان نەبێت بتوانن کوارکێکی تر یان دژەکوارکێک بگرن بۆ ئەوەی دۆخە داخراوەکان دروستبکەن کە ئێمە پێیان دەڵێین میزۆن و باریۆن.

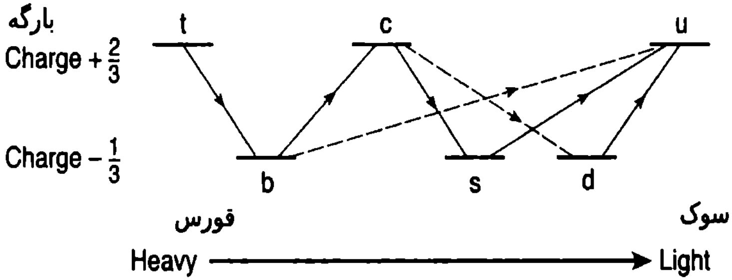
هەڵوەشـــــانەوەکە بەپێـــــی پرۆســـــەیەکی هاوشـــــێوەی ڕادیۆئـاکتیڤیتی ڕوودەدەن. هەروەکـو چـۆن کاتێـک نیـوترۆن دەگۆڕێـــت بە پرۆتـــۆن، کـــوارکێکی خـــواریش دەگۆڕێـــت بە کـوارکێکی سـەر (کە سـوکترە) و وزە لە فـۆرمی ئەلیکتـرۆن و نیوترینۆیەک (بەشێوەی تەکنیکی دژە نیوترینۆ)،

$$d \rightarrow u(e^{-}\underline{\nu})$$

کوارکە قورسـەکانیش کارێکی لەو شێوە دەکەن. جیـاوازی بـارگەی کوارکێـک وکـوارکێکی تـر یـان سـفرە یـان ±1ە. لە نمـوونەی دوایـیدا، هەڵوەشـانەوەیەک دەکـرێ لە کـوارکێکی قورسترەوە بۆ کوارکێکی سـوکتر ڕووبدات و ئەلیکتـرۆن یـان پۆزیترۆنێک دەربکات (لەگەڵ نویترینۆ یان دژەنیوترینۆیەک)، هەر بۆیە دەکرێ تاقگەیەک لە هەڵوەشانەوەمان هەبێت.

$$t \to b(e^+\nu); b \to c(e^-\underline{\nu}); c \to s(e^+\nu); s \to u(e^-\underline{\nu})$$

لە قۆناغی کۆتاییدا تەنۆلکەیەکی هاوسەنگی تەمەندرێژی وەکو پرۆتۆن بەجێ دەمێنێت. ڕێگەپێدراوە، هەنگاوێکی ئەم زنجیرەی هەڵوەشانەوە ون ببێت. بۆ نموونە $t \to d(e^+\nu)$ یان $\underline{\nu}b \to u(e^-)$ هەروەها بەئەگەرێکی نزم ڕێگەپێدراوە کە کوارکی ئەفسوون ڕێچکەیەکی تر بگرێتە بەر $c \to d(e^-\underline{\nu}); d \to u(e^+\nu)$ کوارکەکانی d و u هەڵگری بارستاییگەلێکی هاوشێوەن کە لە بارستاییە هاوشێوەکانی نیوترۆن و پرۆتۆندا ڕەنگدەداتەوە، بەشێوەیەک $d \to u(e^-\underline{\nu})$ هێواشە، بۆ نموونە نیوەتەمەنی نیوترۆنێکی سەربەست دە خولەکە. جیاوازی بارستاییەکانی تر گەورەیە و پرۆسەکان خێراتر ڕوودەدەن، سەبارەت بە ترۆپک ئێمە پێمان وایە زۆر خێرایە، بەشێوەیەک باریۆنەکان و مێزۆنەکان کاتی دروستبوونیان نابێت.



وێنەی ٢٨. هێزی فەرمانڕەوا لەسەر هەڵوەشانەوەکانی کوارک هێزی لاوازە. هەر تیرئاسایەکی ڕوو لەخوارەوە پیشاندەری دەرچوونی $e^+\nu$ە؛ هەر تیرئاسایەکی ڕوو لەسەرەوە پیشاندەری $e^-\underline{\nu}$ ە، دوو ڕێچکەی کەم ئەگەرتر بە تیرئاسای بڕبڕ پیشاندراوە.

کێ داوای ئەمەی کردووە؟

جیهانی ئێمە پێکهاتووە لە کوارکی سەر(u) و خوار(d)، ئەلیکترۆن و نیوترینۆ. دوایین دانە ناسراوە بە ئەلیکترۆن-نوێترینۆ(electron-neutrino) و بە سیمبولی ν_e پیشاندەدرێت، بەواتای ئەوەی دەستەخوشکی ئەلیکترۆنە. سروشت بە ڤێرژەنە قورسەکانی کوارکەکانی ئەفسون (c)و سەمەرە (s)و هەروەها بن (b)و ترۆپک(t)، کە هەموویان بارگەکەیان$-1/3$ و $+2/3$ە سێ جارە دەکاتەوە. تەنها سەبارەت بە کوارکەکان نییە کە سروشت ئەم کارە دەکات؛ ئەم جۆراجۆرییە بۆ هەرکام لە سێ لێپتۆن(lepton)ەکانیش هەیە. ڤێرژەنێکی قورستری ئەلیکترۆن هەیە کە ناسراوە بە موئون بە سیمبولی μ^-. ئەویش هاوشێوەی ئەلیکترۆن بارگەکەی نێگەتیڤە. موئون (و ڤێرژەنە دژەکەی μ^+) وادیارە لەهەموو بارێکەوە لەگەڵ ئەلیکترۆن و پۆزیترۆن یەکسانن، بەو جیاوازییەوە کە بارستاییەکەی ٢٠٧ جار گەورەترە و mc^2ەکەی بەنزیکەیی ١٠٥MeV ە. لە هەڵوەشانەوەکانی هێزی لاوازدا موئون لەگەڵ نیوترینۆیەکدا دەردەچێت، بەڵام نیوترینۆکەی جیاوازە لە ν_e. ئێمە بەمە دەڵێین نیوترینۆی موئون و بە سیمبولی ν_μ پیشانی دەدەین هەڵبەت (دژێکیشی هەیە کە بە $\underline{\nu_\mu}$ پیشاندەدرێت).

سێیەم کۆمەڵەی لیپتۆنەکانیش هەیە. کە پێکدێت لە تاو(tau)، کە تەنۆلکەیەکی هاوشێوەی ئەلیکترۆنە، بەڵام بارستاییەکەی بەنزیکەیی ٢GeV (ئەمە بە τ^- پیشاندەدرێت و دژەکەشی بریتییە لە τ^+) و نیوترینۆ (و دژە نیوترینۆ)ی گرێدراویش بریتی دەبێت لە $\nu_\tau(\underline{\nu_\tau})$.

نیوترینۆکان بە بارستاییەکەیان لەیەکتری جیادەکرێنەوە کە زۆر بچووکتر لەوەن بپێورێن، هەربۆیە ئێمە دەستمان کردووە بە پێوانی ئەو جیاوازییە کەمەی کە لە بارستاییدا هەیانە. بەکورتی وادیارە کە بارستاییە سیفەتی سەرەکی جیاوازی سێ نەوەی تەنۆلکە بنەڕەتییەکان. لە لێکۆڵینەوە لە بۆزۆنی Z وە دەزانین کە ئیتر هیچ جۆرە نیوترینۆیەکی سوکتر لە سروشتدا نییە. چونکە ئێمە دەتوانین درێژەتەمەنی Z_0 بپێوین، کە دەرکەوت هەر ئەوە بوو لەلایەن تیۆریسازەکانەوە پێشبینی کرابوو، کە تەنها ۳ جۆری جیاوازی نیوترینۆ دەکرێ لەکاتی هەڵوەشانەوەیدا دروست ببێت. هەرچی ژمارەی نیوترینۆکان زیاتر بێت Z_0 خێراتر هەڵدەوەشێت. ئەگەر نیوترینۆی زیاتر هەبێت تەمەنی Z_0 کورتتر دەبێتەوە کە دژ دەبێت بەوەی لە ڕاستیدا دەبینرێت. هەربۆیە ئەنجامگیرییەکە بریتییە لەوەی کە تەنها ۳ جۆری جیاواز لەم نیوترینۆ سوکانە هەیە. بەسەرنجدان بەم ئەنجامە، چونکە پێمانوایە هەر نیوترینۆیەکی جیاواز لفی لیپتۆنێکی بارگە نێگەتیڤە، کە ئەویش بەنۆبەتی خۆی لەگەڵ دوو کوارکی جیاواز بە بارگەی $-1/3$ و $+2/3$ وە لفە. کەوابوو دەکرێ هەموو ئەم پارچە بنچینەییانە بناسینەوە و ڕێکیان بخەین. هەر کام لەم لیپتۆنانە سپینەکەیان ½ ە. هەر بۆیە وادیارە سروشت سێ وەچەی تەنۆلکەی بنەڕەتی بە سپینی ½ وەوە دروستکردووە. بۆچی سێ؟ ئێمە نازانین. بۆچی تەنانەت ۱ کەس لەمە ناڕازی نەبوو؟ لێرەشدا دووبارە بە دڵنیاییەوە نازانین، بەڵام پێمانوایە لەوانەیە ئەمە پەیوەندی بە مەتەڵێکی ترەوە هەبێت: بۆچی لە گەردووندا ناهاوسەنگی لەنێوان مادەو دژەمادەدا هەیە؟

Quarks	e = +2/3	u	c	t
	e = −1/3	d	s	b
Leptons	e = −1	e	μ	τ
	e = 0	ν_e	ν_μ	ν_τ

وێنەی ٢٩.کوارکەکان و لیپتۆنەکان. کوارکەکانی بارستاییەکەیان بەنزیکەیی ٥-١٠ *MeV* ە و سەمەرەکی بارستاییەکەی ١٥٠*MeV*ە. کاتێک لەناو هادرۆندا حەپس دەبن، وزەی زیاتریان دەستدەکەوێت بارستاییەکانیان بەڕێز بەنزیکەیی ٣٥٠*MeV* و ٥٠٠*MeV* ە. بارستایی کاریگەریی کوارکە قورسترەکان زۆر ناکەونە ژێر کاریگەریی حەپسبوونیان لەناو هادرۆنەکاندا. بارستاییەکەیان بۆ ئەفسون ١.٥~*GeV*، بن ٤.٥~*GeV*و ترۆپک ١٨٠~*GeV*ە.

(کێ داوای ئەمەی کرد(*who ordered that*)؟ وتەیەکی بەناوبانگی زانای سویدی ئیسیدۆر ئیسحاق ڕابییە. وەکو کاردانەوەیەک بۆ دۆزینەوەی تەنۆلکەیەکی نوێ (موئون) لە ساڵی ١٩٣٦، دوای ئەوەی کە زۆربەی زاناکان گەیشتبوون بەو ئەنجامەی کە هەموو تەنۆلکە سەرەتاییەکانیان دۆزیوەتەوە)

مەتەڵی دژەمادە

دژەمادە خەرمانەیەک لە نهێنی داپۆشیوە، مژدەی هاتنە ئارای دوانەیەکی سروشتیمان دەداتێ کە چەپەکەی ڕاستە، باکورەکەی باشورە و کات بە پێچەوانەوەیە. بەناوبانگترین سیفەتی توانایيەتی بۆ لەناوبردنی مادەکانی ئێمەیە و

دروستکردنی چەخماخەیەکی ڕووناکی و گۆڕینی بۆ وزەی پەتی. لە چیرۆکە زانستییە خەیاڵییەکاندا، دژەهەسارەکان (antiplanet) گەشتیارەکان بەرو فەنا دەبەن، تەنانەت ئەوکاتەشی، کە دژەهایدرۆجین وزە دەدا بە مەکینەی موشەکە ئەستێرەبڕەکان. لەڕاستیدا، بەسەرنجدان بەوەی هەرچی کە چەندین دەیەیە فیزیای ئەزموونی فێرمانی کردووە کە گەردوونە تازە لەدایکبووەکە بریتی بوو لە مەنجەڵێکی زەبەلاحی وزە، کە مادە و دژەمادە بەشێوەیەکی هاوسەنگی تەواو لەگەڵ یەکتر تێکەڵ بوون. ئەمە پرسیارێک دەهێنێتە ناو مێشکمانەوە: چۆنە مادە و دژەمادە خێرا یەکتریان نەسڕییەوە؟ چۆنە ئێستا و دوای ١٤ ملیارد ساڵ بەگشتی گەردوون شتی تێدایە؟

ئەمە مەتەڵی بوونی ئێمەیە. ئێمە لە مادە دروستبووین و هیچ مینێکی دژەمادەش لەسەر زەوی لەئارادا نییە، کە مادەی دەوروبەری بەشێوەیەکی کارەساتبار تیا ببات. وادیارە بەڕێکەیەک، چەند سات دوای تەقینەوە گەورەکە، مادە توانی زاڵ ببێت و دژمادە سڕایەوە، وزەی گەرمایی ئەم تێکچوونە مایەوە (لە ئەمڕۆدا ٣ پلە بەرزترە لە سفری ڕەها و ناسراوە بە تیشکدانەوەی پاشخانی مایکرۆشەپۆل) و زیادەی مادە لە کۆتاییدا بەشێوەی گەلەستێرەی ئەستێرەکان خڕ بوونەوە. شتێک دەبێت هەبێت کە جیاوازی لە نێوان مادە و دژەمادەدا دروست بکات.

زنجیرەی ڕووداوەکان، کە ئەو توانایەیی بەخشی پارچەکانی مادە لەناو ئەستێرەکاندا بکوڵێن، لە کۆتاییدا دەبن بەوەی کە پێکهێنەری کۆمەڵەی مادەن و لە ئێمڕۆدا دەبینرێن و لەبەشی دواتر شرۆڤەی دەکەین. لێرەدا ئێمە ئەم پرسیارە

دەهێنینە ئاراوە کە چۆن مادە و دژەمادە دەکرێ لەگەڵ یەکتر جیاواز بن.

ئەم پرسیارە ساڵەهای ساڵە فیزیایی و گەردووناسەکانی بەخۆیەوە سەرقاڵکردووە. سەرەداوێکی بنەڕەتی لەساڵی ١٩٦٤دا دۆزرایەوە و بەتازەیی و بەدوای دۆزینەوە و پێشکەوتنەکان لە تەکنەلۆژیادا، ئەو هەلە هاتووەتە ئاراوە تاوەکو لەو سەرداوەوە گومانلێکراوەکە بدۆزرێتەوە. سەرەداوەکە ئەم دۆزینەوەیە، کە سروشت هەڵگری ناهاوسەنگییەکی بچووکە، حەز بۆ ڕەفتاری دیارکراوی تەنۆلکە سەمەرەکانی وەکو K^0 و $\underline{K}^0$.

تەنۆلکە سەمەرەکان لە ساڵی ١٩٤٧ لەناو پاشماوەکانی بەرکەوتنی تیشکەگەردوونییەکان لەدیوی دەرەوەی بەرگەهەوای زەوی دۆزرانەوە. تێگەیشتن لەوەی کە مادەسەمەرەکان(exotic stuff) لە گەردوون هەن یارمەتیدەر بووە بۆ ئیلهامی دروستکردنی تاودەرەکانی تەنۆلکە، کە بە بەرفراوانی توانای بەرهەمهێنانی تەنۆلکە سەمەرەکانی لە نموونەی مێزۆنەکانی Kی هەیە. بەم شێوە بوو کە لەساڵی ١٩٦٤ لەلایەن تیمێکی فیزیاییەکان لە تاقیگەی نیشتیمانی برۆکهاڤن(Brookhaven) لە نیویۆرک دۆزرایەوە، کە بەنزیکەیی یەک لە ملیۆنجار مادەو دژەمادە لە هەڵوەشانەوەی مێزۆنەکانی Kدا هاوتا نەبوون.

سروشتی ئەم ناهاوجێیە بەڕادەیەک وردە کە لێکۆڵینەوە لێی یەکێکە لە قورسترین و وردترین پێوانەکان لە فیزیای نوێدا. ئەم سەرکەوتنە بەدوای دۆزینەوەی یەکەم نموونەی تەنۆلکەکانی "بن" لەساڵی ١٩٧٧ دا بوو، کە لە ڕاستیدا ئەوان ڤێرژەنی قورستری تەنۆلکەکانی سەمەرەن. هەروەکو چۆن تەنۆلکە سەمەرەکان دەکرێ جیاوازی بکەن لە نێوان مادە و

دژەمادە، تەنۆلکەکانی "بن"یش لەوانەیە وابن. لەڕاستیدا کاتێک کوارکەکانی بن و ترۆپک دۆزرانەوە و سەلما سروشت لە سێ وەچەی کوارکەکان و دژەکوارکەکان دروستبووە، بەسەرسووڕمانەوە هاوکێشەکانی بەرئەنجام وادەردەکەون کە ناهاوجێی لەنێوان مادە و دژەمادەدا بۆ تەنۆلکەکانی بن بەنزیکەیی حەتمییە. پێشبینی دەکرێت ناهاوجێی ورد لەنێوان K^0 و $\bar{K}^0$ لە هاوتا "بن"ەکاشی واتە B^0 و $\bar{B}^0$ زۆر گەورەتر بێت. ئایا بوونی ٣ وەچە و بەتایبەتی کوارکەکانی نزم دەکرێ بەڕێگەیەک کلیلی مەتەڵەکە بێت. بەهۆی تەنۆلکەکانی بن کە لە یەکەم ساتەکاندا بە بەرفراوانی لەگەردووندا هەبوون، ئایا دەکرێت ئەم نهێنییە کە چۆن مادە زاڵ بوو بەسەر گەردووندا بکاتەوە؟ بۆ دۆزینەوەی وەڵامەکە پێویستە بە ملیارد B^0 و $\bar{B}^0$ ت دەستکەوێت و بەوردی لێکۆڵینەوەی لەسەر بکەیت. بۆ ئەنجامدانی ئەمە، "کارگەکانی B"- تاودەرەکانی e^- و e^+ کە بەگشتی وزەکەیان لەدەوروبەری ١٠GeV دایە، ژمارەیەکی زۆر B^0 و $\bar{B}^0$ دروست دەکەن- لە کالیفۆرنیاو ژاپۆن سازکران. ئەمانە مەشینگەلێکن تاڕادەیەک چڕ و کۆ، کە چێوەکەیان تەنها چەند سەدمەترێکە، بەڵام هەڵگری گورزەکانی وزەبەرزی تەزووی کۆنترۆڵکراون بە وردبینییەک کە هەرگیز پێشتر پێی نەگەیشتبووین.

تاودەرەکان لەساڵی ١٩٩٩ تەواو کران و تاقیکردنەوە بۆ کۆکردنەوەی داتا سەرەتاییەکان دەستی پێکرد. بۆ دەسکەوتنی ئەنجامی دڵنیاکەر پێویستە ژمارەیەکی یەکجار زۆر تەنۆلکەی بن خەڵق بکرێن و لێکۆڵینەوەیان لەسەر بکرێت. ئەمە وەکو هەڵدانی پارەی ئاسنە: بەشێوەی بەختەکی لەوانەیە ٥جار پشتەسەریەک شێر و ١٠ جار پشتەسەریەک خەت بێت. بەڵام

ئەگەر ئەمە بەردەوام درێژە بکێشێت بەواتای ئەوەیە ئەو پارەی ئاسنە شتێکی تایبەتی تێدایە. لێکۆڵینەوە لە تەنۆلکە کەم تەمەنەکانیش هەر بەو جۆرەیە. ئەوان زۆر کەمتر لە چاوتروکاندنێک دەژین و ئەمە شتێکە دوای مەرگیان دەمێنێتەوە، ئەگەر حەزت لێ بێت لە بارەیانەوە بزانی دەبێت کۆدی پاشماوەکانیان (تۆ بڵێ بە بەردەبووەکانیان) بکەیتەوە. پێویستە ژمارەیەکی زۆر لەم بە بەردبوانە هەبێت تاوەکو دەربکەوێت ئایا جیاوازییەکە هەقیقییە یان لە ئەنجامی بەختەوەیە.

ژمارەیەکی زۆر بەبەردبوو هەیە کە دەبێت لێکۆڵینەوەی لەسەر بکرێت و تیمە پسپۆرەکان لەم دوو تاودەرەدا دەستیان کردووە بە کۆکردنەوەی داتا و پێوانی سیفەتەکانی چەندین نموونە لەمانە. لەناو ئەمانەدا هەندێ جۆرێکی تایبەتی هەیە کە ناسراون بە ڕووداوەکانی "پسی کەی کورت" (psi-K-short)- لێرەدا B^0 و $\underline{B}^0$ هەڵدەوەشێن و ψ و تێکەڵەیەکی تایبەتی لە K^0 و $\underline{K}^0$ بەجێدەمێنێت- کە تیۆرییسازەکان پێشبینی دەکەن خێراترین پیشاندەری جیاوازییە لە نێوان مادەی بن و دژەمادەی بن. تاوەکو ۲۰۰۳ ڕوون بووەوە کە ئەم هەڵوەشانەوەیە گەورەترین جیاوازی نێوان مادەو دژەمادە پیشان دەدا، هەر بەو شێوەی پێشبینی کرابوو. چەندین ساڵی دەوێ، تاوەکو دەربکەوێت ئایا ئەوان وەڵامێکی تەواویان بۆ مەتەڵی مادەو دژەمادە سەبارەت بە ناهاوجێی لە ئاستی گەورەدا و لە بنچینەیترین توخمەکانی مادەدا دەستدەکەوێت، یان نەخێر ناهاوجێی پیشاندراو لەلایەن تەنۆلکەکانی "بن"وە تەنها دیاردەیەکی نهێنیئامێزە لەناو فۆرمە سەیرو سەمەرەکانی مادەدا.

بەشی نۆیەم
مادە لە کوێوە هاتووە؟

ئەستێرەکان لە هایدرۆجینی خاوەوە توخمە قورسەکان دروست دەکەن. تۆوی هایدرۆجینش بریتییە لە کوارکەکان. سەبارەت بە ڕەفتاری تەنۆلکەکان لە گەردوونی سەرەتایدا چی دەزانین؟

ئێمە بەهۆی کۆمەڵەیەک ڕووداوی بەڕێکەوتی بەختەکییەوە هەین: ئەو ڕاستیەیی کە خۆر بەنرخێکی دروستەوە دەسوتێت (ئەگەر خێراتر بوایە پێشئەوەی ژیانی زیرەک بەختی دروستبوونی هەبێت دەبرژان؛ هێواشتر بوایە لەوانەبوو وزەی پێویست بۆ بایۆکیمیا و هەرچەشنە ژیانێک لە ئارادا نەبوایە)؛ ئەو هەقیقەتەی کە پرۆتۆنەکان- تۆوی هایدرۆجین- هاوسەنگن، ئەو توانایییە دەدا بە ئەستێرەکان توخمە کیمیاییەکان کە بنچینەین بۆ زەوی دروست بکەن و ئەو ڕاستییەیی کە نیوترۆنەکان تۆزێک قورسترن لە پرۆتۆنەکان، توانایی دەدا بە ڕادیۆئاکتیفیتی بێتا، کە گۆڕینی پرۆتۆنی هایدرۆجینی بۆ هیلیۆم لێ دەکەوێتەوە و ئەمەش توانایی دەدا

بە خۆر بدرەوشێتەوە، ئەگەر هەرکام لەمانە یان چەندانی تر تۆزێک بگۆڕێن، ئێمە لێرە نابین.

ئێمە و هەموو شتێک لە ئەتۆم پێکهاتووین. ئەم ئەتۆمانە لە کوێوە هاتوون؟ بەم دواییە (مەبەستم ٥ ملیارد ساڵ لەوەو پێشە!) ئەوان لەناو ئەو ئەستێرانەی کە لە مێژبوو نەمابوون لە پرۆتۆنەکانەوە واتە لەناوکی سادەترین توخمی ئەتۆمی- هایدرۆجین، دروستبوون. پرۆتۆنەکان زۆر پێشتر لە گەردووندا دروست ببوون، پێکهاتە کوارکییەکەیان و هەروەها ئەلیکترۆنەکان لەیەکەم ساتەکاندا دروستبوون. ئەم بەشە شرۆڤەی ئەوە دەکات چۆن ئەو مادەی ئێمەی لە دروستبووین هاتووەتە ئاراوە.ئەوە پرۆتۆنە سەرەتاییەکانن کە خۆریان پێکهێناوە، کە تاوەکو ئێستاش دەسوتێ. با سەرەتا شرۆڤەی ئەوە بکەین خۆر چۆن کاردەکات و وزەی پێویست دەخاتە بەردەست بۆ ئەوەی ئێمە هەبین.

هایدرۆجین سادەترین ئەتۆمە، کە ئەلیکترۆنێکی بارگە نێگەتیڤ لەدەوری پرۆتۆنێکی پۆزەتیڤی ناوەندیٚ دەسوڕێتەوە. تارادەیەک هایدرۆجین لەسەر زەوی نایابە (جگە لەکاتێک لەناو گەردی ئاودا حەپس دەبێت- H_2O بەڵام لە گەردوونی گەورەدا بەگشتی باوترین توخمی ئەتۆمییە. لەپلەی گەرمی زەویدا ئەتۆمەکان دەکرێ ڕزگاریان ببێت، بەڵام لە پلەی گەرمی بەرزتردا، چەند هەزار پلەی سەدی، ئەلیکترۆنەکان ئیتر لە حەپسدا نابن و بەسەربەستی دەجووڵێن: دەگوترێ ئەتۆمەکە بووە بە ئایۆن(Ionized). ئەمە ئەو شتەیە لەناو خۆردا ڕوودەدا: ئەلیکترۆن و پرۆتۆنەکان بەشێوەی سەربەخۆ لە دۆخێکی مادەدا کە ناسراوە بە پلازما(plasma) کۆدەبنەوە.

پرۆتۆنەکان دەکرێ بکەون لە یەکتر و کۆمەڵەیەک پرۆسەی ناوکی دەستپێبکەن کە لە کۆتاییدا چوار لەوان دەگۆڕێن بە ناوکی سادەترین توخمی دواتر؛ واتە هیلیۆم. وزی

حەپس بوو لەناو ناوکی هیلیۆم (واتە $E = mc^2$) کەمترە لە وزەی چــوار پرۆتــۆنە ســەرچاوەییەکە. ئەم وزە زیــادەیە بەفەزای دەوروبەردا بڵاودەبێــتەوە، هەندێکیشــی لە کۆتاییــدا زەوی گەرم دەکات.پرۆتۆنەکان بۆ یەکبوون و دروستکردنی هیلیۆم دەبێت بەریەکتر بکەون. ئەمەش قورسە، چونکە بارگە پۆزەتیڤەکەیان یەکتری دووردەخەنەوە و دووریبیان لە یەکتر دەپــارێزن. بەهەرحــاڵ، گەرمــی ١٠ میلیــۆن پــلەی ســەدی جووڵەوزەی پێویستیان دەداتێ تاوەکو هێندە نزیک ببنەوە و پرۆسەی ناوکەیەکبوون دەستپێبکات. ئەمە بەسە بۆ ئەوەی دوای ٥ ملیارد ساڵ لەدوای خەلق بوون هەر پرۆتۆنێک تەنها ٥٠:٥٠ بەختــــی ئەوەی هەبێــــت بــــۆ ئەوەی بەشــــداری ناوکەیەکبوون بکات، بەواتایەکی تر؛ تا ئێستا خۆر تەنها نیوەی سوتەمەنییەکەی خۆی بەکارهێناوە.ئەمە یەکەمین بارودۆخی بەختەکییە. مرۆڤ لە لوتکەی پەرەسەندندایە و بەنزیکەیی هەموو ئەم ٥ ملیارد ساڵە درێژەی کێشاوە تاوەکو ئێمە دەرکەوین. ئەگەر خۆر خێراتر بسوتایە پێشئەوەی ئێمە ببین ئەو دەمرد.بــابزانین چــی ڕوودەدا و لەکۆتاییــدا بــۆچی بەتەواوەتــی هاوســەنگە. یەکەم هەنگــاو کــاتێکە کە دوو پرۆتۆنەکە دەگەن بەیەکتر و یەکتری هەست پێدەکەن. یەکێک لەوان بەشــێوازێکی هەڵوەشــانەوەی رادیۆئاکتیڤدا دەڕوات و دەگۆڕێــت بە نیــوترۆن و پۆزیترۆنێــک(دژە ئەلیکترۆنێــک) و نیوترینــۆیەک دەردەکــات. بەشــێوەی ئاســایی ئەوە نیــوترۆنە بەهــۆی بارســتایی زیــادەوە و ناهاوســەنگی پەیوەندیــدارەوە، هەڵدەوەشــێت و دەگۆڕێــت بە پرۆتــۆن و ئەلیکتــرۆن و نیوترینــۆیەک. بەپــێچەوانەوە پرۆتــۆنی دابــڕاو، کە ســوکترین باریۆنە، هاوسەنگە. بەڵام کاتێک دوو پرۆتۆن نزیک دەبنەوە لە یەکتری ئەوان هەست بە دوورخستنەوەی هێزی کارۆوەستاو دەکەن؛ ئەمە بەشێک دەبێت لە کۆی گشتی وزە تاوەکو زیاتر

بێــــــت لە وزەی دیــــــوترۆن (deuteron)(پرۆتۆنێــــــک و نیوتررۆنێـک پـێکەوە دەبەسـتێرێنەوە). لە ئەنجامـدا یەکێـک لە پرۆتۆنەکـــان دەکـــرێ بگۆڕێــت بە نیـــوترۆن و دوایـــی بە نیوترۆنێکی تـر ببەسـتریتەوە و هاوسـەنگی بەرز بکاتەوە. ئەم هەڵوەشـانەوەی پرۆتـۆنە ئەنجـامەکەی دەبێت بە نیوترۆنێک و پۆزیترۆنێک، واتە دژەتەنۆلکەیەکی بارگە پۆزەتیڤ.

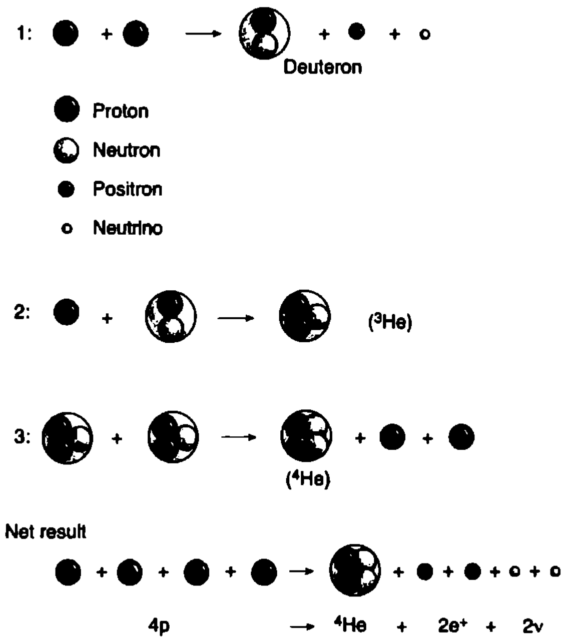
وەکو دەبینن یەکەم سـوڕی نـاوکەیەکبوونی خـۆر دژەمـادە بەرهەم دەهێنێـت! پـۆزیترۆن زۆر خێـرا بەهـۆی بەرکەوتنـی لەگەڵ ئەلیکترۆنی ناو پلازماکە تیادەچن و لەدوای خۆیان دوو فۆتۆن بەرهەم دەهێنن کە بەهۆی پلازمـا بارگـاوییەکەوە بڵاو دەبێتەوە و لە کۆتاییدا دەستدەکەن بەکارکردن بۆ ئەوەی بگەن بە ڕووبەری خـۆر (کە ئەمە چەنـد هەزار سـاڵ کـات دەبـات)، بەهۆی ئەم کاتە درێژەوە وزەکەیان بەتووندی دادەبەزێت، کە یارمەتیـان دەدا بـبن بە بەشـێک لە تیشـکی خـۆر. نیوترینۆکـان بەبێ بەرکەوتن لە ناوندی خۆرەوە دێنە دەرەوەو دوای چەند خولەک دەگەن بە ئێمە.

ئەی نیـوترۆن و پرۆتۆنەکـان چییـان بەسـەر دێـت؟ ئەوان زۆر بەتووندی بەهۆی هێزی ناوکی بەتینەوە پێکەوە دەنوسێن: ئەم دووە نـاوکی هایـدرۆجینی قـورس دروسـت دەکەن- واتە دیوترۆن.

ئەم دیوترۆنە لەناو ژمـارەیەکی زۆر پرۆتۆنـدایە، کە هێشـتا بەشی زۆری خۆر پێکدەهێنێت. زۆر بەخێرایی دیوترۆن لەگەڵ پرۆتـۆنێکی تـر پەیوەنـدی دروسـتدەکات و نـاوکێکی هیلیـۆم پێکدەهێنێت: واتە هیلیۆمی ٣. دوان لەم هیلیۆمی ٣یانە دەکرێ پێکەوە بنوسێن وجارێکی تر پارچەکانی خۆیان ڕێکبخەنەوە و ناوکی هیلیۆمی ٤ دروست بکەن (بـاوترین فۆرمی هاوسـەنگ) و دوو پرۆتۆنی زیادە ئازاد دەبێت.

ئەنجامی کۆتایی بریتییە لەوەی ٤ پرۆتۆن ناوکێکی هیلیۆم دروسـت دەکەن لەگەڵ دوو پـۆزیترۆن و دوو نیوترینـۆ. پرۆتۆنەکان سوتەمەنین، هیلیۆم سوتماکە و وزەش بەشێوەی گورزەکانی گاما، پۆزیترۆنەکان و نیوترینۆکان بەڕەلا دەبێت.

لەناو دڵی خۆردا:



وێنەی ٣٠. گۆڕینی هایدرۆجین بۆ هیلیۆم لە ناو خۆردا.

قۆناغەکانی دواتر کە دیوترۆنێک و پرۆتۆنێک H^3 دروست دەکەن و پاشان دەبن بەهۆی دروستبوونی H^4 بەنزیکەیی هەر لە ڕێوە و بەخێرایی ڕوودەدا. دواکەوتنەکە لە قۆناغی یەکەم دایە $p + p \rightarrow$ dve^+ کە دەبێت بەهۆی کۆنترۆڵی سوتاندنی خۆر، کە بۆ ئێمە زۆر گرنگە (هێواشی دەکاتەوە)ە.

نرخی سوتاندن بەندە لەسەر توندی هێزی لاواز، کە پرۆتۆن دەگۆڕێت بە نیوترۆن (پێچەوانەی هەڵوەشانەوەی بیتا). ئەم هێزە هاوڕێکە لەگەڵ هێزی کارۆموگناتیسیی کە پێشتر باسمان کرد. هێزی کارۆموگناتیسی بەهۆی فۆتۆنەکانەوە دەگوازرێتەوە کە بریتییە لە ئاڵوگۆڕ لە نێوان تەنۆلکەیەکی بارگاوی و تەنۆلکەیەکی تر. فۆتۆنەکان بێبارستاین: ئەمە ئەو هەلەیان دەداتێ بۆ مەودای زۆر دوور بڵاوببنەوە بەبێ ئەوەی یاسای پاراستنی وزە ڕێگریان لێ بکات، هەر بۆیە هێزی کارۆموگناتیسیی درێژمەودایە. بەپێچەوانەوە، هێزی لاواز (لانیکەم لە وزەی سەر زەوی و خۆر) لاوازییەکەی بەهۆی بۆزۆنی W یەوەیە و ئەمەش هۆکاری سنووردار بوونی مەوداکەیەتی.

هەربۆیە بە هێواشی سوتانی خۆر لەلایەن هێزی لاوازەوە کۆنترۆڵ دەکرێت کە ئەویش بەنۆبەی خۆی بەهۆی بارستایی بۆزۆنی W وە کۆنترۆڵ دەکرێت. ئەگەر بارستاییەکەی بچووکتر بوایە، کاریگەریی هێزی لاواز بەتینتر دەبوو و نرخی سوتانی خۆریش بەرزتر. بۆچی W ئەم بارستاییە باشەی هەیە؟ ئێمە نازانین. ئێمە تەنانەت دڵنیا نین بەڕاستی بارستاییەکەی لەکوێوە دێت. هەرچەند ئایدیا گەلێک لەلایەن پیتر هیگزەوە هاتووتە ئاراوە کە بەزوویی تاقی دەکرێنەوە (سەیری بەشی ١٠ بکە)

(لە پێکدادەری گەورەی هادررۆنی (LHC)تاقیکرایەوەو لەساڵی ٢٠١٢ بەفەرمی لەناوەندی سێرن دۆزرانەوەی بۆزۆنی هیگز کە بەرپرسە لەبارستایی تەنۆلکەکان ڕاگەیەنرا-وەرگێر).

نموونەگەلێکی تر هەن کە بارستایی ڕۆڵێکی گرنگ لەچارەنووسماندا دەگێڕێت. هەروەکو لەسەرەوە قسەمان لەسەر کرد، هەڵوەشانەوەی بیتا بریتییە لە گۆڕینی نیوترۆن بۆ پرۆتۆن و دەرچوونی ئەلیکترۆن و نیوترینۆ. ئەمە پێویستی

بەوە هەیە کە نیوترۆن تۆزێک لە پرۆتۆن قورستر بێت، کە بەپێی ئەو پرۆتۆنەکان تۆوی هاوسەنگی ئەتۆمەکان و زانستی کیمیان. (ئەگەر نیوترۆنەکان سوکتر بوایەن کەوابوو نیوترۆن دوای تەقینەوە مەزنەکە دەبوون بە هاوسەنگ، ئەم تەنۆلکە بێبارگانە نەیاندەتوانی ئەلیکترۆنەکان ڕابکێشن و ئەتۆم دروست بکەن، هەربۆیە کیمیا زۆر جیاواز دەبوو یان هەر نەدەبوو.) نیوترۆن تەنها یەک لەسەر هەزار قورسترە لە پرۆتۆن، بەڵام خۆشبەختانە ئەمە بەسە بۆ ئەوەی ئەلیکترۆنێک دروست ببێت، یان بەواتایەکی تر بارستایی ئەلیکترۆن بەڕادەی پێویست بچووک هەیە بۆ ئەوەی لەوەها پرۆسەیەکدا دروست ببێت. ئەگەر گەورەتر بوایە هەڵوەشانەوەی بێتا و خۆر دەیبەست؛ ئەگەر بچووکتر بوایە، هەڵوەشانەوەی بێتا خێراتر دەبوو و داینامیکی خۆر جیاواز تر دەبوو توندی ڕووناکی سەروبنەوەشەیی بەرزتر و تەندروستیمان لەمەترسیدا دەبوو. (بارستایی ئەلیکترۆن یارمەتی دیاریکردنی قەبارەی ئەتۆمەکانی وەکو هایدرۆجین دەدا؛ بارستایی بچووکتر گرێدراوە بە بەئەتۆمێکی گەورەتر و بە پێچەوانەوەوە. هەربۆیە قەبارەی شتەکان پەیوەندی بە بارستایی ئەلیکترۆنەوە هەیە) هۆکار بۆ ئەم شێوازە لەبارستاییەکان هێشتا دەبێت بدۆزرێتەوە.

هەربۆیە درەوشانەوەی خۆر بەهۆی بەختەوەری ناوکەیەکبوونەوەیە. لەماوەی ٥ ملیارد ساڵی داهاتوودا هایدرۆجینەکەی تەواو دەبێت و دەگۆڕێن بە هیلیۆم. هەندێک لەم هیلیۆمانە لە ئێستادا لەگەڵ پرۆتۆنەکان و هیلیۆمەکانی تر یەکدەگرن و دەبن بە تۆوی توخمی قورستر. ئەم پرۆسە هەروەها دەبێت بە هۆی دروستبوونی نیوترینۆ، کە هەندێک لەوانەی وزەیان بەرزترە لەیەکبوونی پرۆتۆنە سەرەتاییەکانەوە دروستبوون، هەربۆیە بەڕێگەی دەرخستنی

نیوترۆکـانی خـۆر و پێـوانی شـەبەنگی وزەکەیـان، دەکـرێ بەشێوەی چۆنایەتی بڕوانینە ناو نزیکترین ئەستێرەکەمان.

هەربۆیە بۆماوەی پێنج ملیارد ساڵ پرۆسە سەرەتاییەکان لەگەڵ نـاوکەیەکبوون خەریکـی دروسـتکردنی تـوخمە قورسـترەکان بـوون. لەهەنـدێک لەم ئەسـتێرانەدا (بەڵام نەک خـۆرەکەی خۆمـان) ئەم پرۆسـە درێـژە دەکێشـێت و نـاوکی توخمەکـان تـا ئاسـن دروسـت دەبـن، کە لە هەموویـان هاوسـەنگترە (هەرچەنـد تـوخمی سـەرو ئاسـنیش هەن کە دروسـت دەبـن، کە بەشـێوەی بـاو دەگمەنـن). لەکۆتایـدا ئەم ئەستێرە ناتوانێت بەرگەی کێشەکەی خۆی بگرێت و بەشێوەی کارەسـاتبار دادەڕمێت. هەڵتەکـانە شـەپۆل(Shock wave) ەکـانی مـادە و تیشـک بەفەزادا بڵاودەکـاتەوە. ئەمە پێـی دەگوترێـت سـۆپەرنۆڤا(Supernova). بـۆیە ئەسـتێرەکان بەهایدرۆجینەوە دەستپێدەکەن و هەموو توخمەکانی خشتەی خولی دروست دەکەن؛ سۆپەرنۆڤا ئەرکدارێکە کە گەردوون بە تۆوی ناوکی مادە کیمیاییەکان پیس دەکات.

هەربـۆیە پرسـیارێک دێـتە گـۆڕێ مـادەی ئەسـتێرە سەرەتاییەکان لە کوێوە هاتووە؟

گەردوونی سەرەتایی

پـارچە بنچینەییەکـانی مـادەی نـاوکی، کوارکەکـان، لەگەڵ ئەلیکترۆنەکـان لە بیگبـانگەوە دێن. گەردوون بەخێرایـی سـارد دەبێتەوە و کوارکەکـان دەبـن بە هێشـوو و پرۆتـۆن دروسـت دەکەن. پرۆسەکە بە شێوەی ژێرەوەیە.

$$e(\text{ئەلیکترۆن}) + p(\text{پرۆتۆن}) \Leftrightarrow n(\text{نیوترۆن}) + \nu(\text{نیوترینۆ})$$

تیرئاسـا دوانیـیەکە پیشـان دەدا پرۆسـەکە لە هەردوو ئاڕاسـتەکەدا ڕوودەدا. نیـوترۆن تۆزێـک قورسـترە لەکـۆی پرۆتـۆن و ئەلیکتـرۆن، هەربـۆیە ئاڕاسـتەی سروشـتی بـۆ پرۆسەکە ڕۆیشتنە لە ڕاستەوە بەرەو چەپ: نیوترۆن مەیلێکی سروشـتی بۆچـوون بەرەو بارسـتایی نزمتـر هەیە و وزەی $E = mc^2$ بەرەلا دەکـات. بەهەرحـاڵ گەرمـای گەردوون کە بڕی جووڵەوزەی ئەلیکترۆن و پرۆتۆنەکان تێیدا بەرچاوە، ئەو بڕە وزەی (mc^2)ی نـاو نیـوترۆن تێدەپەڕێنێت. هەربـۆیە لەم بارودۆخەدا پرۆسەکە دەکرێ بەئاسانی پێچەوانە ببێتەوە و لە چەپەوە بۆ ڕاست بڕوات (واتە ئەلکیترۆن و پرۆتۆن دەگۆڕێن بـۆ نیـوترۆن و نیوترینـۆ) لە ئاڕاستەکەیتریشـدا نیـوترن و نیوترینۆکان دەگەڕێنەوە و دەبنەوە بە ئامۆزا بارگاوییەکانیان. لەوەها بارودۆخێکدا دەڵێین گەردوون لە هاوسەنگی دایە.

بەڵام گەردوون بەخێرایـی سـاردەوە بـوو، کە ئەوکـات دروستبوونی نیوترۆن قورستر بوو. چەند مایکرۆچرکە دوای ئەوەی ساردبوونەوەی گەردوون گەیشت بە خاڵێکی تایبەتی لەوێـدا کارلێکەکـانی دروسـتبوونی نیـوترۆن بەسـتی. ئەو کاردانەوەی ڕزگاری بوو ئەمە بوو

$$n \rightarrow p + e + \underline{\nu}$$

لەم سـەردمەدا هەمـوو ئەو نیوترۆنـانەی پێشـتر لەگەرمـای سـەرەتاییدا دروسـت ببـوون، مـردن. هەمـوو دە خولەکێـک ژمارەیان دەبوو بە نیوە (لێرەدا دەڵێین ' نیوەتەمەن'ەکەی دە خـولەکە). ئیتـر وزەی پێویسـت لەبەردەسـت نەبـوو شـوێنی بگرێتەوە. بەڵام هەموو نیوترۆنەکان بە هۆی بەختی بەرکەوتن لەگەڵ پرۆتۆنەکان نەمردن، بەڵکو لەگەل پرۆتۆن یەکیان گرت و بـوون بە نـاوکی دیـوترۆن (کە بـریتییە لە سیسـتەمێکی داخـراوی تـاک پرۆتـۆن و نیوترۆنێـک و سـوکترە لە کاتێـک نیـوترۆن و پـرۆنەکە بەتەنهـان). لەم قۆنـاغەوە گەردوون

بەگشتی هەر ئەو زنجیرە کارە دەکات کە لە خۆردا ڕوودەدا: دیوترۆنەکان و پرۆتۆنەکان ناوکی هیلیۆم دروست دەکەن. ئەم پرۆسە تاوەکو ئەوکاتەی نیوترۆنەکان دەمرن و بۆ هەمیشە دەسڕێنەوە بەردەوام دەبێت، یان کشانی گەردوون بەڕادەیەک زۆر دەبێت ئیتر هیچ شتێک کارلێک لەگەڵ ئەویتردا ناکات.

یەک مـــــایکرۆچرکە دوای تەقیـــــنەوە مەزنەکە هەمـــــوو نیوترۆنەکانی دروست بوو لەم کارلێکانە سەربەست بوون. ئەوان بوون بە یەکەم بەبەردبووەکانی گەردوونی سەرەتایی و بەخێرایـی بەرز دەجـولان و بارسـتاییەکەیان هەرچەنـد زۆر بچـــووکە، بەڵام ڕاکێشـــانی کێشـــکردنیی پێویســـت لەنـــاو کۆمەڵەیەکی زۆردا بەڕادەیەک هەیە پێکەوە کۆببنەوەو ببن بە هێشوو و بەشدار بن لە دروستکردنی گەلەستێرەکاندا. بەپێی هەر ئەتۆمێـک کە لە کۆتاییـدا فـۆرم دەگرێـت یەک ملیـارد نیوترینۆ بەرهەم دێت. هەربۆیە نیوترینۆکان پڕحەشیمەترین تەنۆلکەکانی گەردوونن. هەرچەند دەزانین لانیکەم یەکێک لە جۆرەکـانی نیوترینـۆ بارسـتایی هەیە، بەڵام هێشـتا نـازانین گەورەییەکەی چەنێکە، ئەگەر بارستایی نیوترینۆ گەورەتر لە چەند eVبێت، واتە یەک ملیاردەمی پرۆتۆن، ئەوکات نیوترینۆ دەبێت مـادەی فەرمـانڕەوای هەمـوو گەردوون بێت. هەربـۆیە دیاریکردنی بارستایی نیوترینۆکان دەکرێ بـابەتێکی گرنـگ بۆ پێشبینی ئایندەی دوورمەودای گەردوون بێت. ئایا بۆ هەمیشە لەکشـان بەردوام دەبێت یـان بەهـۆی کێشـی خۆی دادەڕمێت؟ هێشتا لێی دڵنیانین.

گەردوون بەردەوامە لە کشـان و سـاردبوونەوە. پرەنسـیپە فیزیاییەکـان کە کشـانەکە دیـاری دەکەن لە هەنـدێک لایەنەوە هاوشـێوەی ڕەفتـاری گـازە لە نـاو قوتـویەکی داخـراودا. ئەم نـرخە بەنـدە لەسـەر پەسـتان، کە ئەویـش بەنـدە لەسـەر پلەی گەرمی گازەکە و ژمارەی نیوترینۆکانی ناو قەبارەی گازەکە

(واته چڕی). ئەمەش لەخۆیدا بەندە لەسەر ژمارەی جۆرەکانی نیوترینۆ.سێ خولەک دوای بیگبانگ، مادەکانی ناو گەردوون بریتی بوون لە؛ ٧٥% پرۆتۆن، ٢٤% ناوکی هیلیۆم؛ ژمارەیەکی بچووک دیوترۆن؛ ژمارەیەکی کەم لە توخمە سوکەکان و ئەلیکترۆنی سەربەست.

فراوانی هیلیۆم و توخمە سوکەکان بەندە لەسەر نرخی کشانی گەردوون، کە ئەمەش بەنۆبەی خۆی بەندە لەسەر جۆرەکانی نیوترینۆ. ئەگەر سێ جۆر نیوترینۆ هەبێت، بڕی بینراوی هیلیۆم لەگەڵ پێشبینییەکاندا بەتەواوەتی گونجاوە. ئەو ڕاستییەی پێوانی بۆزۆنی z لە سێرن پیشانیدا کە سێ جۆر نیوترینۆی سوک هەیە، یەکگرتنەوەیەکی بەرچاوە لەنێوان پێوانەکانی فیزیای تەنۆلکەکانە کە باروودۆخی گەردوونی سەرەتایی و ئەوەی گەردووونناسەکان لێی تێگەیشتون دووپات دەکاتەوە.

فراوانی دیوتریۆم بەندە لەسەر مادەی 'ئاسایی' لەناو گەردووندا (مەبەستمان لە ئاسایی ئەو مادانەیە لە نیوترۆن و پرۆتۆن دروستبوون، لە بەرامبەردا مادەی سەیروسەمەرەی تر کە تیۆریسازەکان لەوانەیە خەونی پێوە ببینن، بۆ نموونە بەرزەهاوجێی، بەڵام هێشتا هیچ بەڵگەیەکی ڕاستەوخۆ بۆ سەلماندنیان لەبەردەست نییە، سەیری بەشی ١٠ بکە). ژمارەکان پێمان دەڵێن چڕی مادەی ئاسایی زۆر کەمترە لە کۆی گشتی مادەی گەردوون. ئەمە بەشێکە لە مەتەڵی مادەی تاریک: شتگەلێک هەن کە نادرەوشێنەوە، بەڵام کێشکردنەکەیان دەبێت بەهۆی ڕاکێشانی ئەستێرەو گەلەستێرەکان. وادیارە کە زۆربەی پێکهاتبێت لەمادە سەیروسەمەرەکان(exotic matter)کە هێشتا ناسنامەیان دیار نییە.

نزیکەی ٣٠٠٠٠٠ ساڵ دواتر، پلەی گەرمی ناوەندەکە دابەزی بۆ ١٠٠٠٠ پلە، کە نزیک یان ساردترە لە ناوچەی

دەرەوەی خـۆرەکەی ئەمڕۆمـان. لەم وزەدا، ئەلیکترۆنەکـانی هەڵگری بارگەی نێگەتیڤ لە کۆتاییدا توانیان بەهۆی ڕاکێشـانی بـارگەی پـۆزەتیڤی ناوکەکـان پـێکەوە ئـاوێتە بـبن و ئەتـۆمە بێبارگەکان دروست بکەن. تیشکی کارۆموگناتیسیی ئازاد بـوو و گەردوون بەهۆی ڕووناکییەوە کە دەیتوانی بەبێ بەربەست لەپانتایی فەزادا گەشت بکات، ڕوونەوە بوو.

بۆمـاوەی ١٠-١٥ ملیـارد سـاڵە تـاوەکو ئێسـتا گەردوون بەردەوام دەکشێت و سارد دەبێتەوە. تیشکی کارۆموگناتیسیی کە پێشتر گەرم و داخ بوو ئێستا شەبەنگی تەنی ڕەش(black body spectrum) پێکدەهێنێت، بە پلەی گەرمـی کاریگەریی نزیکەی ٣ پلەی سـەدی لەسـەرو سفری ڕەهـاوە. دۆزینەوەی ئەمە لەلایەن پنزیـاس(Pezias) و ویلسـن(wilson) نـزیکەی نیو سەدە لەوەو پێش یەکێک بوو لە گرنگترین پشتگیرییەکانی تیۆریی بیگبانگ. لە ئەمڕۆدا پێوانی وردی شـەبەنگەکە بەهـۆی ئامێرەکـانی مـانگی دەستکردەوە هەندێک زبـری (بەرزونزمـی-fluctuation)ی لە مایکرۆشەپۆلە گەردوونییەکان پیشان دەدا. ئەمە ئامـاژەیە بـۆ دروسـتبوونی گەلەسـتێرە سـەرەتاییەکان لە سەرەتای گەردووندا.

بەم شـێوە ئێسـتا تێگەیشـتنێکی باشـی چـۆنیەتی و تەنـانەت چەنـدێتیمان سـەبارەت بە توخمەکـانی مـادە لە خـۆم و خۆتـدا هەیە. بەڵام چـونکە ئەوان لەگەڵ دژەمـادەدا لە گەردوونـی سەرەتاییدا دەرکەوتن، هێشتا ئەمە مەتەڵە و ماوەتەوە، هەمـوو دژە مادەکـان چییـان بەسـەر هـات؟ لەسـەرەتای سـەدەی بیسـتەمەوە یەکێکە لە پرسـیارەکان کە هێشـتا چاوەڕێی وەڵام دەکات.

بەشی دەیەم
پرسیارەکان بۆ سەدەی بیستویەك

بەرەو کوێـــوە دەچـــین؟ مـــادەی تاریـــک لە گەردوونناسیدا. بۆزۆنی هیگز چییە و بۆچی بەلامانەوە گرنگە و چۆن دەکرێ بیدۆزینەوە؟ پێوانی وردی تەنۆلکە قورسە سەیر و سەمەرەکان. ئایا رەهەندی زیاتر لەوەی کەتا ئێستا پەسەندمان کردووە لە ئارادایە؟ ئەوان لەوانەیە چۆن خۆیان لە تاقیکردنەوەدا پیشان بدەن؟ داهاتووی تاودەرەکان. ئایا کۆتاییەک بۆ فیزیای تەنۆلکە وزەبەرزەکان هەیە؟

مادەی تاریك

پرۆتۆنەکان و ناوکی ئەتۆمە ئاساییەکان تۆوی هەموو 'مادە ڕوون'(luminous matter)ەکان پێکدەهێنن، کە لە بینینە ئەستێرەناسییەکاندا دەبینرێن. بەهەرحال، وەکو نموونەیەک، کە جوولەی گەلەستێرە لوولپێچەکان پیشاندەدا کە هێزی کێشکردنی زۆر

لەوە زیاتر لە ئارادایە کە مادە ڕوونەکان دەکرێ دەستەبەری بکەن. زیاتر لە ٩٠%ی مادەی هەبوو هێشتا دەرنەخراوە. ئەمە واتـــای ئەوەیە ئەو گەردوونەی بەهـــۆی تیشـــکدانەوە کارۆموگناتیسـییەکانەوە دەیبینـین، بەهـۆی هەنـدێک "مـادەی تاریـک" (Dark matter)ی نهێنینیـیەوە کێشـەکەی زۆر قورسـترە، کە هـیچ درێژەشـەپۆلێکی لە تەلیسـکۆپەکانماندا دەرناکەوێت.

ئەگەر " تەنە قورسـە چڕە خەرمانـدارەکان"(MACHOs) هەبن، کە دەکرێ بەنزیکەیی هاوقەبـارەی ژوپیتـەر بـن و بەو ڕادە گەورە نەبـن کە بـبن بە ئەسـتێرە یـان کـونەڕەش، بە دروستکردنی دوو یان چەند وێنە لە ئەستێرە دوورەکان یان گەلەسـتێرەکان، بەڕێـگەی کـاریگەریی هـاوێنەی کێشـکردنی دەکرێ هەسـتیان پێبکرێت. بەهەرحـاڵ ئەم گەڕانـانە بە ڕادەی پێویست جۆریMACHOی نەدۆزیوەتەوە کە پاساو بێت بۆ ئەو بـڕە مەزنەی مـادەی تـاریکی گەردوون. هەربـۆیە گەردوونـناس و ئەستێرەناسـەکان بـۆ ئایـدیاکانی داهـاتوو ڕوویان کردوەتەوە فیزیای تەنۆلکە.

ئەگەری گرنـگ بـریتییە لەوەی ئەم مـادە تـاریکە دەکـرێ بریتی بێت لە بڕێکی بەرفراوان لە تەنۆلکە نیمچە ئەتۆمییەکان، کە بەشێوەی کارۆموگناتیسیی کارلێک ناکەن (ئەگەر وانەبێت دەتوانین تیشکە کارۆموگناتیسییەکانی هەست پێبکەین). یەکێک لە کاندیـدە زەقەکـان نیوترینـۆیە، کە بارسـتاییە بچـووک و ناسفرەکەی دەکرێ ببێت بەهـۆی ئەوەی هەوری گەورە لەوان بەرەو یەک بچـن و یارمەتیـدەر بـن لە دروسـتکردنی تـۆوی دروستبوونی گەلەستێرەکان.

لە گەردوونـی سـەرەتاییدا، ئەم نیوترۆنـانە وزەیـان یەکجـار زۆر بـوو، بەنزیکەیـی بە خێرایـی ڕوونـاکی دەجـووڵان. ئەم

تەنـۆلکە فرپـوانە لەوەهــا بارودۆخێکـدا پێیـان دەگوترێـت داخ(Hot)، و هاوشێوەســازیی کۆمپیــوتەری پەرەســەندنی گەلەســتێرەکان لە گەردوونێکــی مــادەی تــاریکی داخ دا، گەلەســتێرەگەلێک پیشــاندەدا کە بەشــێوەی هیشــووی چــڕ دروســت دەبــن، کە فەزای بەتــاڵی گەورە لە نێوانیانــدایە. بەهەرحــاڵ ئەم مـودێلە کۆمپیـوتەرییە هاوشـێوەی ئەوە نیـیە ئەستێرەناسەکان بە کردەوە دەیبینن.

ئەگەر مـادەی تاریـک بریتـی بـووایە لە تەنـۆلکەی قورسـی کەم جـووڵە، واتە مـادەی سـارد، پەرەسـەندنی گەلەسـتێرەکان زۆر جیـاواز دەبـوو. کێشـەیەک کە لێرەدا هەیە بـریتییە لەوەی وەهـا بوونگەلێـک لەمـودێلی سـتاندەردا نەناسـراون، کەوابـوو پرسیارێکی تر دێتە ئاراوە، ئەم تەنۆلکانە چین؟

ئەمە دەمانگەیەنێـت بە ئایـدیاکانی ئێسـتامان کە دەکەوێـتە ئەودیوی مـودێلی ستاندەرەوە. تیۆرییەکی خۆشەویست هەیە، کە وایـدادەنێ تەنـۆلکەی بەرزەهـاوجێ (Supersymmetry) هەن، ســوکترینەکانیان هەڵگــری فــۆرمگەلێکن کە بەهێــزی کارۆموگناتیسـیی یـان کێشـکردن هەسـتیار نـین، بەڵام لەوانەیە بارســتاییەکانیان ســەدانجار گەورەتــر لە پرۆتــۆن بێــت. بەرکەوتنەکان لە تاودەرەکانی تەنۆلکە وزەبەرزەکان بەتـایبەتی لە تیڤاترۆنی تاقیگەی فێرمـی و پێکدادەری گەورەی هایـدرۆنی لە سـێرن، لەوانەیە بەڕادەیەک وزەیـان هەبێـت ئەمـانە خەڵـق بکەن. ئەگەر وەها تەنۆلکەیەک بدۆزرێتەوە، ئەوجار تەنگەژەکە لێکـۆڵینەوە لە سـیفەتەکانیەتی بەوردی، بەتـایبەتی تێگەیشـتن لەوەی ئایــا دەکــرێ هێشــووگەلێک لە مــادەی تاریــک لە گەردوونی سەرەتاییدا و لە ئاستی گەورەدا دروست بووبێت؟

کە دەمانگەیەنێــــــــــــت بەم پرســــــــــــیارە: بەرزەهاوجێی(Supersymmetry) چییە؟

بەرزەهاوجێی

ئەو دژبەیەکییەیی کە چۆن ئەتۆمە بەتاڵەکان مادەی ڕەق دروست دەکەن لە میکانیکی کوانتەمیدا چارەسەرکرا. ئەمە سیفەتێکی قووڵی ئەو ڕاستییەیە کە ئەلیکترۆنەکان(و کوارکەکان، و پرۆتۆنەکان، و نیوترۆنەکان) هەموویان بادراوی(سپین)ێکی زاتییان هەیە، کە بریتییە لە نیوەی بڕێک کە ناسراوە بە نەگۆڕی پلانک،h. ئەو تەنۆلکانەی سپینەکەیان ½ ە ناسراون بە فێرمیون(ferminon). میکانیکی کوانتەمی پێمان دەڵێت ناکرێ دوو فێرمیون بە هەمان دۆخی جووڵەوە لەیەک شوێندا بن؛ بەزمانێکی تر ئەوان ناکرێ هەمان دۆخی کوانتەمی داگیر بکەن. ئەمە دەبێت بەهۆی ئەوەی ژمارەیەکی زۆر ئەلیکترۆن لەناو ئەتۆمە ئاڵۆزەکاندا دۆخە تایبەتەکان داگیر بکەن و لێرەوەیە چالاکی کیمیایی یان ناچالاکی توخمە جۆراجۆرەکان دەردەکەوێت. هەروەها ڕێگری دەکات لەوەی ئەلیکترۆنێک لە ئەتۆمێکەوە دزە بکات بۆ ئەتۆمێکی تر. ئەمە بنچینەی زۆر لە سیفەتەکانی مادەی بەکۆمەڵە، بۆ نموونە ڕەقی.هێزی نێوان فیرمیونەکان بە ڕێگەی تەنۆلکەکانی فۆتۆن، گلوئۆنەکان و بۆزۆنەکانی W و Z دەگوازرێتەوە. سەرنج بدەنە وشەی بۆزۆن(boson). ئەمە وشەیەکی بنەڕەتییە کە ئاماژە دەکات بەو تەنۆلکانەی کە سپینەکەیان ژمارەیەکی دروستە کەڕەتی کوانتەمی پلانک. هەموو ئەم هێزانە هەڵگری بۆزۆنن، کە سپینەکەیان ١ە. بەپێچەوانەی فێرمیونەکان، کە دووبەدوو یەکتری دووردەخەنەوە، بۆزۆنەکان هەڵگری نزیکبوونەوەن و دۆخی بەکۆمەڵ دروست دەکەن، بۆ نموونەی ئەو دۆخەی بۆ فۆتۆنەکان لە لەیزەردا دەبینرێت.

ئێمە بینیمان کە فێرمیۆنەکان-کوارک و لیپتۆنەکان- یەکانگیرییەکی قووڵ پیشان دەدەن و هەروەها هێزەکە کە هەڵگری بۆزۆنە. بۆچی تەنۆلکەکانی پێکهێنەری مادە(ئەوەی

بینـراوە) هەموویـان فێرمیـۆنی سـپینی ½ ن و هێزەکـان بە تەنـۆلکەی سـپینی یەکسـان بە ١ دەگـوازرێنەوە؟ ئایـا دەکـرێ هاوجێیەک هەبێت لە نێوان هێزەکان و تەنۆلکەکانی مادە، وەکو ئەوەی فێرمیـۆنە ناسـراوەکان لفـی بـۆزۆنی نوێیـان هەبێـت و بۆزۆنەکانیش لفی فێرمیونیان هەبێت، هەڵبەت بە هێزی نوێوە کە هەڵگرەکـانی فێرمیـون بـن؟ ئایـا دەکـرێ ئەمە پەلکێشـمان بکـات بـۆ یەکـانگیرییەکی زۆر تەواوتـر لەنێـوان تەنـۆلکە و هێزەکـان؟ بەپێـی تیـۆرییەک کە نـاوی نـراوە بەرزەهـاوجێی (supersymmetry)؛ وەلامەکە بەڵێیە.

لە بەرزەهاوجێیـدا- یـان وەکـو ناسـراوە بە SUSY- هەنـدێک خێزانـی بـۆزۆنی هەن کە دوانەن لەگەڵ کـوارک و لیپتۆنەکـان. ئەم بەرزەکوارکـانە(Superquark) ناسـراون بە Squark.سـوپەر لیپتۆنەکـانیش(Superlepton) ناسـراون بە Slepton. ئەگەر SUSY هاوجێیەکی ورد بێت، هەر جۆرێکی لیپتۆن یان کوارک هەمان بارستاییان دەبێت کە squark یان sleptonی دەستەخوشـکیان هەیەتـی؛ بەهاوشـێوەیی کوارکەکـانی سـەر up و سـوپەرکوارکانی سـەر(sup) یەک کێشـیان دەبێـت و هتـد. لەڕاسـتیدا شـتەکە وەهـا نیـیە. ئەگەر سـوپەر ئەلیکتـرۆن(selectron) هەبێـت، بارسـتاییەکەی زۆر گەورەتـر لە GeV١٠٠ دەبێـت، کە مانـای ئەوەیە سـەدان یـان هەزاران جـار قورسـترە لە ئەلیکتـرۆن. هەمـان شـتیش بـۆ سوپەرلیپتۆن و سوپەرکوارکەکانیش ڕاستە.

دەربڕینێکـی هاوشـێوەش دەکـرێ سـەبارەت بە بەرزە-لفەکانی بۆزۆنە ناسـراوەکانیش بکرێت. لە SUSY دا هەندێک خێزانـی فێرمیـۆن هەن کە دوانەی بـۆزۆنە ناسـراوەکانن. شێوازی ناولێنان بریتییە لە پاشگری ئینۆ(ino) بۆ نیشـاندانی لـفە بەرزەفێرمیـونی بۆزۆنـۆێکی سـتاندەرە. هەربـۆیە دەبـن بە فۆتینـۆ(photino) گلوینـۆ(gluino)، زینـۆ(zino) و وینـۆ

(wino). گراڤیتـۆنی گریمـانەکراویش، کە هەڵگـری هێـزی کێشکردنە، پێشبینی دەکرێت لفێکی هەبێت بەناوی گراڤیتینۆ(Gravitino). لێـرەدا دووبـارە بەرزەهـاوجێیەکی تەواو لە ئارادایە، فۆتینۆ، گلوینۆ و گراڤیتینۆ دەبێت بێ بارستایی بن، هەر وەکـو دەسـتە خوشـکەکانیان واتە فۆتـۆن، گلۆئـۆن و گراڤیتیـۆن؛ وینـۆ و زینـو بارسـتاییەکەیان٨٠ و ٩٠ GeV ە، هەروەکو W و Z. بەڵام وەکو لەسـەرەوە باسمانکرد لێرەشدا ئینۆکان بارستاییەکەیان زۆر لە لفە باوەکەیان گەورەترە.

quark	q ;	squark	$\tilde{q}$
leptons	l ;	sleptons	$\tilde{l}$
electron	e ;	selectron	$\tilde{e}$
neutrino	ν ;	sneutrino	$\tilde{\nu}$
photon	γ ;	photino	$\tilde{\gamma}$
gluon	g ;	gluino	$\tilde{g}$
Wboson	W ;	Wino	$\tilde{W}$
Zboson	Z ;	Zino	$\tilde{Z}$
Higgs Boson	H ;	Higgsino	$\tilde{H}$

Some particles and their super-partners
هەندێک لە تەنۆلکەکان و لفە بەرزەکانیان

وێـنەی ٣١.هـاوجێی *SUSY* تەنۆلکەکـان: نیوترینۆکـان و لەرینەوەکان گاڵتە و نوکتەی ستاندەر و لاواز ئەوەیە کە ئایا دەکرێ بەرزەهاوجێی ڕاست بێت، چونکە ئێمە پێشتر نیوەیمان دۆزیوەتەوە. با بەشێوازێکی تر قسە بکەین: ئێمە هێشتا بەڵگەی ڕوونمان بۆ تاک بەرزەکوارک یان بەرزەلیپتۆن نەدۆزیوەتەوە، هەروەها بۆ فۆتینۆ، گلوینۆ، وینۆ، یـان زینۆ. گەڕان بەدوای ئەواندا لە ئێستا لە هەرە بەربژێرەکانە.

لەگەڵ بـوونی ئەم بەڵـگە کەمە لەسـەر سـوپەرتەنۆلکەکان، لەوانەیە سـەرت سـوڕبمێنێ بـۆچی تیۆریسـازەکان دەبێـت بڕوایـان بە SUSY هەبێـت. وادیـارە کە ئەم هـاوجێییە، بەسـەرنجدان بەسروشـتی تینـۆریی ڕێژەیـی ئاینشـتاین و سروشـتی تیـۆریی کـوانتەم، لانـیکەم بەشـێوەی بیرکـاری زۆر سروشـتی دیـارە. شێوازی بەرهەمهاتوو بۆ بەرزەتەنۆلکەکان ئامـانجەکەی ئەوەیە هەنـدێک کێشـەی تەکنیکـی لە داڕشـتەی ئێسـتای فیزیـای تەنـۆلکە چارەسـەر بکـات، و تیـۆرییە کوانتەمییەکان بۆ ڕەفتاری هێزەجیاوازەکان لە وزەی بەرزدا و وەڵامدانەوەی تەنۆلکەکان بەم هێزانە جێگیر بکات. بەکورتی، بەبێ SUSY هەوڵە تایبەتەکان بۆ بنیادنانی تیۆریی یەکانگیر دەگـات بەئەنجـامی بێسـوود، بـۆ نمـوونە هەنـدێک ڕووداوی دیـاریکراو دەکـرێ بە ئەگەری بێکۆتـایی ڕووبـدەن. لەگەڵ ئەوشـدا زبـری یـان بەرزونزمـی کـوانتەمی(fluctuation)، شـوێنێک کە تەنۆلکە و دژەتەنۆلکەکان پێشـئەوەی ون ببـنەوە دەکـرێ لە بۆشـایی بێـنە دەرەوە، دەکـرێ بەتەنۆلکەکـانی SUSY کە بە مێنو(menu) ناسراون هەستیان پێبکرێت. بەبێ SUSY هەنـدێک لە هەژماردکردنەکـان بێمانـا دەبـن، وەکـو ئەگەریـی بـوونی ناکۆتـا کە لەسـەرەوە ئاماژەمـان پێکـرد؛ بە بەشـداری SUSY ئەنجامەکـان زۆر هەسـتەکی تـر دەردەکەوێت. ئەو ڕاسـتییەی کە ئەنجـامە بێماناکـان کاتێـک SUSY کاردەکـات نـامێنن، ئەو ئومێـدە دروسـت دەکـات کە SUSY بەڕاستی لە داڕشتەی سروشتدا بەشدارە. ڕزگاربوون لە شـتە بێماناکـان هەڵبەت پێویسـتە، بەڵام هێشـتا نـازانین ئایـا ئەنجامە مانادارەکان لەگەڵ ڕەفتـاری سروشـتدا یەک شـتە یـان نـا. هەربـۆیە لە ئێسـتا لە باشـترین بارودۆخـدا ئامـاژەی

ناڕاستەوخۆی SUSY یمان هەیە، کە لەپشتەوە لەکاردان. تەنگەژەی سەرەکی لە تاقیکردنەوەکاندایە کە بوونی تەنۆلکەکانی SUSY دەسەلمێنن و تواناییمان دەداتێ بەوردەکارییەوە لە دەرکەوتنیان تێبگەین و لێکۆڵینەوە لە سیفەتەکانیان بکەین.

بەرزەهاوجێی(SUSY) لانیکەم لەوانەیە بەرپرس بێت لە برێک لە مادەی تاریک کە وادیارە مادەی زاڵە لەسەر گەردوون. لە جووڵەی گەلەستێرە و پێوانەکانی ترەوە لەسەر گەردوون، واهەڵێنجێنراوە کە پێکهاتەی گەردوون تا ۹۰% دەبێت مادەی تاریک بێت، تاریک لێرەدا بەمانای ئەوەیە نادرەوشێتەوە، لەوانەیە بەهۆکاری ئەوە بێت هێزی کارۆموگناتیسی کاریگەریی لەسەری نییە. لە SUSY دا سوکترین بەرزەتەنۆلکەکان بێبارگەن، وەکو فۆتینۆ، یان گلوینۆ، بڵێی ئەوان میتاهاوسەنگن (کەم هاوسەنگ-Metastable). بەم شێوە دەکرێ ئەوان بەهۆی کاریگەریی کێشی دووبەدووەوە هێشووگەلێک لە ئاستی گەورەدا دروست بکەن، هاوشێوەی ئەوەی چۆن ئەستێرە باوەکان لەسەرەتادا دروستبوون. بەهەرحاڵ، لە کاتێکدا ئەستێرەکان کە لە مادەی ئاسایی دروستبوون، هەست بە هەر چوار هێزەکە دەکەن و دەکرێ بەپێی پرۆسەی ناوکەیەکبوون ڕووناکی بدەنەوە، ئینۆ بەرزەهاوجێیە بێبارگەکان ئەو کارە ناکەن. ئەگەر تەنۆلکەکانی SUSYبدۆزرێتەوە، سەرنجڕاکێش دەبێت، کە تێبگەین ئایا تەنۆلکە بێبارگەکان بەڕاستی سوکترینین و ئەو سیفەتانەیان هەیە؟ ئەگەر ئاوابوو، دەبێت بە جوانترین نزیکبوونەوە لە نێوان بواری فیزیای تەنۆلکەی وزە بەرزەکان و گەردوون بە گەورەیی.

نیوترینۆ بارستایی دارەکان

لە مودێلی ستاندەردا، وادانراوە نیوترینۆکان بێ بارستایین. هۆکارەکەی ئەوەیە تا ئێستا کەس نەیتوانیوە بڕێک بۆ هەر بارستاییەک بپێوێت کە بڕەکەی هێندە بچووک بێت کە بەباشی بە سفر دابنرێت. بەهەرحاڵ، هیچ پرەنسیپێکی بنچینەیی لە ئارادا نییە کە پێویست بکات نیوترینۆکان بێ بارستایی بن. بەڕاستی دەزانین نیوترینۆ بارستایی هەیە، هەرچەند بە بەراورد بە بارستایی ئەلیکترۆن زۆر بچووکە، بەڵام سفر نییە.

سێ جۆر نیوترینۆی جیاواز هەن، نیوترینۆی ئەلیکترۆن، نیوترینۆی موئۆن و نیوترینۆی تاو، ناوەکانیان دەگەڕێتەوە بۆ خزمە تەنۆلکە بارگاوییەکانیان کە پێکەوە دروست دەبن و ناوەکانیان هاوبەشە. من پێمباشترە بەڕیز ناویان بنێم نیوئی(nu-e)، نیومو(nu-mu)، نیوتاو(nu-tau). کارلێکەکانی ناوکە یەکبوون لەناخی خۆردا نیوترۆنەکان لە جۆری نیوئی دەردەکەون.

لە میکانیکی کوانتەمیدا، تەنۆلکەکان کەسیەتی شێوە شەپۆلیان هەیە. چۆن لەرینەوەکانی بواری کارۆموگناتیسی دەکرێ بە تەنۆلکە پیشان بدرێن-فۆتۆنەکان- هەر بەو شێوەش تەنۆلکەکانی هاوشێوەی نیوترینۆش کاتێک بەناو فەزادا دەجووڵێن لەرینەوەی شێوەشەپۆلین. لەڕاستیدا شەپۆلێکە بەگۆڕانی ئەگەرەوە. ئەوەی کە بە (نیوئی) دەیناسین و لەکاتی گەشتدا و دوورکەوتنەوە لە سەرچاوەکە ئەگەرەکەی لە (نیوئی) ەوە دەگۆڕێت بۆ (نیومو) یان(نیوتاو). بەهەرحاڵ، بۆ ڕودانی ئەم ڕووداوانە، نیوترینۆکان دەبێت بارستایی جیاوازیان هەبێت، کە مانای ئەوەیە ناکرێت هەموویان بێبارستایی بن.

لەماوەی چەندین دەیەدا، توندی (نیوئی)یە گەیشتووەکانیان لە خۆرەوە پێوا. بەسەرنجدان بە مەعریفەی ئێمە سەبارەت بەکارکردنی خۆر، دەکرێ ژمارەی (نیوئی)یە بەرهەمهاتووەکان هەژمارد بکەین و هەر بەم شێوە توونديان لەکاتی گەیشتن بەزەوی ڕوون دەبێتەوە. بەهەرحاڵ، کاتێک پێوانەکە کرا، دەرکەوت (نیوئی)یە دۆزراوەکان لەسەر زەوی بە فاکتەری ٢ بۆ ٣ بچووکترە لەوەی چاوەڕێ دەکرێت. ئەمە یەکەم ئاماژەیە بەوەی (نیوئی)یەکان لەوانەیە بارستاییان هەبێت و لەڕێچکەکەدا دەگۆڕێن بە جۆرەکانی تری نیوترینۆ. نارێکوپێکی هاوشێوە لە تێکەڵەی (نیوئی) و (نیومو) کاتێک تیشکە گەردوونییەکان دەکەون لە ئەتۆمەکانی سەرەوەی بەرگەهەوای زەوی دروست دەبن و بینراشن. زنجیرەیەک تاقیکردنەوەی تایبەتی لەکۆتایی سەدەی بیستەم پیشانیدا کە نیوترینۆکان بەڕاستی بارستاییان هەیە و لەکاتی فڕیندا لەنێوان ئەم و ئەویاندا لەرینەوە دەکات.

کەسێک لە ڕوانگەی نیوترینۆ؛ لە سوودبوری(ئۆنتاریۆ)- SNO – the Sudbury (Ontario) Neutrino Observatory- توانی نەتەنها (نیوئی)یەکە، کە لە خۆرەوە دێن دەربخات (کە پیشاندەری چاوەڕوانییەکەیە) بەڵکو توانیشی ژمارەی گشتی هەموو جۆرەکانیش تۆمار بکات (کە پێشبینییەکانی دەسەلماند). ئەمە پیشانیدا کە بەڕاستی (نیوئی) گۆڕاوە، بەڵام بەتەنهایی نەیدەتوانی دیاری بکات بەکام جۆر گۆڕاوە.

هەربۆیە تاقیکردنەوە دوورودرێژەکان دەستی پێکردووە. لە تاودەرەکانی وەکو تاقیگەی فێرمی، سێرن یان تاقیگەی(KEK) لە ژاپۆن، گورزە کۆنترۆڵکراوەکانی نیوترینۆ دروستکراون. وزە، توندی و پێکهاتەی گورزەکانی نیوترینۆ (بەزۆری نیومو)

لەسەرچاوەوە، چاودێری دەکرێت؛ بەژێر زەویدا ئاراستە دەکرێن و چەندسەد کیلۆمەتر دورتر دەردەخرێن. بە بەراوردی ئاوێتەی گورزەی گەیشتوو لەگەڵ ئەوەی کە هەیە، دیاری دەکرێت چ جۆر تامێک دەلەرێتەوە بۆ جۆرێکی تر و چەنێ بەخێرایی ئەو کارە دەکات. لێرەوە دەکرێ بارستایییە ڕێژەیییەکەیان هەژمارد بکرێت (بەزمانی تەکنیکی، ئەوەی دیاری دەکرێت دووجای بارستاییەکەیانە).

لەماوەی دە ساڵی یەکەمی سەدەی ٢١ دا، پێشبینی دەکرێ لە ئەنجامی تاقیکردنەوەکانەوە زانیاریی زۆرتر سەبارەت بە مەتەڵی نیوترینۆکان بدۆزرێتەوە. دیاریکردنی شێوازی بارستاییەکەیان هەندێک لە پارامیتەرەکانی مودێلی ستاندەر دیاری دەکات. ئێمە نازانین بڕی بارستایی کوارکەکان و پرۆتۆنەکان بۆچی دەبێت ئەوەندە بێت. بوونی ئەم بڕانە بۆ ژیانی ئێمە حەیاتییە، هەر بۆیە تێگەیشتن لەمە دەکرێ سەرکەوتنێکی مەزن بێت. دیاریکردنی بارستایی نیوترینۆ دەکرێ سەرەداوێکی گرنگی ئەم مەتەڵە بێت.

بارستایی ئەم نیوترینۆیانە هەروەها دەکرێ کاریگەریی لەسەر گەردوونناسی دابنێت. نیوترینۆ بارستاییدارەکان دەکرێ لە تۆوی سەرەتایی دروستبوونی گەلەستێرەکان ڕۆڵیان بگێڕن؛ ئەوان دەکرێ لەڕوونکردنەوەی مادەی تاریک ڕۆڵیان هەبێت و هێشتا مەتەڵێکی چارەسەرنەکراو ماوە، بۆچی کارلێکی لاواز پاریتی(parity) پێشێل دەکات، کە مەبەست هاوجێی لە ئاوێنەدایە. نیوترینۆکان مادەیەکی تایبەتییە بۆ پشکنینی کارلێکی لاواز، هەربۆیە لێکۆڵینەوەی زیاتر لەسەر ئەوان لەوانەیە بگات بەدۆزینەوەی چاوەڕواننەکراو.

دیاریکردنی بڕی بارستایی نیوترینۆ یەکێکە لە گرنگترین تەنگەژەکان کە لە ئێستادا فیزیاییەکانی تەنۆلکە کاری تێدا

دەکەن. ئەمە دەمانگەیەنێت بە پرسی زۆر گەورەتر: سروشتی خودی بارستایی چییە؟

بارستایی

هێــزی کــارۆلاواز (electroweak force) بەهــۆی تەنــۆلکەی ئاشــنای فۆتــۆنی کارۆموگناتیســی و بەهــۆی بۆزۆنەکــانی W و Zوە کە وەلامــی کــارلێکی لاواز دەدەنەوە دەگـوازرێتەوە، کە نەتەنهـا سـوتانی خـۆر دەسـتەبەر دەکـات بەڵکو لەپشـت جۆرە تایبەتەکانی ڕادیۆئاکتیڤیتیشـەوەیە. باشـە ئەگەر ئەمــانە هێنــدە پــێکەوە گرێــدراون، بــۆچی لە ژیــانی ڕۆژانەدا، کە تاڕادەیەک وزەو پلەی گەرمی نزمە هێندە جیاواز دەردەکەون؟ یەکێـــک لە هۆکارەکـــانی بـــریتییە لەوەی ئەو تەنۆلکەی هێزی کارۆموگناتیسیی دەگوازێتەوە بێبارستاییە، لە کاتێکــدا W و Zکە پەیوەنــدییان بە هێـــزی لاوازەوە هەیە بارسـتاییەکەیان زۆر گەورەیە و کێشـەکەیان لەئاسـتی کێشـی ئەتۆمی زیوە(Silver).

مـودێلی سـتاندەر بـۆ تەنـۆلکە بنەڕەتییەکـان و ئەو هێزانەی کە لەناویانـدا کـاردەکەن، شـرۆڤەی بارسـتایی بەوە دەکـات کە هۆکـارەکەی بـوارێکی نـوێیە، بەنـاوی بـواری هیگـز(Higgs Field)، کە بەناوی پیتەر هیگزەوە نـاونراوە کەسـێک لە سـاڵی ١٩٦٤دا یەکێک بوو لەو کەسانەی بەشێوەی تیۆریی پێشـنیازی وەهـا گریمـانەیەکی کرد. بـواری هیگز دزە دەکـاتە نـاو هەمـوو شـوێنێکی فەزا. بەپێـی تیـۆرییەکە ئەگەر بـواری هیگـز نەبێـت، تەنۆلکەکان بارسـتاییان نابێت. ئەوەی ئێمە بەنـاوی بارسـتایی دەیناسـین تـاڕادەیەک بەهـۆی کـارلێکی نێـوان تەنۆلکەکـان و بواری هیگزەوەیە. فۆتۆن کارلێک لەگەڵ بواری هیگز ناکـات و بـــێ بارســـتاییە؛ بۆزۆنەکـــانی W و Zکارلێـــک دەکەن و

بارستاییەکانیان وەردەگرن. خشتە دروستکەرەکانی مادە، کوارکەکان و لیپتۆنەکان وادادەنرێ لەگەڵ بواری هیگز کارلێک دەکەن، بۆیە بارستاییان هەیە.

رێک چۆن بوارەکانی کارۆموگناتیسی بوخچە کوانتەمییەکان بەرهەم دەهێنن کە ئێمە پێیان دەڵێین فۆتۆن، دەبێت بواری هیگزیش بە بۆزۆنگەلێک خۆی دەربخات. لە تیۆرییە سەرچاوەییەکەی هیگز تەنها یەک جۆر لە بۆزۆنی هیگز هەیە، بەڵام ئەگەر بەرزەهاوجێی ڕاست بێت، دەبێت خێزانێک لەم تەنۆلکانە هەبێت.

وێنەی ۳۲.پیتەر هیگز لەگەڵ ڕوونکردنەوەیەک سەبارەت بە تیۆرییەکەی لەسەر تەختەڕەشەکەی پشتەوەی.

پێوانە وردە ئەنجامدراوەکان لە LEP و تاودەرەکانی تر، کاتێک لەگەڵ بیرکاریی تیۆریی کوانتەم و مودێلی ستاندەر یەکدەگرێت توانایی دەدا بە تیۆرییسازەکان تاوەکو ئەو وزانە دیاری بکەن کە لەودا بۆزۆنی هیگز- یان هەرشتێک کە دەبێت

بەهـــۆی دروســـــتبوونی بارســـــتایی- دەربکەویــــت. ئەم هەژماردکردنانە پیشاندەدا کە سـەرچاوەکانی بارستایی، تەنها یەک ملیـۆنم لە یەک ملیـۆنمی چـرکە دوای تەقینـەوە کاتێـک پـلەی گەرمـی دادەبەزێـت بـۆ دەهەزار ملیـۆن ملیـۆن پـلەی سەدی لە بونیادی گەردووندا بەستویەتی. ئەو ئەگەرە هەیە کە بەرکەوتنـی پرۆتـۆن و دژەپرۆتـۆن لە تـاقیگەی فێرمـی کە بەرزکراوەتەوە بۆ تیڤاترۆن، یەکەم نیشانەکانی بۆزۆنی هیگز دەربکەوێت. بەهەرحاڵ بۆ پشکنینی تایبەت لەم ناوچەی وزەدا، شــوێنێک کە دەبێــت بارســـتایی دەربکەوێــت، پێویســـتی بە پێکـــدادەری گەورەی هـــادرۆنی LHC لە ســـێرن هەیە کە لە ساڵی ٢٠٠٧وە بە وزەی بەرزەوە لەبەردەست دەبێت.

پلازمای کوارك -گلۆئۆن

ئەگەر وێنەکەمـان سـەبارەت بە سـەرچاوەی مـادە ڕاسـت بێـت، کوارکەکـان و گلوئۆنەکـان کە لە گەردوونـــی ســـاردی ئەمـڕۆدا لەنـاو پرۆتـۆن و نیوترۆنەکانـدا حەپسـن، لە گەرمـای تەقیـــنەوە بەڕادەیەک داغ و گەرم بـــوون نەدەکـــرا پـــێکەوە بنوسێن. لە جیاتی ئەوان لەناو شلەیەکی پڕوزەی چڕدا بوون کە ناسراوە بە پلازمای گلوئون- کوارک یان بەکورتی QGP.

ئەم ڕەوە تـێکەڵ بـووەی کـوارک و گلوئـۆن، هاوشـێوەی دۆخـی بەناوبـانگی پلازمـان، وەکـو ئەوەی لەنـاخی خـۆردا لە ئارادایە، کە بریتییە لە گازە سەربەخۆ لەیەکترەکانی ئەلیکترۆن و ناوکە پڕوزەکان کە پێکەوە دەنوسێن بۆ ئەوەی ئەتۆمی بـێ بارگە دروست بکەن.

فیزیاییەکـان لە هەوڵـدان بە تێکشـاندنی نـاوکە ئەتـۆمییە گەورەکـان بە جـۆریتر، بەوەهـا وزەیەکـی بەرز کە پرۆتـۆن و نیوترۆنەکـان پـێکەوە بنوسـێن بەو ئومێـدەی بتـوانن QGP

بەرهەم بهێنن. ئومێد هەیە کە ناوکەکان بتوێنەوە- بەواتایەکی تر کوارک و گلۆئۆنەکان لەجیاتی ئەوەی بەناو ناوکدا بجوولێن لەناو تاک نیوترۆن و پرۆتۆنەکاندا دەیبەستن.

لە سێڕندا گورزەکانی ناوکی قورس بەرەو توخمە قورسە وەستاوە بە ئامانجگیراوەکان دەنێردرێن. لە تاقیگەی نیشتیمانی برۆکهاڤێن لە ئەمریکا پێکدادەری قورسی ڕێژەیی ئایۆنەکان(RHIC) بنیادنراوە کە تێیدا گورزە قورسەکانی ناوک بەیەکدا دەکێشرێن. هەر وەکو چۆن بۆ تەنۆلکەی سادەتری وەکو ئەلیکترۆن و پرۆتۆن ڕوودەدا، باشییە گەورەکەی مەشینی گورزە بەیەکدا کێشراوەکان ئەوەیە هەموو وزەی دەستکەتوو لەتاودانی تەنۆلکەکان بەرەو بەرکەوتنەکە دەچێت. لە ساڵی ۲۰۰۷دا، لەو وزەدا LHC لە سێڕن شوێنی RHIC دەگرێتەوە کە ئایۆنەکان بە وزەی TeV۱۳۰۰ بەیەکدا دەکێشێت. ئەم وزە نزیکە لەو وزەی لە گەردووندا کاتێک تەمەنی یەک تریلیۆنمی چرکە بوو باو بووە، کەتێیداQGP ئاسایی بووە، بەشێوەیەک تاقیگەکاران دەتوانن بە وردی لێکۆڵینەوە لە تایبەتمەندییەکانی بکەن.

دژەمادە و CP

وادیارە ئێمە لە قەبارەیەکی مادیدا دەژین کە لانیکەم ۱۲۰ ملیۆن ساڵی ڕووناکی تیرەکەیەتی. بەند لەسەر جیاوازی ڕەفتاری ورد لەئاستی تەنۆلکە بنچینەییەکان لە نێوان مادە و دژەمادەدا (بەشێوەی تەکنیکی ناسراوە بە شکانی هاوجێی CP)، زۆربەی فیزیاییەکان ئەو ئایدیا کە لە نێوان مادە و دژەمادەدا لە ئاستی گەورەدا ناهاوجێی(asymmetry) ورد هەیە. زۆر زوو دوای تەقینەوە مەزنەکە ئەم هاوتاییە لە سوودی ئەو مادەی ئێستا فەرمانڕەوایە لەسەر گەردوون

تێکچوو. تەنگەژەی ئێستا لێکۆڵینەوەی وردی ئەم جیاوازیانەیە بەمەبەستی دیاریکردنی سەرچاوەکانیان و لەوانەشە سەرچاوەی ناهاوجێیەکەی نێوان مادە و دژەمادە بێت لە گەردووندا.

کائۆنەکان(Kaon) پێکهاتوون لە کوارکێک و دژەکوارکێک. کائۆنی بێبارگە(K^0) پێکهاتووە لە کوارکی خوار(down) و دژەکوارکێکی سەمەرە(Strange).تەنۆلکەکانی $\underline{K}^{\ 0}$ و K^0 تەنۆلکەی جیاوازن، بەڵام ئەوان بەرێگەی هێزی لاواز لەگەڵ یەکتردا پەیوەندی نزیکیان هەیە، کە بە سەرسوورمانە، بەرێگەی کارلێکی کوارک و دژەکوارکەوە K^0دەگۆڕێت بە $\underline{K}^{\ 0}$ و بە پێچەوانەوە. ئەم کاریگەرییە واتای ئەوەیە هەرکاتێک کائۆنێکی بێبارگە یان دژە کائۆنێکی بارگەدار دروستبوو هەندێک تێکەڵکردنی میکانیکی کوانتەمیانە ڕوودەدا.

ئەم تێکەڵە نێوانگرییانە ناسراون بە KS (لێرەدا S بۆ کورت)و KL(لێرەدا L بۆ درێژ بەکاردێت) Kی درێژ ٦٠٠ جار زیاتر لە Kی کورت دەژی. سیفەتی گرنگ ئەوەیە کە دۆخەکان KL و KS لە ئاوێنە ئاوێتەییەکانی CP دا کرداریان جیاوازە. بەرێگەی جیاواز دوو دۆخەکە هەڵدەوەشن K ی کورت دەبێت بە دوو پایۆن، و Kی درێژ دەبێت بە سێ پایۆن. ئەگەر هاوجێی CP تەواو بێت، ئەم شێوازی هەڵوەشاندنەوە هەمیشە ڕاست دەبێت. بۆ نموونە Kی درێژ هەرگیز بۆ دوو پایۆن هەڵناوەشێت. بەهەرحاڵ، هەروەکو کرۆنین(Cronin) و فیچ(Fitch) و هاوکارەکانیان بۆ یەکەمجار بینیان، بەنزیکەیی ۰.۲%ی نموونەکانی KL هەڵدەوەشن بۆ دوو پایۆن.

پرسیارێک کە ئێستا دێتە ناو زیهنی ژمارەیەکی زۆر لە فیزیاییەکان بریتییە لەوەی، ئایا ئەمە ڕێکەوتە کە سێ نەوە لەو شتانە بوونە بەمادەی فەرمانڕەوا لەسەر زەوی. تیۆرییەکە

پێشـنیاز دەکـات کە پێشـێلکردنی CP دەبێـت کـاریگەریی گەورەی لەسـەر نموونەکـانی وەکـو مێزۆنـی B هەبێـت، کە هاوشێوەی کائۆنن، بەڵام کوارکی سەمەرە شوێنەکەی کوارکی بـن(bottom) گرتـوویەتەوە. سیسـتەمی مێزۆنـی B ئێسـتا بـابەتی تـوێژینەوەی زۆر چڕە و یەکەم نیشـانەکانی هـاوجێی مەزن باسـکراوە. LHC ژمـارەیەکی زۆر تەنـۆلکەی "بـن" بەرهەم دەهێنێـت و لێکـۆڵینەوە لە ناهـاوجێی CP دەبێـت بە بەشـێکی گەورەی بەرنـامەکەی ئەوێ. بـۆ ئەو مەبەسـتە تاقیکردنەوەیەک بەناوی LHCb تایبەتکراوە.

هەندێك پرسیار بۆ داهاتوو

ئێستا بەڕاستی شتەکان سەیرو سەمەرەن. بەپێی دوایین تیۆرییەکان، سێ ڕەهەندە فەزاییەکە و کات تەنها بەشێکە لە گەردوونێکی زۆر قوولتر. هەندێک ڕەهەند هەیە کە لەودیوی تێگەیشتنی ئێمەوەیە، بەڵام دەکرێ لە تاقیکردنەوەکانی وزەی بەرز لە سێرن دەربخرێت.

بـۆ تێگەیشـتن لەمە تەسـەوری گەردوونێـک بـکە کە دانیشتوانەکەی تەنها لە دوو ڕەهەند تێدەگەین، ئێمە ئاگاییمان زیاترەو لە سێ تێدەگەین. هەر بۆیە دەکرێ تەسەوری دوو ڕووبەری تەخت بکەین کە بۆ نموونە بە مەودای دوو میلی مەتـر لەیەکتـری جیـاکراونەتەوە. کاریگەرییەکـانی هێزەکـان دەکرێ لە کەلەبەرەکەوە دزە بکاتە دەرەوە، بەڵام بـوونەوەرە دوو ڕەهەنـدییەکان لەمە تێنـاگەن. ئەوان لەوەی دەمێنێـتەوە تێـدەگەن کە بە بەراورد بە کـاریگەرییە سـنووردارەکانی ڕووبەری تەخت کە ئەزموونی دەکەن بچووک دەبێت.

ئێستا تەسەوری بکە وەکو ئەو بوونەوەرە تەختانە بین لە گەردوونێکدا کە ڕەهەندەکانی بەرزترە. ئایدیاکە بریتییە لەوەی

که کێشــکردن بـۆ ئـێمه لاوازتــر دەردەکەوێـت، چــونکه ئەمه کاریگەرییەکـانی هێزەکـانی تـره، که دزه دەکـاته نـاو ڕەهەنـده بەرزترەکـانی گەردوونەکەمــان. هەربــۆیه کاتێـک هەســت به کێشکردن دەکەیـن، لەڕاسـتیدا کـاریگەریی هێزه یەکانگیرەکانی تره که دزەیان کردووەتەوه ناو ڕەهەندی بەرزتـر و هەسـتی پێــدەکەین و هەنــدێک پاشـــماوه بـــۆ ئەنجامــدانی کارێــک بەجێـدەهێڵن. تەنـانەت دەکـرێ تەسـەوری جـوولەی هەنـدێک تەنـۆلکه بکرێـت که له ڕەهەنـدەکانی بـوونەوەره تەخـتەکەوه دەچـنه ڕەهەنـدی بەرزتـر و له ڕاسـتیدا هەروەکـو دەزانـین له گەردوونەکه ون دەبن.

هەربــۆیه له تــاقیکردنەوه نوێیەکـــان له LHCـای ســێرن، فیزیاییەکان دەبێت بگەڕێن بۆ نیشـانەکانی ئەو تەنۆلکانەی که له پــڕ دەردەکەون و دەســڕێنەوه. ئەگەر وەهــا دیــاردەیەک بەشـێوەی ڕێکوپێـک ڕووبـدات، ئەمه دەکـرێ بەڵـگه بێـت، که ئێمەش بەڕاستی وەکو بوونەوەره تەختەکانین و ڕەهەندگەلێک زیاتر له سێ ڕەهەندی فەزایی و ڕەهەندێکی کات، که له ئێسـتا ئەزموونی دەکەین، لەودیوی سروشتدا هەیه.

ئـێمه گەیشـــتوین به خاڵێـک که جیـاکردنەوەی هەقیقەتــی زانسـتی ڕاسـتی له زانسـتی خەیـاڵی قورسـه. بەڵام سـەدەیەک لەوەوپــیش هەمــوو ئەو شــتانەی که له ئیمــڕۆدا به ئاســایی دەبیینین لەو دیوی تەسـەوری والس(H. G. Wells)دا بـوو. سەد ساڵی تر له کتێبەکانی زانستدا شتگەلێک دەبینی که هێشتا خەونیشی پێوه نەبینراوه.

پەنجا ساڵ لەوەو پێش کتێبێکم دەخوێندەوه، که باسی شته سـەیرو سـەمەرەکانی ئەتـۆم لەکـاتی دەرخسـتنیدا و تەنـۆلکه سـەمەرەکانی نـاو تیشـکی گەردوونـی دەکـرد، منـیش ئەمـڕۆ سەبارەت بەمانه بۆ ئێوه دەنووسم. لەوانەیه نیوسەدەی تـر تۆ ئەم چیرۆکه نوێ بکەیتەوه. سەرکەوتوو بیت.

خوێندنەوەی زیاتر

ئەم پێشنیازەی ژێرەوە، کە بۆ خوێندنەوەی زیاترە، ئامانجی ئەوە نییە هەموو ئەدەبیاتی فیزیای تەنۆلکە لەخۆی بگرێت. ئەم بەشە هەڵگری هەندێک لە بەرهەمە کلاسیکییەکانە، کە ئیتر چاپ ناکرێنەوە، بەلاّم دەکرێ لە ڕێگەی کتێبخانە باشەکان یان کتێبفرۆشییە دەستەدووەمەکان یان بەڕێگەی ئینتەرنێت (وەکو www.abebooks.com) دەستت پێی ڕابگات.

(هیچکام لەم کتێبانە نەکراون بە کوردی، خوێنەری ئازیز بۆ خوێندنەوەی زیاتر سەبارەت بەفیزیای تەنۆلکە دەتوانێ بگەڕێتەوە بۆ کتێبەکانی ستیڤن هۆوکینگ کە کراون بە کوردی. خوێنەر سەبارەت بە دۆزینەوەی بۆزۆنی هیگز کە لەم کتێبەدا زۆرجار ئاماژەی پێدەکرێت دەتوانێ سەیری کتێبی ئاسمان و ڕیسمان لە نووسینی وەرگێڕ بکات)

١. ڕاپۆرتێک سەبارەت بەفیزیای تەنۆلکە لە سەدەی بیستەم، بۆ خوێنەری گشتی.

Frank Close, The Cosmic Onion: Quarks and the Nature of the Universe, Heinemann Educational, 1983

٢.سەرەتایەکی سەرنجڕاکێش بۆ واتای ناهاوجێی لە دژەمادەدا و لایەنەکانی ئێستاو داهاتووی فیزیای تەنۆلکە.

Frank Close, Lucifer's Legacy ,Oxford University Press, 2000

٣.گەشتێکی بە باشی شرۆڤەکراو بۆ خوێنەری گشتی، بەناو فیزیای ناوکی و تەنۆلکەدا لە سەدەی بیستەم لەگەڵ وێنەی ڕێچکەی تەنۆلکەکان، تاقیکردنەوەکان و زاناکان.

Frank Close, Michael Marten, and Christine Sutton, The Particle Odyssey، Oxford University Press, 2003

٤.پێشکەوتنەکانی فیزیای تەنۆلکە لە سەدەی بیستەمدا.

Gordon Fraser (ed.), The Particle Century , Institute of Physics 1998

٥.براوەی خەڵات بەهۆی پێشکەشکردنی بەرزەڕێسمان لە تیۆرییە نوێیەکانی فیزیای تەنۆلکەدا.

Brian Greene, The Elegant Universe: Superstrings, Hidden Dimensionsand the Quest for the Ultimate Theory, Jonathan Cape, 1999

٦. پێشەکییەک سەبارەت بە فیزیای تەنۆلکە و تیۆریی کوانتەم.

Tony Hey and Patrick Walters, The Quantum Universe, Cambridge University Press, 1987

٧. ژیاننامەی موری گێلمان باوکی کوارکەکان.

George Johnson, Strange Beauty: Murray Gell-Mann and the Revolution in Twentieth-century Physics ,Jonathan Cape, 2000

٨. پێشەکییەک سەبارەت بەفیزیای تەنۆلکە و ناونیشانەکانیان.

Gordon Kane, The Particle Garden: Our Universe as Understood by Particle Physicists , Perseus Books, 1996

٩.کورتەیەک لە ژیاننامەی براوەکانی خەڵاتی نۆبڵی فیزیا لە ١٩٠١وە بۆ ١٩٧٩

Robert Weber, Pioneers of Science,Institute of Physics, 1980

١٠. سێ خولەکی یەکەمی تەقینەوە مەزنەکە بەزمانێکی ناتەکنیکی ورد لەلایەن تیۆریسازێکی پێشڕەوەوە شرۆڤەکراوە.

Steven Weinberg, The First Three Minutes, Andre Deutsch, 1977; Basic Books, 1993

١١.تێڕوانینێکی کلاسیکی سەبارەت بە ئایدیا نوێیەکان لە فیزیای تیۆریی تەنۆلکە.

Steven Weinberg, Dreams of a Final Theory , Pantheon Books, 1992 Vintage, 1993

١٢.پێشەکییەکی تەکنیکی بە وردەکارییەوە کە گونجاوە بۆ خوێندکارانی زانکۆ لە بەشی فیزیا.

W. S. C. Williams, Nuclear and Particle Physics, revised edn, Oxford University Press, 1994

چەمکناسی

تەنۆلکەی ئەلفا(alpha particle): دوو پرۆتۆن و دوو نیوترۆن کە بە سفتوسۆڵی پێکەوە گرێدراون؛ کاتێک گۆڕینی ناوکیی ڕوودەدا دەردەچن؛ ناوکی ئەتۆمێکی هیلیۆم.

تەوژم بەگۆشە(angular momentum): سیفەتێکی جووڵە بە خولەکان، کە بەراورد دەکرێت بە چەمکی زۆرتر ئاشنای تەوژم(Momentum) لە جووڵەی بەهێڵدا.

دژەمادە(Antimatter): بۆ هەر جۆرێک لە تەنۆلکە دژەتەنۆلکەیەک هەیە، کە سیفەتەکانی دژە، بۆنموونە بارگەکەی. کاتێک تەنۆلکە و دژەتەنۆلکە دەگەن بەیەکتر بەجووت یەکتری دەسڕنەوە و دەبن بە وزە.

دژە(تەنۆلکە) (anti(particle): ڤێرژەنێکی دژەمادەی تەنۆلکە، بۆ نمونە دژەکوارک، دژەپرۆتۆن.

ئەتۆم(atom-گەرد): سیستەمێک لە ئەلیکترۆنەکان کە بەدەوری ناوکدا دەسوڕێنەوە؛ بچووکترین پارچەی توخم(element)ێک، کە هێشتا بەو توخمە دەناسرێتەوە.

بی(B): سیمبوڵ(هێمای) مێزۆنی بن(bottom meson).

کارگەی B: تاودەرێک کە دیزایین کراوە بۆ بەرهەمهێنانی ژمارەیەکی زۆر تەنۆلکەی هەڵگری کوارکەکانی بن یان دژەکوارکەکانە.

باریۆن(Baryon): پۆلێک هادرۆن(Hadron) کە پێکهاتوون لە ٣ کوارک.

هەڵوەشانەوەی بیتا (beta decay (beta radioactivity): گۆڕانی تەنۆلکەیی یان ناوکی دەکرێ بەهۆی هێزی ناوکی لاواز(weak force) ڕوودەدات؛ لە ئەنجامدا نیوترینۆیێک و ئەلیکترۆنێک یان پۆزیترۆنێک دەردەچن.

بۆزۆن(Boson): ناوێکی گشتی بۆ بۆ ئەو تەنۆلکانەی بڕی سپین(spin-بادراوی)ەکەیان ژمارەی دروستە، کە بە یەکەی نەگۆڕی پلانک دەپێوریێت؛ بۆ نموونە هەڵگرەکانی هێز، وەکو فۆتۆن، گلوئۆن، بۆزۆنەکانی W و Z و بۆزۆنی (پێشبینیکراو) بێ سپینی هیگز.

بن(یەتی(botton(ness)): سیفەتێکی هادرۆنەکان کە هەڵگری کوارک یان دژە کوارکەکانی بنن.

کوارکی بن(bottom quark): قورسترین نموونەی کوارک بە بارگەی -⅓ وە.

ژووری بلق(bubble Chamber): هەستەوەرێکی تەنۆلکە کە ئێستا ئیتر بەکارناهێنرێت، ڕێچکەی فڕینی تەنۆلکەکان کە بارگەی کارەباییان هەیە، بەڕێگەی ڕێچکەگەلێک لە بلق دەردەخات.

سێرن(CERN):ناوەندی ئەورووپی بۆ فیزیای تەنۆلکە، فیزیا، ژنێڤ، سویسرا

کوارکی ئەفسون(charm quark): کوارک بە بارگەی +⅔ وە؛ ڤێرژەنی قورستری کوارکی سەر(up) بەڵام سوکترە لە کوارکی ترۆپک(top).

پێکدادەر(collider): تاودەری تەنۆلکە کە لەودا گورزەکانی تەنۆلکە لە ئاراستەی دژدا دەجووڵێن و بەشێوەی ڕووبەڕوو بەیەکدا دەکێشرێن.

ڕەنگ(Colour): ناوێکی نامۆ کە دراوە بە کوارکەکان و سەرچاوەی هێزی بەتینە لە تیۆریی QCDدا.

پاراستن(Conservation): ئەگەر بڕی هەندێک تایبەتمەندی لەکاردانەوەیەکدا نەگۆڕێت، دەگوترێ ئەو بڕە پارێزراوە.

تیشـــکە گەردوونییەکـــان(Cosmic rays): تەنـــۆلکە پرۆزەکان و ناوکەئەتۆمییەکان کە لە فەزای دەرەوە دێن.
سـایکلۆترۆن(cyclotron): فۆرمێکی سـەرەتایی تـاودەری تەنۆلکە.
کـوارکی خـوار(down quark): سـوکترین کـوارک بە بارگەی -⅓ وە: پێکهاتەی پرۆتۆن و نیوترۆنەکان.
هێـزی کارۆموگناتیسـی(electromagnetic force): هێزێکی بنچینەییە کە بەرێگەی هێزی نێوان بارگە کارەباییەکان و هێزی موگناتیسی کار دەکات.
ئەلیکتـــرۆن(electron): ســـوکترین بـــارگەی کارەبـــایی پێکهێنەری ئەتۆم.
هێزی کـارۆلاواز (electroweak force) : تیـۆرییەک بـۆ یەکانگیرکردنی هێزی کارۆموگناتیسی و هێزی لاواز.
ئەلیکتـــرۆن ڤۆڵـــت(eV): یەکەی وزە؛ بـــڕەی وزەیەک کە ئەلیکترۆنێـک دەسـتی دەکەوێـت کاتێـک بە یەک ڤۆڵـت تـاو دەدرێت.
یەکەکانی وزە و بارستایی($E = mc^2$): بەشێوەی تەکنیکـی یەکەی MeV و GeV بـۆ پێـوانی وزەی وەسـتاو(rest energy)، واتە ($E = mc^2$) ی تەنـۆلکەیەک بەکاردێـت، بەڵام زۆرجـار بەشـێوەی بـاو بەسـادەیی بـۆ بارسـتایی(mass) بەکاردەهێنرێت و بارستایی بە MeV و GeV دەردەبڕدرێت.
فێرمیۆن(fermion): ناوێکی گشتی بۆ ئەو تەنۆلکانەی بڕی سـپینەکەیان ژمـارەی دروسـت دابەشـی دووە کەرەتـی یەکەی نەگۆڕی پلانک. بۆ نموونە کوارکەکان و لیپتۆنەکان.
تام(flavour): ناوێکی گشتی بۆ جیاکردنەوەی جۆرەکـانی کـوارک (سـەر، خـوار، ئەفسـون، سـەمەرە، بـن، ترۆپـک) و

لیپتۆنەکان (ئەلیکترۆن، موئون، تاو، نیوترینۆکان)، بەمشێوە دەبینین تام هەڵگری بارگەی کارەبایی و بارستاییە.

تیشکی گاما(gamma ray): فۆتۆن؛ تیشکدانەوەی وزەبەرزی کارۆمۆگناتیسیی.

وەچە(generation): کوارکەکان و لیپتۆنەکان لە سێ وەچەدان. یەکەم وەچە بریتییە لە کوارکەکانی سەر و خوار و ئەلیکترۆن و نیوترینۆ. دووەم وەچە بریتییە لە کوارکەکانی ئەفسۆن و سەمەرە و موئۆن و نیوترینۆیەکی تر، سێهەمیش بریتییە لە کوارکەکانی بن و ترۆپک، تاو، و جۆری نیوترینۆی سێهەم. بڕوامان وایە وەچەی تر نییە.

گیگا ئەلیکترۆن ڤۆڵت(GeV): یەکەی وزە کە یەکسانە بە یەک هەزار ملیۆن ئەلیکترۆن ڤۆڵت(.) $eV10^9$

گلوئۆن(gluon): تەنۆلکە بێبارستاییەکان کە کوارکەکان پێکەوە ڕادەگرن و هادرۆن دروست دەکەن و هەڵگری هێزەکانی QCDین.

هادرۆن(Hadron): تەنۆلکەی دروستبوو لە کوارک /یان دژەکوارکەکان کە هەست بەهێزی بەتین دەکەن.

بۆزنی هیگز(Higgs boson):تەنۆلکە قورسەکان کە پێشبینی دەکرێت سەرچاوەی بارستایی بۆ تەنۆلکەکانی وەکو ئەلیکترۆن، کوارکەکان، و بۆزنەکانی W و Z بێت.

ئایۆن(ion): ئەتۆمەکان کە هەڵگری بارگەی کارەبایین، بەهۆی ئەوەی ئەلیکترۆن لەدەست دەدەن (ئایۆنی پۆزەتیڤ)، یان ئەلیکترۆنی زیادە بەدەستدەهێنن (ئایۆنی نێگەتیڤ).

کائۆن(K): جۆرێک مێزۆنی سەمەرە.

کیلۆ ئەلیکترۆن ڤۆڵت(keV): هەزار eV.

جووڵە وزە(kinetic energy): وزەی تەنی بەجووڵە.

ئێل ئی پی(LEP): پێکدادەری گەورەی پۆزیترۆن لە سێرن.

لێپتۆن(Lepton): تەنۆلکەگەلی وەکو ئەلیکترۆن و نیوترینۆ کە هەست بە هێزی بەتین ناکەن و سپینەکەیان ۱/۲ە.

ئێـل ئـێچ سـی(LHC): پێکـدادەری گەورەی هـادرۆنی؛ تاودەردە لە سێرن.

لینـاک(linac): کـورتکراوەی تـاودەری هێڵەکـی(linear accelerator).

مـاکهۆ(MACHO): کـورتکراوەی تەنە خەرمـانەدارە چـڕە قورسەکان.

زەبـری موگناتیسـی(magnetic moment): بڕێـک بـۆ وەسفی کاردانەوەی تەنۆلکە بە بوونی بواری موگناتیسی.

بارسـتایی(mass):بـارنەگۆڕی(inertia) تەنـۆلکەیەک یـان تەنێـک و پێـوەری بەرگـری تـاودان؛ سـەرنجبدەن کێشـی تـۆ هێزێکە کە کێشکردن دەیخـاتە سـەر بارسـتاییەکەت، هەر بۆیە تۆ هەمـان بارسـتاییت هەیە، کاتێک لەسـەر زەویت، یـان مانگ یان فەزا، تەنانەت ئەگەر لەوێ بێکێشیش بیت.

مێـزۆن(meson): بۆلێـک لە هادرۆنەکـان؛ پێکهـاتووە لە کوارکێکی تەنها و دژکوارکێک.

مێگا ئەلیکترۆن ڤۆڵت(MeV): یەک ملیۆن eV.

میڤ(meV): یەک ملیۆنمی eV.

مۆڵکیول (گەرد-Molecule): هێشوویەک لە ئەتۆم.

مـایکرۆچرکە(microsecond): یەک لە سـەر ملیـۆن چرکە.

موئون(muon): ڤێرژنی قورستری ئەلیکترۆن.

نانۆچرکە(nanosecond): یەک ملیاردمی چرکە.

نیوترینۆ(neutrino): تەنۆلکەی بێبارگە؛ ئەندامێکی خێزانی لیپتۆن؛ تەنها هەست بەهێزی لاواز و کێشکردن دەکات.

نیوترۆن (neutron): هاوبەشی بێبارگەی پرۆتۆن لەناو ناوکی ئەتۆم کە یارمەتی هاوسەنگی ناوک دەدا.

پاریتی(parity): کرداری ئاوێنەیی لێکۆڵینەوە لە سیستەمێک یان زنجیرەیەک ڕووداو.

پیکۆچرکە(picosecond): یەک ملیۆنم ملیۆنمی چرکە.

فۆتۆن(photon): تەنۆلکەی بێ بارسایی کە هەڵگری هێزی کارۆموگناتیسییە.

پایۆن(pion): سوکترین نموونەی مێزۆنەکان؛ پێکهاتووە لە کوارک بەتامی سەر یان خوار و دژەکەی.

نەگۆڕی پلانک(Planck constant-h):بڕێکی زۆر بچووک کە کرداری گەردوون لە مەودای نزیک بە قەبارەی ئەتۆم یان بچووکتر کۆنترۆڵ دەکات. ئەو ڕاستییەیی سفر نییە لە کۆتاییدا دەگات بەم ئەنجامانە: ئەوەی بۆچی قەبارەی ئەتۆم سفر نییە، ئەوەی ئێمە ناتوانین بەشێوەی هاوکات خێرایی و شوێنی تەنۆلکەیەکی ئەتۆمی بە وردی زۆرباشەوە بزانین و بۆچی جیهانی کوانتەم بە بەراورد بە جیهانی ئەزموونەکانمان، واتە جیهان بەگەورەیی سەیرە. نرخی سپینی تەنۆلکەیەکیش گرێدراوە بە h وە (بەشێوەی تەکنیکی یەکەکان یان نیوەی یەکەکان کەرتی h و دابەشی .(2π

پۆزیترۆن(positron): دژەتەنۆلکەی ئەلیکترۆن.

پرۆتۆن(proton): پێکهێنەری بارگاویی ناوکی ئەتۆمی.

کرۆمۆداینامیکی کوانتەمی(QCD): تیۆریی هێزی بەتین کە کاردەکاتە سەر کوارکەکان.

کارۆدایناميکی کوانتەمی(QED): تیۆریی هێزی کارۆموگناتیسیی.

کوارکەکان(quarks): تۆوی پرۆتۆن و نیوترۆن و هادرۆنەکان.

ڕادیۆئاکتیڤیتی(Radioactivity): سەیری هەڵوەشانەوەی بیتا(beta) بکە.

سلاک(SLAC): ناوەندی تاودەری بەهێڵی ستانفۆرد، کالیفۆرنیا، ئەمریکا

سنۆ (SNO): ڕوانگەی نیوترینۆیی سولبوری؛ تاقیگەیەکی ژێرعەرزی لەسولبوری، ئۆنتاریۆ، کەنەدا.

ژووری چەخماخە (spark chamber):ئامێرێک بۆ دەرخستنی ڕێچکەی تەنۆلکە بارگاوییەکان.

سپین(بادراوی)(spin): پێوەری جووڵەی بەخول، یان تەوژم بەگۆشەی زاتیی تەنۆلکەیەک، بەپێی ژمارەیەک کەڕەتی نەگۆڕی پلانک دەپێورێت.

تەنۆلکەی سەمەرە(Strange particle): تەنۆلکەکان کە هەڵگری یەک یان زیاتر کوارکی سەمەرەن.

کوارکی سەمەرە(strange quark): کوارک بە بارگەی - ⅓ وە، کە زۆر قورسترە لە کوارکی خوار بەلاّم سوکترە لە کوارکی بن.

سەمەرەکی (strangeness): ئەو سیفەتەی هەموو ئەو مادانە هەیانە کە هەڵگری کوارک یان دژەکوارکی سەمەرەن.

هێزی بەتین(Strong force): هێزی بنچینەیی، بەرپرسە لەوەی کوارکەکان و دژەکوارکەکان پێکەوە بنوسێن و هادرۆنەکان دروست بکەن، هەروەها پرۆتۆن ونیوترۆنەکان لەناو ناوکدا پێکەوە دەبەستێتەوە.

بەرزەکامیۆکەندی(Superkamiokande): هەستەوەرێکی ژێرعەرزیی نیوترینۆ و تەنۆلکەکانی تری تیشکی گەردوونی لە ژاپۆن.

بەرزەهاوجێی(Supersymmetry-SUSY):تیۆرییەک کە فێرمیون و بۆزۆنەکان یەک دەخات؛ لێرەدا هەر تەنۆلکەیەکی ناسراو لفێکی هەیە کە سپینەکە بەڕادەی نیوە لەگەڵی جیاوازە و هێشتا نەدۆزراونەتەوە.

هاوجێی(Symmetry): ئەگەر تیۆرییەک یان پرۆسەیەک کاتێک کردارێکی تایبەتی لەسەر دەکرێت نەگۆڕێت، ئەوکات دەگوترێت بۆ ئەو کردارە هاوجێیە. بۆ نموونە، بازنەیەک، بەهۆی سووڕانەی یان دانەوەی ئاوێنەیی گۆڕانی بەسەردانایەت، کە دەگوترێ بەشێوەی خولەکی(rotational) و دانەوەیی(reflection) هاوجێیە.

سینکرۆترۆن(Synchrotron): تاودەرە بازنەییە نوێیەکان.

تاو(tau): ڤێرژەنی قورستری موئۆن و ئەلیکترۆن.

کوارکی ترۆپک(top quark): قورسترین کوارک کە بارگەکەی +۲/۳ە.

تیۆریی یەکانگیر(unified theory): هەوڵدان بۆ یەکخستنی تیۆرییەکانی هێزی بەتین، کارۆموگناتیسی و هێزی لاواز و لە کۆتایدا هێزی کێشکردن.

کوارکی سەر(up quark): کوارک بە بارگەی کارەبایی +⅔ وە؛ پێکهێنەری پرۆتۆن و نیوترۆن.

هێزی لاواز(weak force): هێزی بنچینەیی، کە بەرپرسە لە هەڵوەشانەوە بێتا و بەهۆی بۆزۆنەکانی W و Zوە دەگوازرێتەوە.

بۆزۆنی دەبلیو(W boson): تەنۆلکە قورسە بارگەدارەکانن و هەڵگری فۆرمێکی هێزی لاوازن؛ دەستەخوشکی بۆزۆنی Z ن.

ویمپ(WIMP): کورتکراوەی تەنۆلکەی قورسی بەشێوەی لاواز کارلێککەر.

بۆزۆنی زێد(Z boson): تەنۆلکەی بێبارگەی قورس کە هەڵگری فۆرمێکی هێزی لاوازە؛ دەستەخوشکی بۆزۆنەکانی W.

یۆنانییە کۆنەکان بڕوایان وابوو کە هەموو شتێک لە توخمە سەرەتاییەکان دروستبووە. ئایدیاکە لە بنچینەدا ڕاست بوو، ئەوەی هەڵە بوو وردەکاریی بوو. "خاک، هەوا، ئاگر و ئاو"ەکەیان لەو شتە دروستبووە کە ئێستا ئێمە بە توخمە کیمیاییەکان دەیانناسین. ئاوی پەتی لە دووان دروستبووە: هایدرۆجین و ئۆکسیجین. بەشی هەرە زۆری هەوا لە نیترۆجین و ئۆکسیجین لەگەڵ تۆزێک کاربۆن و ئارگۆن پێکهاتووە. خۆڵی توێی زەویی هەڵگری زۆرترینی ۹۰ توخمە سروشتییەکانی ئێستایە، پێش هەمووان ئۆکسیجین و سیلیکۆن و ئاسنی تێکەڵ بوو لەگەڵ کاربۆن، فۆسفۆر و ژمارەیەکی تر کە تۆ لەوانەیە هەرگیز ناویشت نەبیستبێت، وەکو روسینیۆم(ruthenium)، هۆلمیوم(holmium) و رۆدیوم(rhodium). فراوانی توخمەکان بە بەرفراوانی دەگۆڕێن و ڕێسایەکی بەنزیکەییان هەیە، ئەوانەی بیری لێ دەنەکەوە لەناو باوترینەکاندان، لە کاتێکدا ئەوانەی کە قەت ناوت نەبیستووە دەگمەنترینەکانن.

دەزگای رۆشنبیریی جەمال عیرفان
لەسەر ئەرکی (د. تەها ڕەسووڵ) چاپکراوە

2021