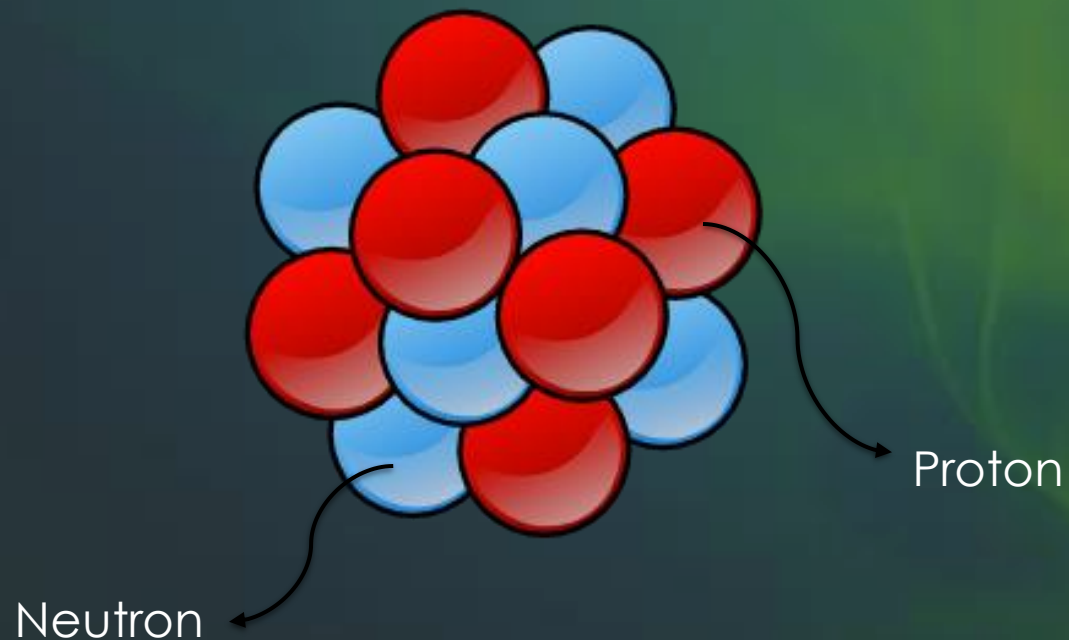


ფერადი და  
არომატული  
ურთიერთქმედება

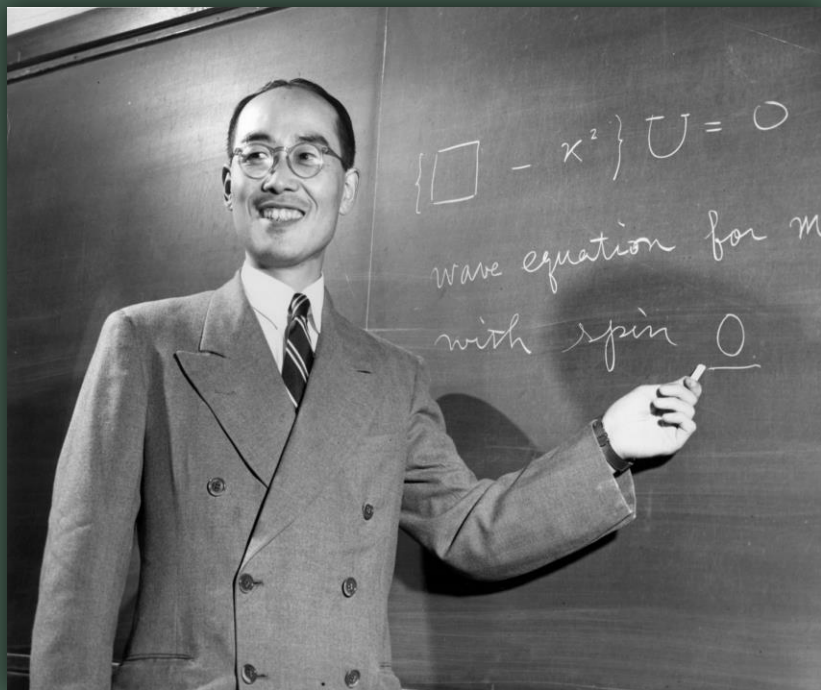
ანი გირგვლიანი

- 1932 წ - ატომბირთვის შედგენილობა ცნობილია და საჭიროა ძალა, რომელიც მას შეკრავს.



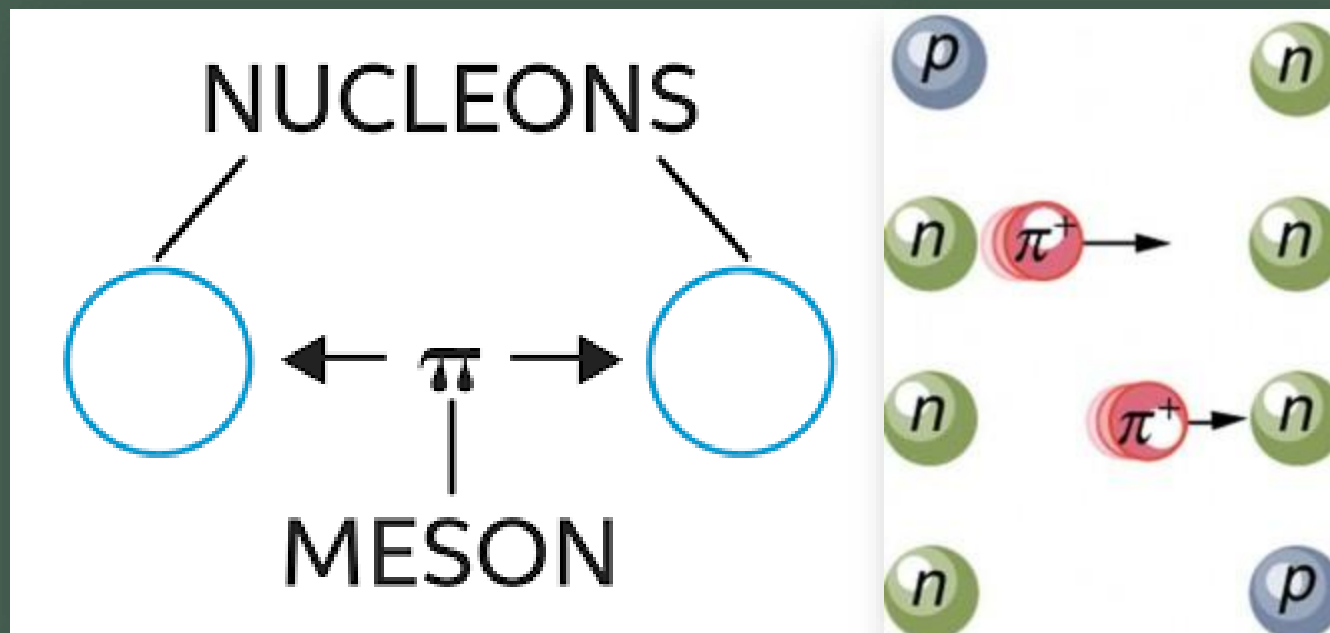
ახალი ძალა უნდა იყოს:

- ნუკლონებს შორის მოქმედი.
- მცირე-ბირთვის მანძილებზე მოქმედი.
- ელექტრულ განზიდვაზე ძლიერი.



Hideki Yukawa (1907-1981)

იუკავას მეზონები - შუალედური  
ნაწილაკები ბირთვული ურთიერთქმედების  
გადამტანებად



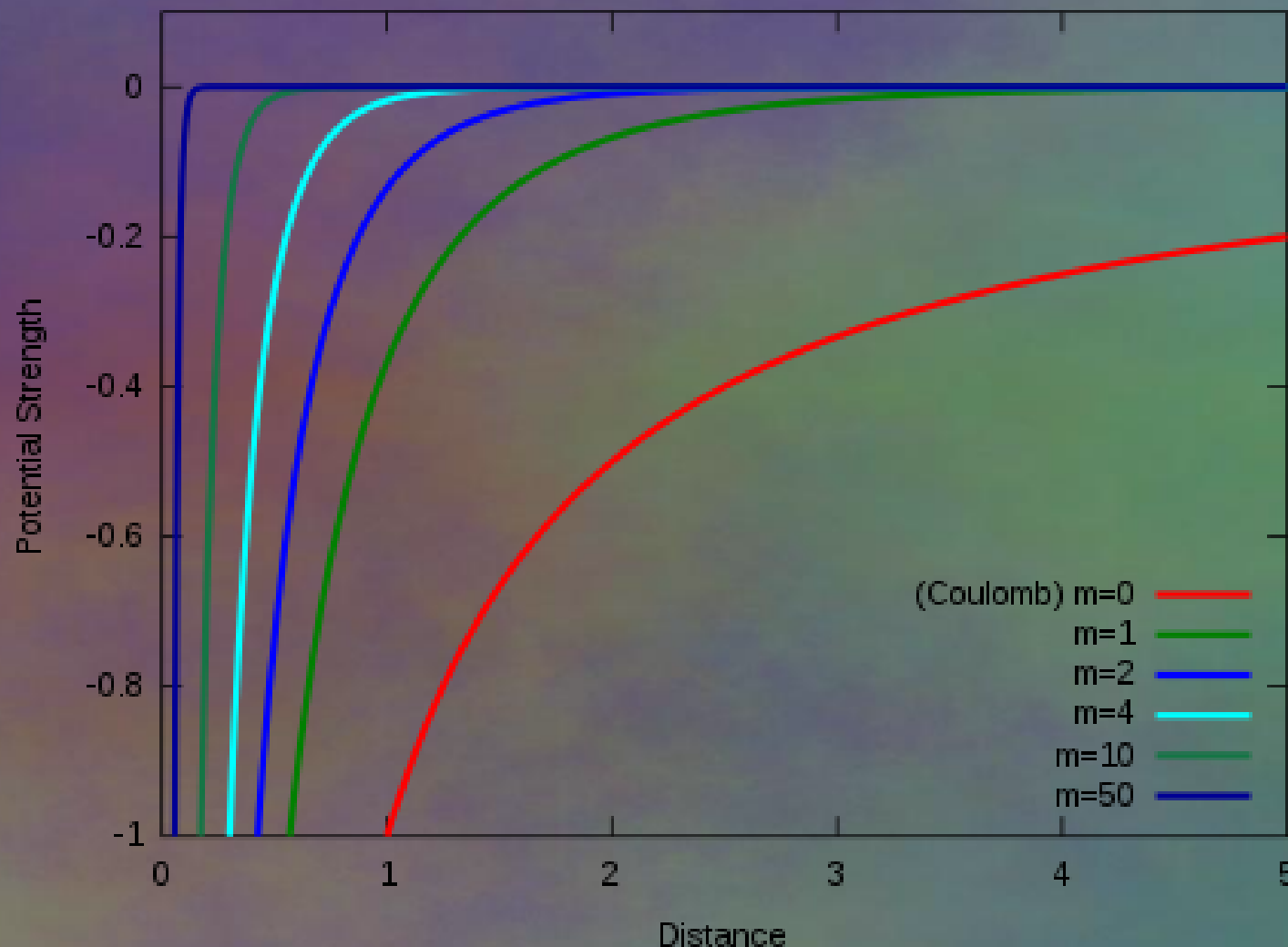
ბირთვში ნუკლონებს შორის  
მოქმედი ძლიერი  
ურთიერთქმედების ძალა  
აღიწერება იუკავას  
პოტენციალით

$$U(r) = -g^2 \frac{e^{-kr}}{r}$$

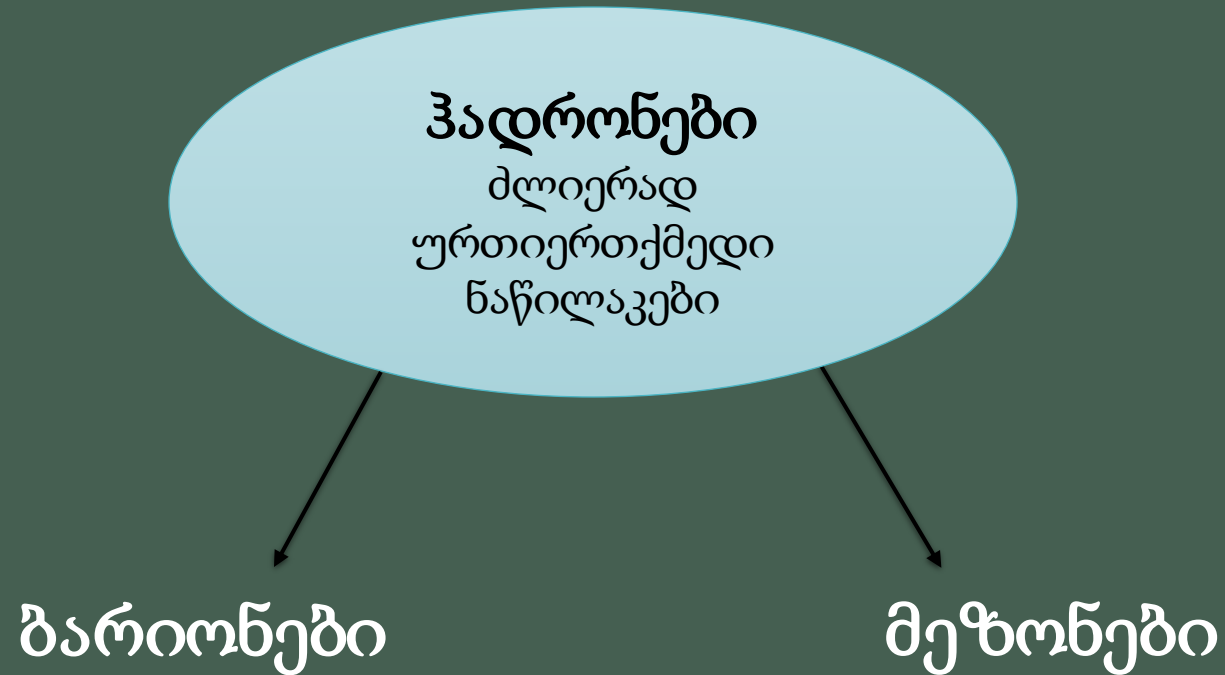
$$k = \frac{mc}{\hbar}$$

$m$  - მასის განზომილების მქონე  
სიდიდე  
 $g$  - ურთიერთქმედების  
ინტენსივობის მახასიათებელი

A comparison of Yukawa potentials with various values of  $m$



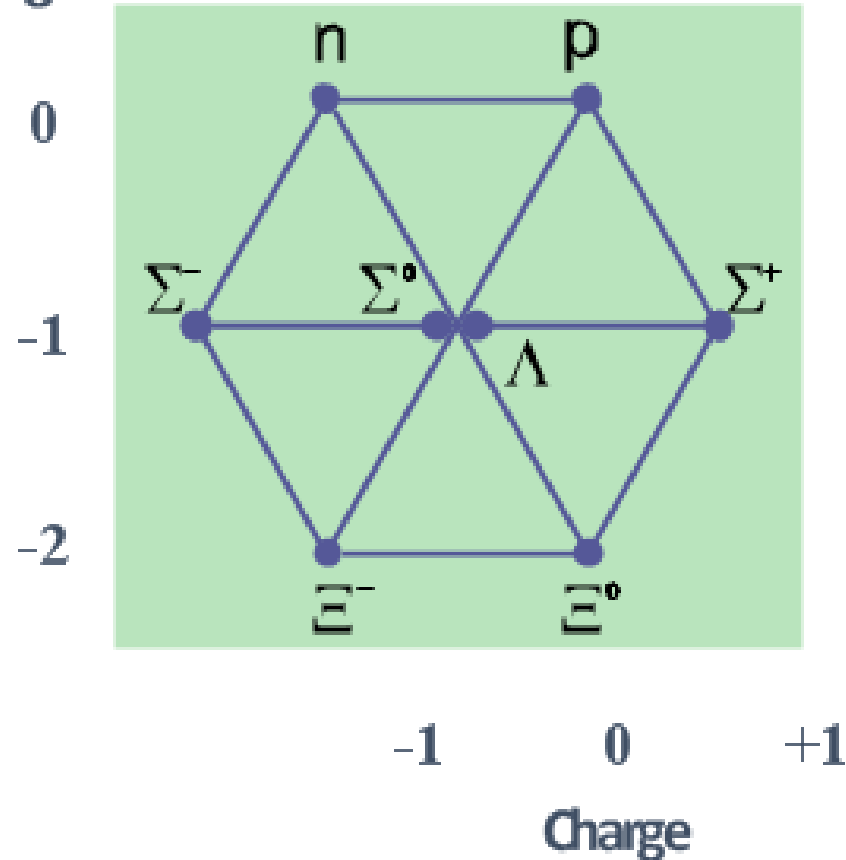
# რვაობითი გზა-(1961, Murray Gell-man, Yuavl Neeman)



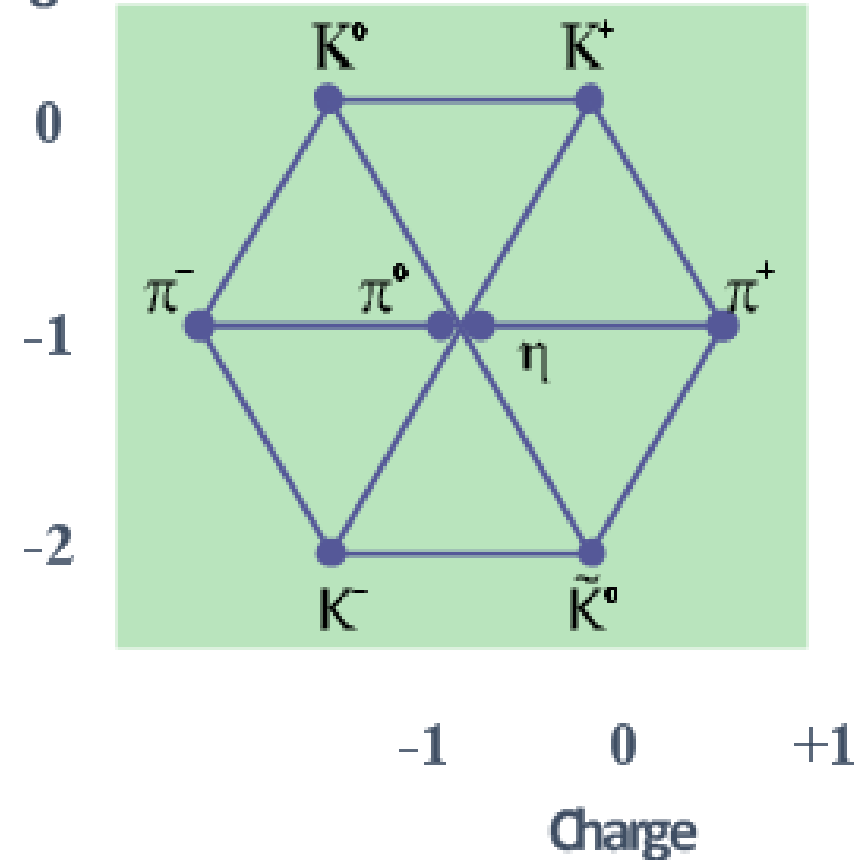
გელმანი და ნეემანი ერთმანეთისგან დამოუკიდებლად ქმნიან სქემებს, სადაც ბარიონები და მეზონები თავიანთი თვისობრიობის მიხედვით გარკვეულ გეომეტრიულ ფიგურებზეა განლაგებული

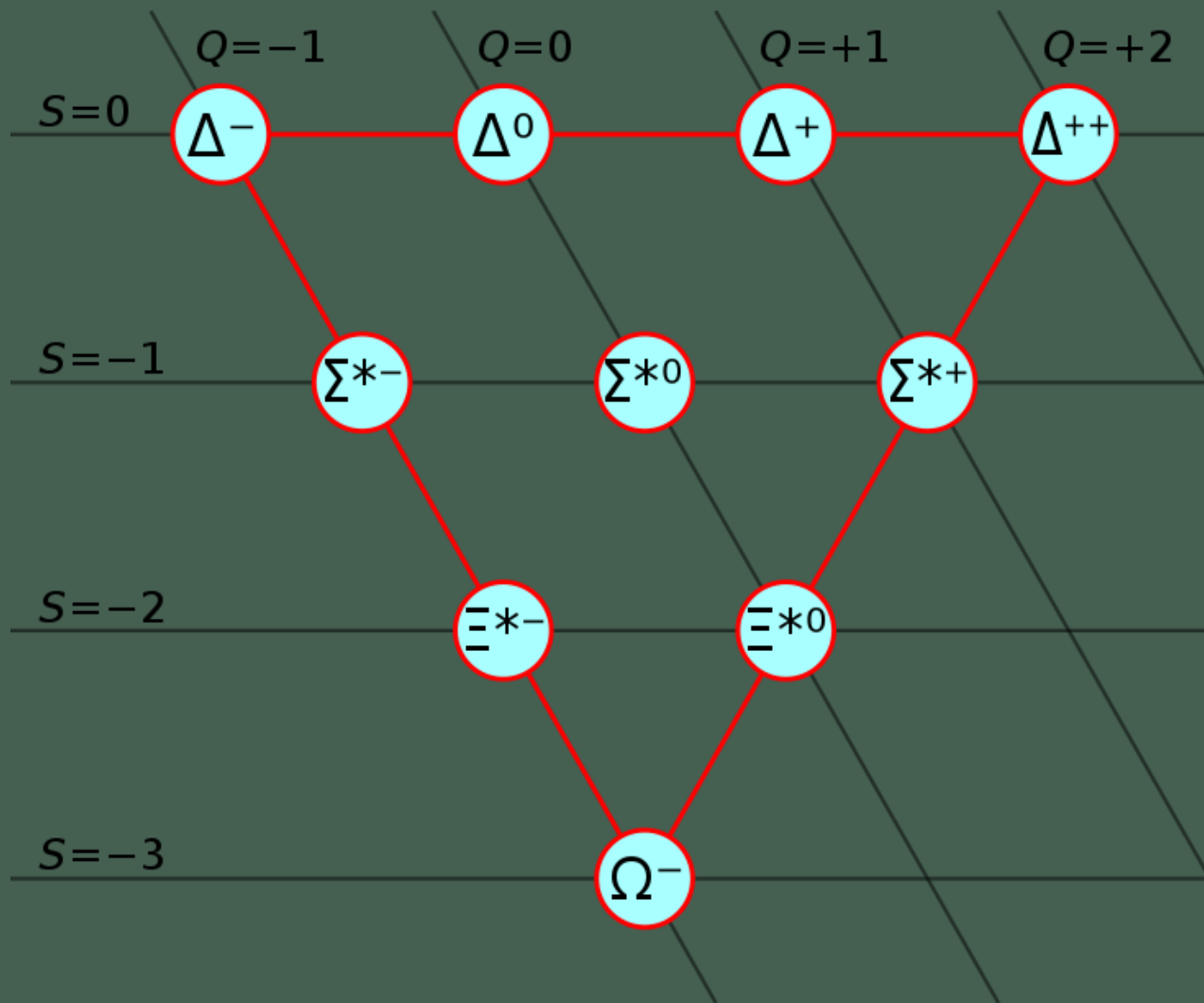
# ბარიონებისა და მეზონების ოქტეტები

Strangeness



Strangeness



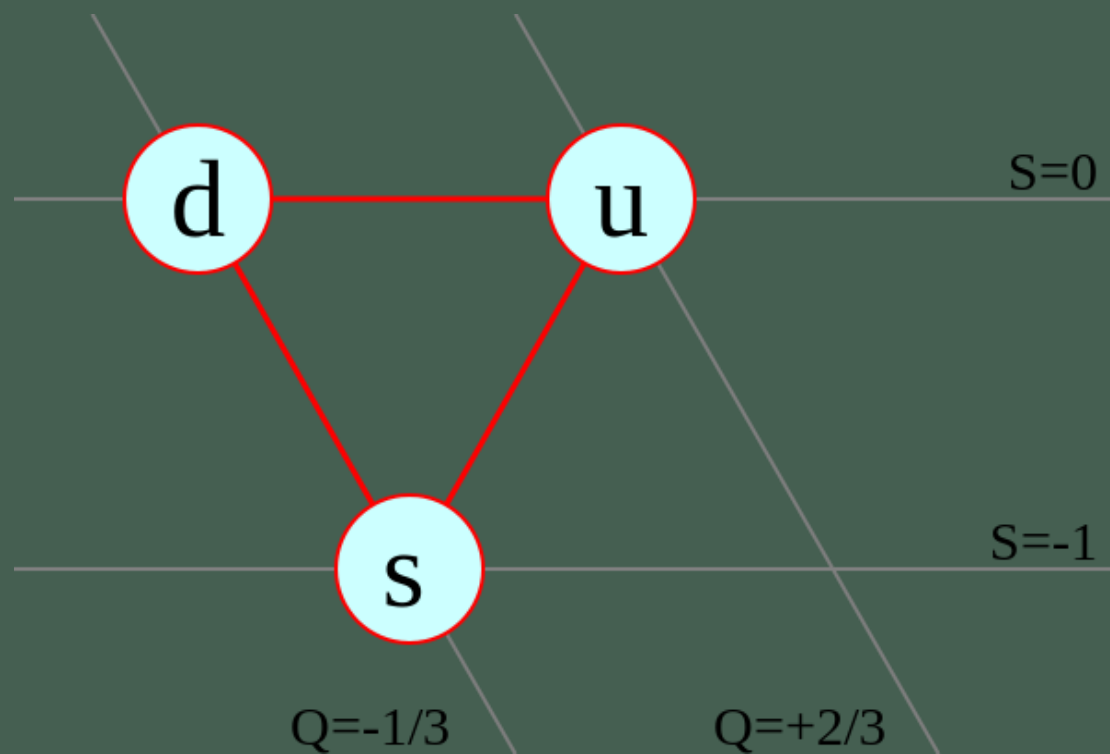


ბარიონების დეკუპლეტი, რომლის სტრუქტურამაც იწინასწარმეტყველა ახალი, ომეგა ბარიონის არსებობა

უცნაურობა (strangeness)- ახალი კვანტური რიცხვი, რომელიც შემოიტანეს გელმანმა და ნიშიჯიმამ ზოგიერთი ნაწილაკის "უცნაური" ყოფაქცევის ასახსნელად. უცნაურობა ინახება ძლიერ ურთიერთქმედებაში.

# კვარკული მოდელი და არომატული სიმეტრია

რვაობითი გზის ჰადრონული მულტიპლეტები დაფუძნებულია სამი სხვადასხვა არომატის კვარკის ტრიპლეტურ სტრუქტურაზე



კვარკული მოდელის მიხედვით:

- ყოველი ბარიონი შედგება სამი კვარკისგან (ანტიბარიონები სამი ანტიკვარკისგან).
- ყოველი მეზონი შედგება კვარკისა და ანტიკვარკისგან.



The creator likes group theory 😊

$SU(3)$

$SU(3)$  flavour  
არომატული  
სიმეტრია

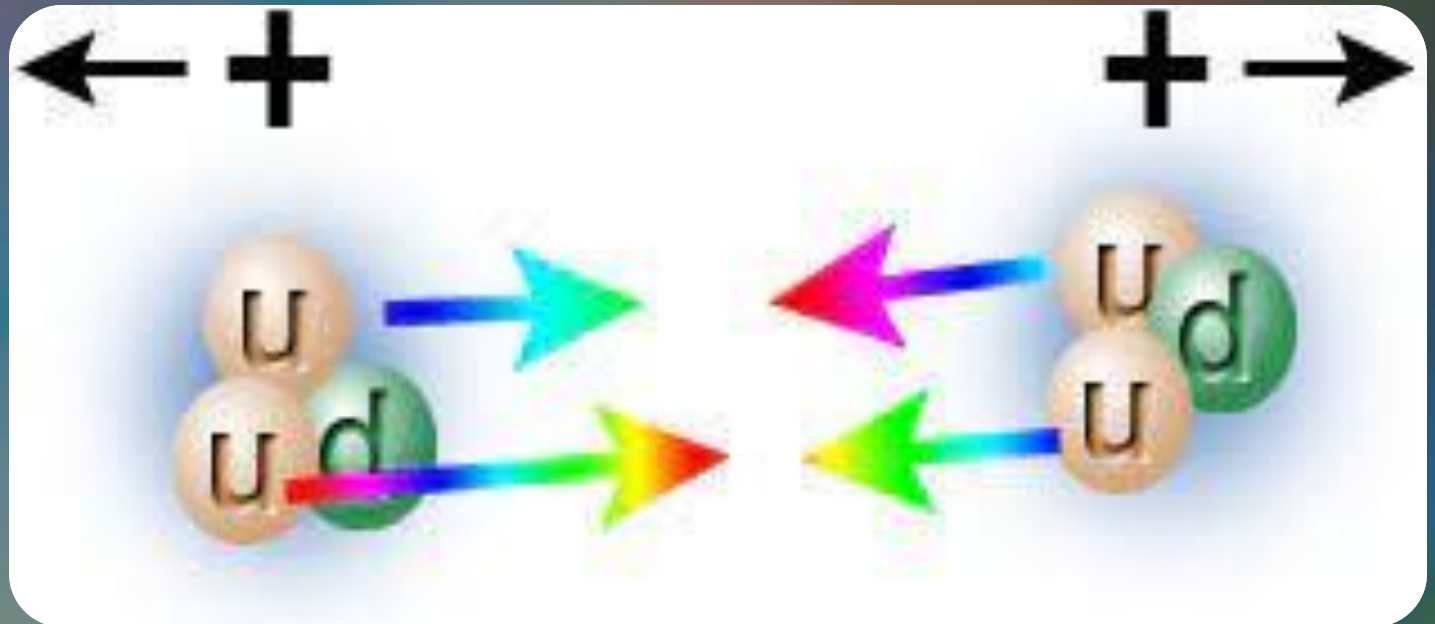
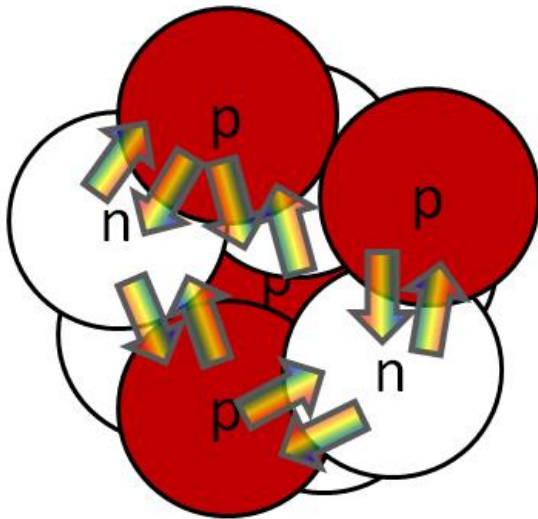
არაზუსტი სიმეტრია, რომელიც  
ითვალისწინებს მხოლოდ  
სამ, შედარებით მსუბუქ კვარკს.

$SU(3)$  color  
ფერადი  
სიმეტრია

კვანტური ქრომოდინამიკის  
(QCD) ზუსტი ყალიბური  
სიმეტრიის ჯგუფი.

# ფერის მუხტი

- სხვადასხვა ფერის კვარკები ძლიერად ურთიერთქმედებენ ერთმანეთთან გლუონების გაცვლით, ხოლო ძალა, რომლითაც ბირთვული ბარიონები (პროტონი, ნეიტრონი) არიან შეკავშირებული ძირითადი ძლიერი ძალის ნარჩენს წარმოადგენს.



# $SU(3)$ – special unitary group of degree 3

$$\lambda_1 = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}, \quad \lambda_2 = \begin{pmatrix} 0 & -i & 0 \\ i & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}, \quad \lambda_3 = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix},$$

$$\lambda_4 = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \end{pmatrix}, \quad \lambda_5 = \begin{pmatrix} 0 & 0 & -i \\ 0 & 0 & 0 \\ i & 0 & 0 \end{pmatrix},$$

$$\lambda_6 = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}, \quad \lambda_7 = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -i \\ 0 & i & 0 \end{pmatrix}, \quad \lambda_8 = \frac{1}{\sqrt{3}} \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & -2 \end{pmatrix}.$$

- 3x3 უნიტარული, უნიმოდულარული მატრიცების ჯგუფი (მობრუნებები კომპლ. სივრცეში)

- უნიტარობის პირობა:

$$\hat{U}^\dagger \hat{U} = 1$$

ს უნიტარული მატრიცაა, თუკი მისი ერმიტულად შეუღლებული შებრუნებულს ემთხვევა.

- 3x3 კომპლექსურ ელემენტებიან მატრიცას აქვს 8 ნამდვილი დამოუკიდებელი პარამეტრი, შესაბამისად ჯგუფს აქვს რვა გენერატორი - გელმანის მატრიცები.

# ასიმპტოტური თავისუფლება და კონფაინმენტი

- ძალიან მცირე მანძილებზე კვარკები ასიმპტოტურ თავისუფლებაში არიან - ასეთ დროს მათ შორის არსებული ურთერთქმედების ინტენსივობა იმდენად მცირეა რომ ისინი თითქოს არც ურთიერთქმედებენ.
- კონფაინმენტი გვხვდება ორი ტიპის: ფერის კონფაინმენტი და კვარკული კონფაინმენტი (ასიმპტოტური თავისუფლების შებრუნებული ეფექტი).
- ბუნებაში დაკვირვებადი არცერთი თავისუფალი ნაწილაკი არ არის ფერადი.

მადლობა ყურადღებისთვის