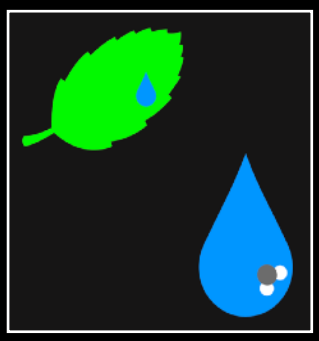
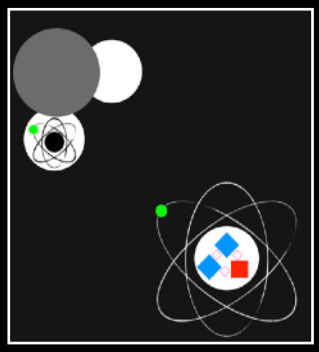
كتاب فيزياء الجُسيمات للصِّغار – شرح مُبَسَّط

صفحة 1



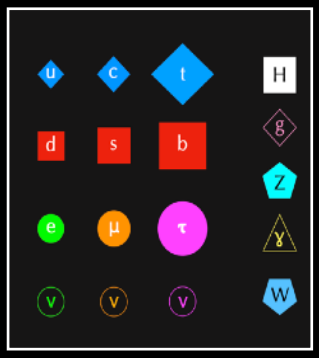
فِيزياء الجُسَيمات تَدرُس مِمَّا يَتكوَّن الكَون.
خُذ وَرَقَة شَجَرَةٍ كَمِثال.
إذا نَظَرنا عَن قُرب، سَنَرى أَنَّ مُعظَمُها مُكَوَّن مِن ماء...
لكِن ماذَا سَنرى إن كَبَّرْنا أكثر؟

صفحة 2



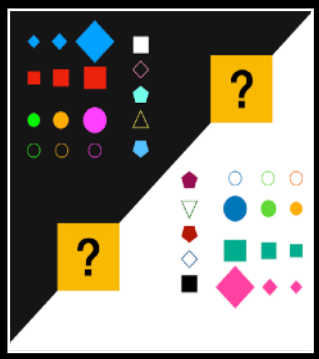
المَاء هو سائِل يتكوَّن من جزيئات الـ H_2O.
الجُزيئات هي مجموعات من الذرّات.
في حالَة الماء، هناك ذرّتان من الهيدروجين لِذرّة من الأُكسِجين.
الذرّات بدورِها تتكوَّن من أشياء أصغر:
الكُواركَات و الغْلُوونات في النواة، و تَدورُ حولها الإلكترونات

صفحة 3



الكُواركَات الغْلُوونات، و الإلكترونات تُشَكِّلُ النَّموذَجَ القِياسِي (بالإنجليزِيَّة: Standard Model)،
أَفْضَل وَصْف حَتّى الآنَ لِلعَناصِرِ الأَساسِيَّةِ الَّتي يَتَكَوَّنُ مِنْها الكَوْن.
يَحْتَوي النَّموذَج القِياسِي على الكُواركَات، اللِّبْتونات المُشْحونَة، وَ نِيوتْرِينُواتِها.
أَمّا القِوى الَّتي تَجْعَلُها تَتَفاعَل، فَتَحْمِلُها جُسَيْماتٌ أُخْرَى: البُوزونات.

صفحة 4



هَل يُمكِنُ أَن توجد أَجسامٌ أُخْرَى غَيْر الَّتي نَعرِفُها؟ **نَعْتَقِدُ أَنَّ الإِجابَةَ هِيَ: نَعَم !**
وَنَحْنُ نُحاوِلُ العُثورَ عَلَيْها. عَلى سَبيلِ المِثال، فِي نَظَرِيَّة تُسَمّى **التَّناظُرَ الفائِق** (بالإنجليزِيَّة: supersymmetry)، كُلُّ جُسَيْمٍ فِي النَّموذَجِ القِياسِيِّ لَهُ تَوْأَمٌ "مِرْآة".

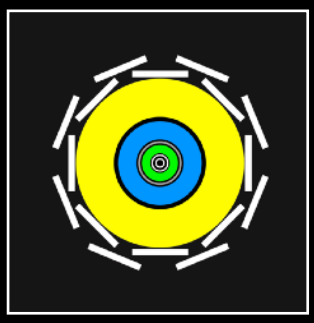
صفحة 5

السيرْن (CERN) هو أَحَد الأَماكن الّتي نَبْحَثُ فيها عن **جُسَيْماتٍ جَديدة**.
يَقَعُ على الحُدود بين فَرَنْسا وسُويسرا، وهو أَحَدُ أَكْبَرِ المُخْتَبَراتِ في العالَم!
يَعْمَلُ فيهِ آلافُ العُلَماء مِن جَميعِ أَنْحاءِ العالَمِ مَعًا لِفَهْمِ الكَوْنِ الّذي نَعيشُ فيهِ.

صفحة 6

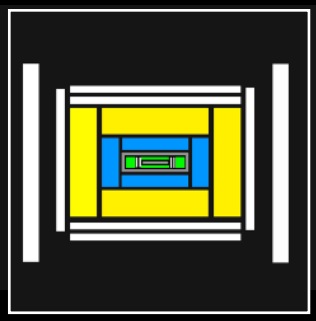
مرْحبًا بكم في مُجَمَّع مُسَرِّعاتِ السِيرْن!
في «مُصادِمِ الهادروناتِ الكبير»
(بالإنْجِليزِيَّة: Large Hadron Collider، اختصاراً LHC)،
تُسَرَّعُ الذرات إلى سُرعاتٍ تُقَارب سُرعةِ الضوء، ثُمَّ تَدخُلُ في تَصادُم،
فَتَتَكَوَّنُ جُسَيْماتٌ جَديدة نَدْرُسُها.

صفحة 7



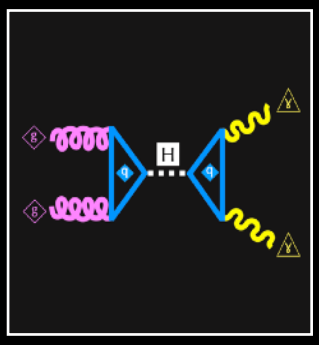
تَمَّ تَركيبُ أَجهزة استِشعار ضَخمة تُراقِبُ الجُسَيْمات النّاتِجة في
نِقاطِ التَّصادُم، عَلى غِرارِ كاميرات عِملاقة ثُلاثيّةِ الأَبعاد.
نَرى هُنا مَقاطِعَ مِن **كاشِف أطلس**، مِن الأَمامِ وَالجَانِب.
اِنطِلاقًا مِنَ المَركَز، يُسَجِّلُ جِهاز تَتَبُّع المَسارات مَسارَ
الجُسَيْماتِ المُشْحونة، بَيْنما يُقَوِّسُ المِغناطيسُ اللّولَبيُّ هذِهِ المَساراتِ

صفحة 8



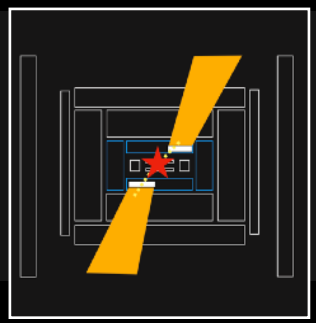
نَفْسَها، مِمّا يُساعِدُ عَلى تَقديرِ كَمِّيَّةِ حَرَكَةِ الجُسَيْمات.
بَعدَ ذلِك، يَقيسُ المُسَعِّرُ الكَهْرومَغناطيسيّ الطّاقَةَ الّتي تَتْرُكُها الفوتوناتُ وَ
الإلِكْتُروناتُ فِيه، ثُمَّ يَكْشِفُ المُسَعِّرُ الهادرونيُّ الجُسَيْمات المُكَوَّنَة
مِنَ الكُوارْكاتِ وَالغُلوونات. أَخيرًا، يُزَوِّدُنا مِطْيافُ المِيّونات بِمَعلوماتٍ عَنِ
الأَمكِنَةِ الّتي مَرَّت بِها هذِهِ الجُسَيْمات.

صفحة 9



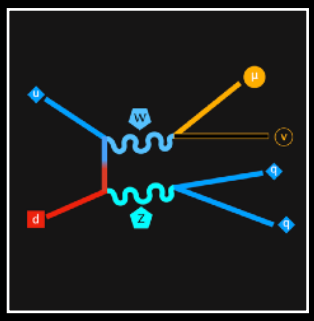
هذا رَسْمٌ بَيانيٌّ لِفاينمان، يُوضِّحُ التَّفاعُل بَيْنَ الجُسَيْماتِ
أَثناءَ تَصادُمِ النَّوى الذَّرِّيَّةِ في مُصادِمِ الهادِروناتِ الكَبير.
في هذا المِثال، يَندَمِجُ غلوونانِ عَبْرَ كُوارْك،
فيُشَكِّلانِ بوزونَ هيغز، الّذي يَتَحَلَّلُ إلى فُوتونات عَبْرَ الكُوارْكات.

صفحة 10



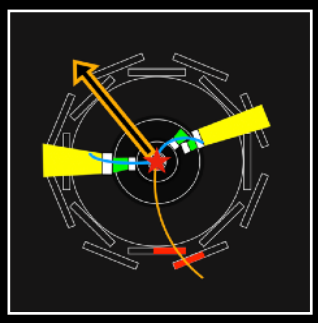
يَحدُثُ التَّصادُمُ في مَركَزِ الكاشِف. تُرى الفُوتونات النّاتِجَة عَن
اِنْحِلالِ بوزون هيغز كإيداعاتِ طاقَة في المُسَعِّرِ الكَهْرومَغناطيسي.
يُمكِنُ إعادَةُ بِناءِ كُتْلَةِ بوزون هيغز بِقِياسِ طاقَةِ
الفُوتونَيْنِ وَالزّاوِيَةِ الّتي تُفْصِلُ بَيْنَهُما.

صفحة 11



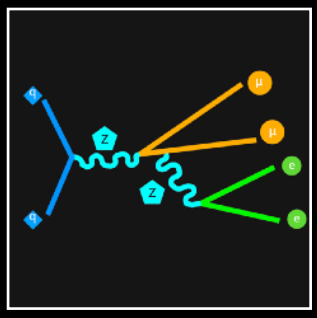
يُمكن أن تَتَفاعَلَ الكُواركاتُ المَوجُودة في النَّوى المُتَصادِمَة وتُصدِرَ زَوجًا مِنَ البوزونات، يَتَحَلَّلُ أَحَدُهُما مُنتِجًا كُواركات، وَالآخَرُ مُنتِجًا ميونات وَ نيوترينو ميونيًّا.
في الكاشِف، تُشَكِّلُ الكُواركاتُ نَفّاثاتٍ في المُسَعِّراتِ الحَرارِيَّة.

صفحة 12



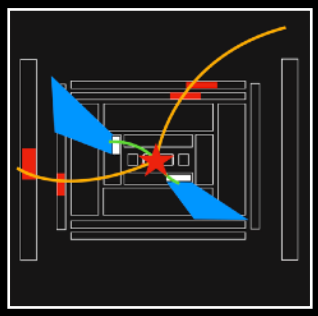
تُرصَدُ الميونات بِفَضلِ الآثارِ الّتي تَتْرُكُها في طَبَقاتِ مِطْيافِ الميّونات، أَمّا النيوترينوات فَتَخْتَرِقُ الكاشِفَ كُلَّهُ دُونَ أَن تَتْرُكَ أَيَّ أَثَر، ويُتَعرَّفُ عَلَيْها مِن خِلالِ حِسابِ الطّاقَةِ «المَفقودَةِ» الّتي أَخَذَتْها مَعَها!

صفحة 13



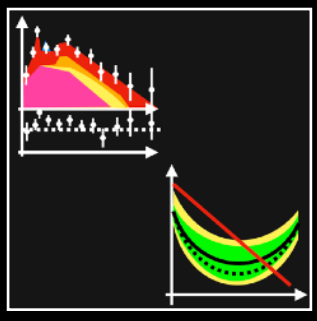
هُنا، يَتَحَلَّلُ زَوجٌ مِنَ الكُوارْكات فَيَنْشَطِرُ إلى بوزون «زد» (Z)، الّذي يَنْشَطِرُ بِدَوْرِهِ إلى زَوْجٍ مِنَ الميّونات وَزَوْجٍ مِنَ الإلِكْتُرونات.
تَتْرُكُ الإلِكْتُروناتُ مَساراتٍ في الكاشِفِ وَ تُودِعُ طاقَتَها في المُسَعِّرِ

صفحة 14



الحَرارِيّ. يتمُّ تَحْديد الميّونات بِفَضْلِ الضَّرَباتِ المُسَجَّلَةِ في مِطْيافِ الميّونات. الإلِكْتُرونات وَالميّونات هِيَ جُسَيْماتٌ مُشْحُونَة: تَنْحَرِفُ مَساراتُها بِفِعْلِ الحَقْلِ المِغْناطيسيِّ داخِلَ الكاشِف.

صفحة 15



نَستَخدِمُ أَجهِزَةَ الكَشفِ الخَاصَّةَ بِنا لِقِياسِ تَواتُرِ حُدوثِ بَعضِ التَّفاعُلات، وَنُقارِنُ هذِهِ البَياناتِ مَعَ التَّوَقُّعات.
نَستَخدِمُ هذِهِ المُلاحَظات لِوَضعِ حُدودٍ قُصوَى لِمُعَدَّلِ إنتاجِ جُسَيماتٍ جَديدةٍ مُحتَمَلة، دُونَ أَن نَراها أَبَدًا.
وَبِذالِكَ يُمكِنُنا استِبعادُ احتِمالِ وُجودِ بَعضِ هٰذِهِ الجُسَيمات!

صفحة 16

يَوماً ما، قَد نَحصُلُ على مُصادِمٍ أَكبَرُ حَجماً. قَد يَبلُغُ طُولُهُ ١٠٠ كيلومِتر وَيَمرُّ تَحتَ بُحَيرَةٍ لِيمان. سَيَستَغرِقُ الأَمرُ عُقوداً لِتَصميمِهِ ثُمَّ بِنائِه. رُبَّما سَتصبِحُ عالِماً وَتَستَخدِمُ هذا الجِهاز بِنَفسِك لِاكتِشافِ جُسَيماتٍ جَديدة، عِندَما تَكبُر؟