

Gluonia

Andrzej Kozioł, Jan Sito

Politechnika Krakowska

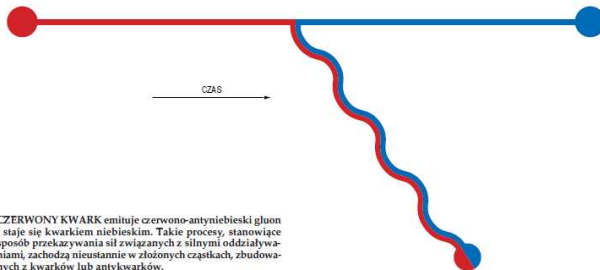
Wrzesień 27, 2016

Spis treści

- 1 Rozdział 1
- 2 Rozdział 2
- 3 Rozdział 3
- 4 Bibliografia

Czym jest gluon?

Gluony są nośnikami oddziaływania kolorowego. Każdy gluon przenosi równocześnie dwa kolory: kolor i inny anty kolor. Emisja gluonu zmienia kolor kwarka emitującego gluon, podobnie kwark absorbujący gluon zmienia też swój kolor.



Kolor - źródło sił oddziaływania silnego

Gdy odległość między kwarkami jest mniejsza niż 10^{-15} m nie odczuwają one tego oddziaływania, natomiast gdy odległość między kwarkami zbliża się do wartości 10^{-15} m oddziaływanie silne powoduje pojawienie się sił przyciągających, które szybko rosną do nieskończoności, wraz z oddalaniem się kwarków od siebie, ta własność oddziaływania silnego nie pozwala na wydzielenie pojedynczego kwarka z jądra atomowego. Własność ta odróżnia oddziaływanie silne od trzech pozostałych dla których związane z nimi siły maleją wraz z odległością.

Analogia między kolorami a ładunkami elektrycznymi

- Ładunki elektryczne \rightarrow Teoria: elektrodynamika w połączeniu z teorią względności i mechaniką kwantową \rightarrow QED według tej teorii siły elektryczne przenoszone są przez fotony (cząstki bez masy)
- Ładunki kolorowe \rightarrow Teoria: chromodynamika kwantowa (QCD), według tej teorii siły silne przenoszone są przez gluony (bezmasowe kwanty)

Odziaływanie silne



Analogia między kolorami a ładunkami elektrycznymi

- Ładunki elektryczne → Teoria: elektrodynamika w połączeniu z teorią względności i mechaniką kwantową → QED według tej teorii siły elektryczne przenoszone są przez fotony (cząstki bez masy)
- Ładunki kolorowe → Teoria: chromodynamika kwantowa (QCD), według tej teorii siły silne przenoszone są przez gluony (bezmasowe kwanty)

Oddziaływanie silne



Fotony

1. umożliwiają cząstkom przyciąganie się wzajemne, ale same nie mają ładunku
2. otaczają elektron równomiernie, tworząc powłokę o symetrii sferycznej
3. gęstość fotonu maleje w miarę oddalania się od elektronu

Gluony

1. mają ładunki kolorowe
2. gluon może przyciągać inny gluon
3. nie są równomiernie rozłożone, skupiają się w rurę łączącą kwark i antykwark

Fotony

1. umożliwiają cząstkom przyciąganie się wzajemne, ale same nie mają ładunku
2. otaczają elektron równomiernie, tworząc powłokę o symetrii sferycznej
3. gęstość fotonu maleje w miarę oddalania się od elektronu

Gluony

1. mają ładunki kolorowe
2. gluon może przyciągać inny gluon
3. nie są równomiernie rozłożone, skupiają się w rurę łączącą kwark i antykwark

Fotony

1. umożliwiają cząstkom przyciąganie się wzajemne, ale same nie mają ładunku
2. otaczają elektron równomiernie, tworząc powłokę o symetrii sferycznej
3. gęstość fotonu maleje w miarę oddalania się od elektronu

Gluony

1. mają ładunki kolorowe
2. gluon może przyciągać inny gluon
3. nie są równomiernie rozłożone, skupiają się w rurę łączącą kwark i antykwark

Fotony

1. umożliwiają cząstkom przyciąganie się wzajemne, ale same nie mają ładunku
2. otaczają elektron równomiernie, tworząc powłokę o symetrii sferycznej
3. gęstość fotonu maleje w miarę oddalania się od elektronu

Gluony

1. mają ładunki kolorowe
2. gluon może przyciągać inny gluon
3. nie są równomiernie rozłożone, skupiają się w rurę łączącą kwark i antykwark

Fotony

1. umożliwiają cząstkom przyciąganie się wzajemne, ale same nie mają ładunku
2. otaczają elektron równomiernie, tworząc powłokę o symetrii sferycznej
3. gęstość fotonu maleje w miarę oddalania się od elektronu

Gluony

1. mają ładunki kolorowe
2. gluon może przyciągać inny gluon
3. nie są równomiernie rozłożone, skupiają się w rurę łączącą kwark i antykwark

Fotony

1. umożliwiają cząstkom przyciąganie się wzajemne, ale same nie mają ładunku
2. otaczają elektron równomiernie, tworząc powłokę o symetrii sferycznej
3. gęstość fotonu maleje w miarę oddalania się od elektronu

Gluony

1. mają ładunki kolorowe
2. gluon może przyciągać inny gluon
3. nie są równomiernie rozłożone, skupiają się w rurę łączącą kwark i antykwark

Czy gluony rzeczywiście istnieją? Obserwacje pośrednie

- Anihilacja elektron-pozyton. Eksperymentator widzi dwa strumienie cząstek lecących w kierunkach początkowego kwarka i antykwarka
- W 1979r. badacze z DESY obserwacja triady strumienia cząstek, jako rezultat emisji gluonów przez kwark lub antykwark
- Potwierdzenie zjawiska emisji gluonów przez inne gluony
- Badania jądra protonu poprzez bombardowanie elektronami o wysokiej energii, potwierdza obecność gluonów
- Przejawem istnienia gluonów jest fakt, że mezony złożone z ciężkich kwarków i antykwarków mają masy zgodne z przewidywaniami przy założeniu, że wewnętrzny moment pędu kwantów koloru wynosi jeden, czyli jest taki jak gluonów

Czy gluony rzeczywiście istnieją? Obserwacje pośrednie

- Anihilacja elektron-pozyton. Eksperymentator widzi dwa strumienie cząstek lecących w kierunkach początkowego kwarka i antykwarka
- W 1979r. badacze z DESY obserwacja triady strumienia cząstek, jako rezultat emisji glunów przez kwark lub antykwark
- Potwierdzenie zjawiska emisji glunów przez inne gluony
- Badania jądra protonu poprzez bombardowanie elektronami o wysokiej energii, potwierdza obecność glunów
- Przejawem istnienia glunów jest fakt, że mezony złożone z ciężkich kwarków i antykwarków mają masy zgodne z przewidywaniami przy założeniu, że wewnętrzny moment pędu kwantów koloru wynosi jeden, czyli jest taki jak glunów

Czy gluony rzeczywiście istnieją? Obserwacje pośrednie

- Anihilacja elektron-pozyton. Eksperymentator widzi dwa strumienie cząstek lecących w kierunkach początkowego kwarka i antykwarka
- W 1979r. badacze z DESY obserwacja triady strumienia cząstek, jako rezultat emisji glunów przez kwark lub antykwark
- Potwierdzenie zjawiska emisji glunów przez inne gluony
- Badania jądra protonu poprzez bombardowanie elektronami o wysokiej energii, potwierdza obecność glunów
- Przejawem istnienia glunów jest fakt, że mezony złożone z ciężkich kwarków i antykwarków mają masy zgodne z przewidywaniami przy założeniu, że wewnętrzny moment pędu kwantów koloru wynosi jeden, czyli jest taki jak glunów

Czy gluony rzeczywiście istnieją? Obserwacje pośrednie

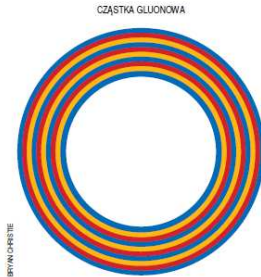
- Anihilacja elektron-pozyton. Eksperymentator widzi dwa strumienie cząstek lecących w kierunkach początkowego kwarka i antykwarka
- W 1979r. badacze z DESY obserwacja triady strumienia cząstek, jako rezultat emisji glunów przez kwark lub antykwark
- Potwierdzenie zjawiska emisji glunów przez inne gluony
- Badania jądra protonu poprzez bombardowanie elektronami o wysokiej energii, potwierdza obecność glunów
- Przejawem istnienia glunów jest fakt, że mezony złożone z ciężkich kwarków i antykwarków mają masy zgodne z przewidywaniami przy założeniu, że wewnętrzny moment pędu kwantów koloru wynosi jeden, czyli jest taki jak glunów

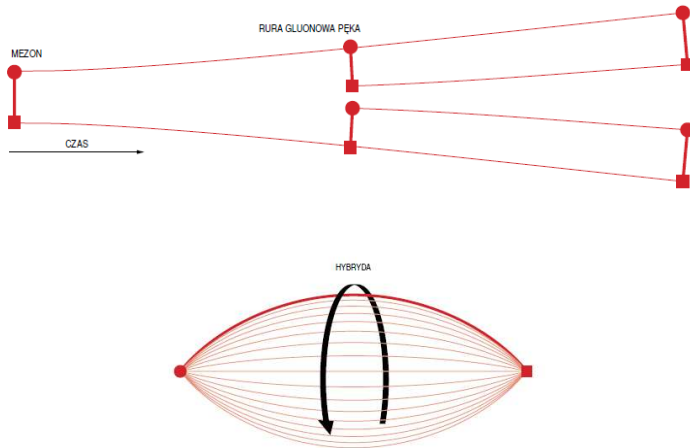
Czy gluony rzeczywiście istnieją? Obserwacje pośrednie

- Anihilacja elektron-pozyton. Eksperymentator widzi dwa strumienie cząstek lecących w kierunkach początkowego kwarka i antykwarka
- W 1979r. badacze z DESY obserwacja triady strumienia cząstek, jako rezultat emisji glunów przez kwark lub antykwark
- Potwierdzenie zjawiska emisji glunów przez inne gluony
- Badania jądra protonu poprzez bombardowanie elektronami o wysokiej energii, potwierdza obecność glunów
- Przejawem istnienia glunów jest fakt, że mezony złożone z ciężkich kwarków i antykwarków mają masy zgodne z przewidywaniami przy założeniu, że wewnętrzny moment pędu kwantów koloru wynosi jeden, czyli jest taki jak glunów

Gluonia

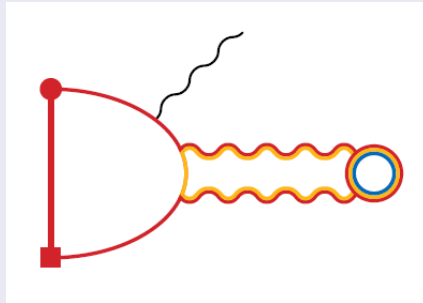
Prawie wszystko, co wiemy o kolorach i gluonach, pochodzi nie z analitycznych rachunków, ale z wielkich symulacji komputerowych. Wynika z nich, że istnieją obiekty zbudowane z samych gluonów.





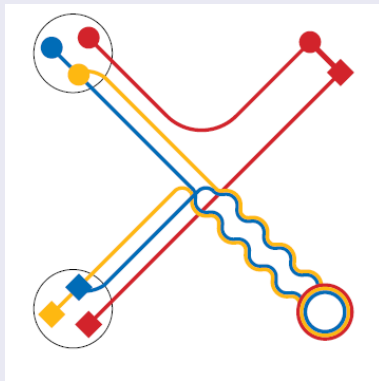
Rysunek: Hybryda to cząstka złożona z gluonu i mezonu

Procesy obfitujące w gluony



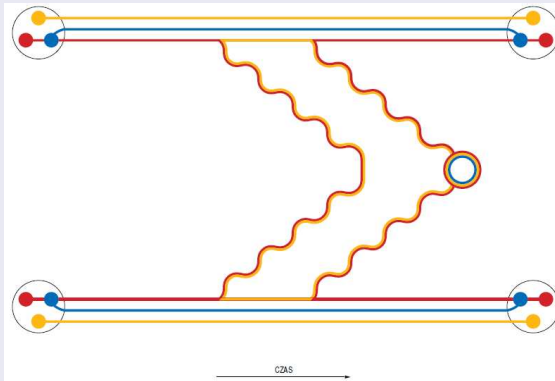
Rysunek: Zderzenie protonu z antyprotonem tak, że kwarki z protonu oddziałują z antykwarkami z antyprotonu, wysyłając dwa gluony i mezon

Procesy obfitujące w gluony



Rysunek: Połączenie gluonów z gluonem. Zderzenie dwóch protonów, ich kwarki oddziałują, wymieniając gluony

Procesy obfitujące w gluony



Rysunek: Połączenie dwóch gluonów z gluonem, które rozpada się

W poszukiwaniu hybryd

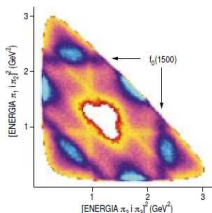
W 1994 r. w naukowcy z Instytutu Fizyki Wysokich Energii w Protwino w Rosji stwierdzili, że wyniku zderzenia pionu z protonami powstaje cząstka o nazwie $\pi(1800)$. Cząstka ma cechy kwantowe i schemat rozpadów przewidywany dla hybrydy. Odkrycie to nie ma jednak jeszcze pełnego potwierdzenia.

Cząstka egzotyczna

Badacze z Brookhaven National Laboratory w 1997 r. przedstawili wyniki badań świadczące o istnieniu egzotycznych hybryd, które posiadają kombinację trzech liczb kwantowych zakazaną dla zwykłych mezonów

W poszukiwaniu gluoni

Brak jednoznacznych odkryć. Szacuje się, że gluonium powinno żyć 10^{-24} s i zostać odkryte w przedziale masy 1500-1800eV



WYKRES DALITZA przedstawiający zderzenie protonu z antyprotonem może zawierać informacje o gluonium. W reakcji takiej powstają trzy piony, z których dwa mogłyby pochodzić z rozpadu tej cząstki. Na każdej z osi odłożony jest kwadrat energii jednej z trzech par pionów. Obszar o dużej gęstości (*niebieski*) wskazuje na istnienie krótko żyjącej cząstki, która produkuje piony o określonej energii. Ciemnoniebieski pas przy 2.2 GeV^2 odpowiada cząstce zwanej $f_0(1500)$, która być może jest gluonium ($1 \text{ GeV} = 10^9 \text{ eV}$).



Frank E. Close i Philip R. Page *Gluonia*, Świat Nauki 36-41
(Styczeń 1999)