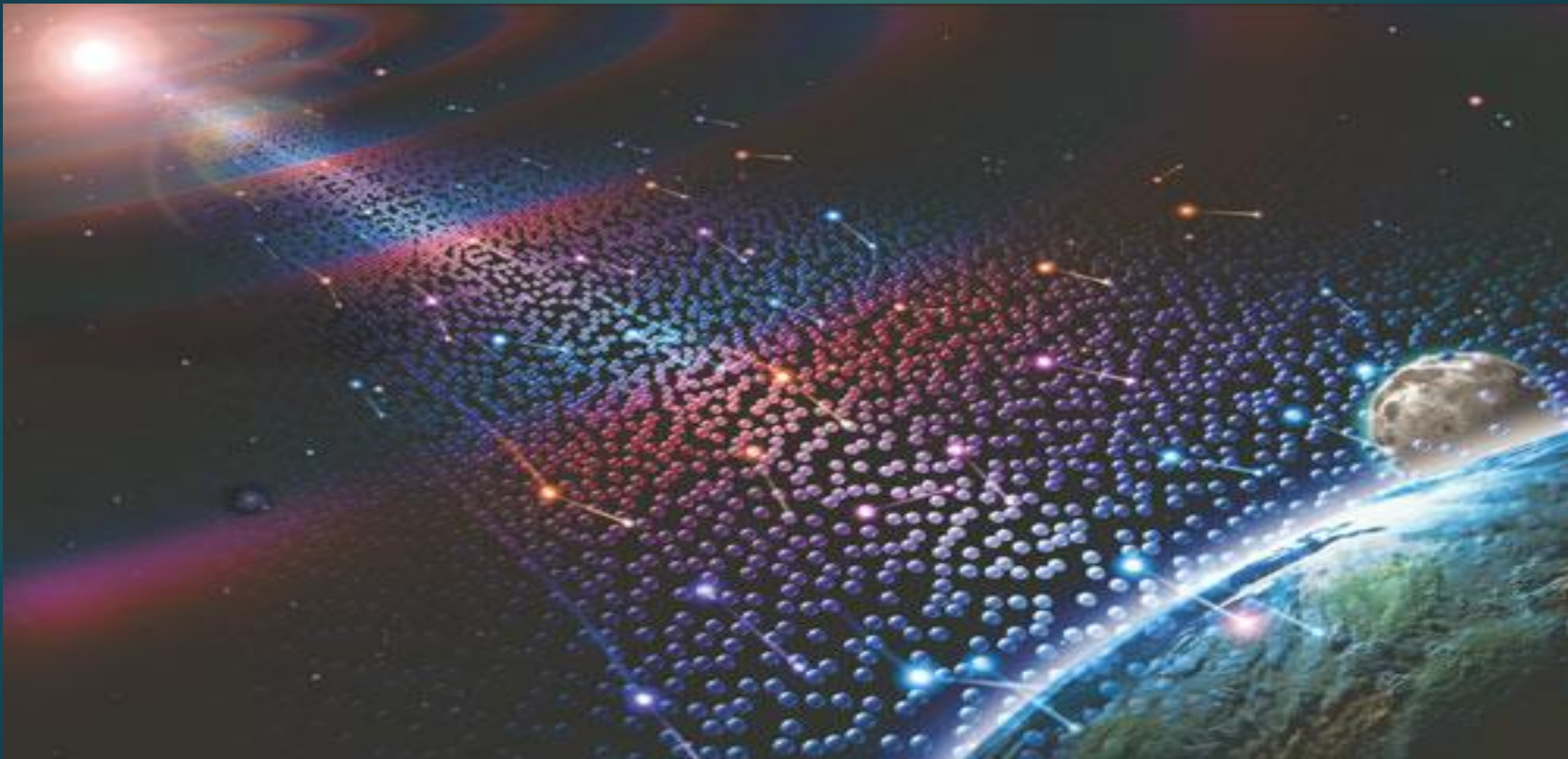


ნეიტრინოს რეგისტრაცია



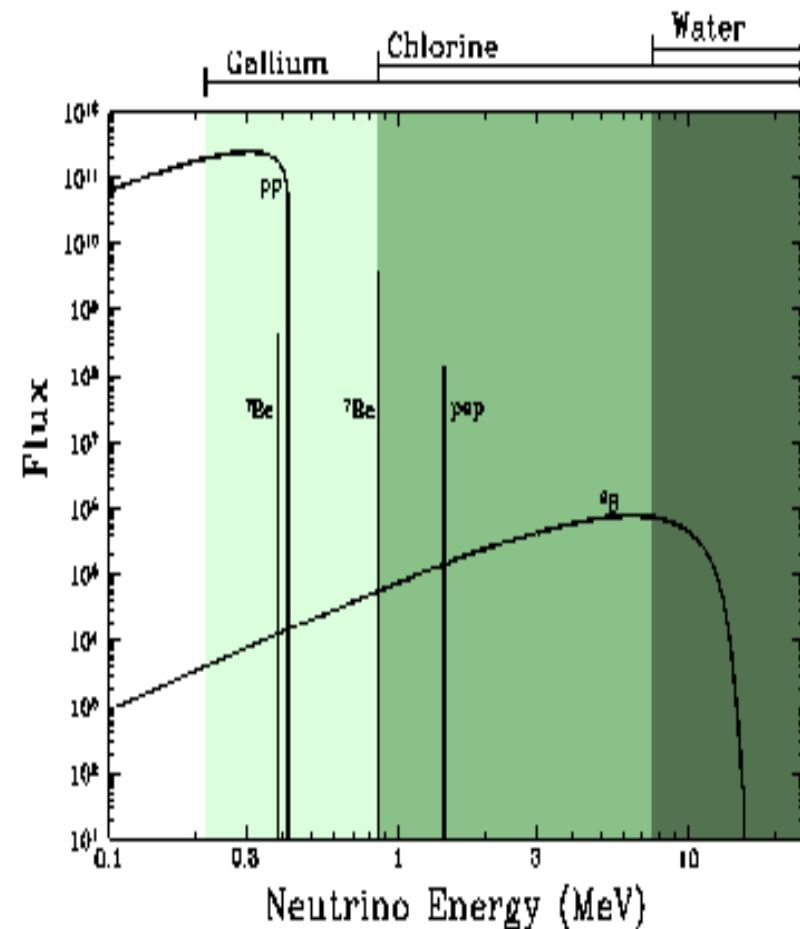
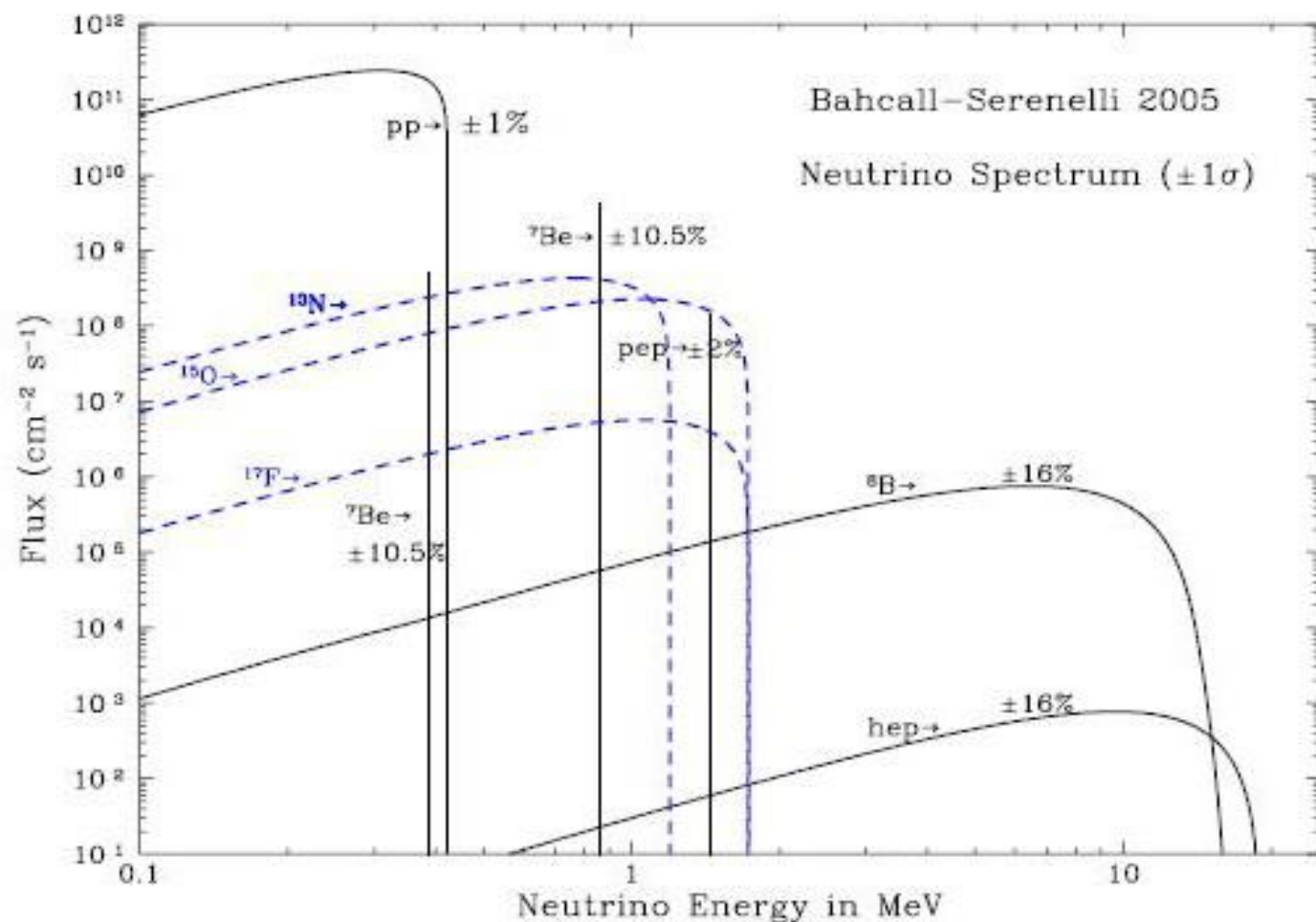
„დაბადების ისტორია“

- ▶ თავდაპირველად ნეიტრონის არსებობა იწინასწარმეტყველა ვოლფგანგ პაულიმ 1930 წლის 4 დეკემბერს
- ▶ მან რადიაქტიურ დაშლებზე დაკვირვებით აღმოაჩინა რომ ენერგიის იმპულსი არ ინახებოდა და ამის საფუძველზე წამოაყენა აზრი რომ დაკარგული ენერგია მიაქვს რაღაც ჰიპოთეტურ ნაწილაკს
- ▶ რომელსაც შემდგომ 1934 წელს ენრიკო ფერმიმ უწოდა ნეიტრონი(იტალიურად პატარა ნეიტრონი)
- ▶ ეს ნაწილაკი 1956 წელს ამერიკელმა მეცნიერებმა რაინესმა და კოენმა აღმოაჩინეს.

- ▶ ბუნებაში არსებობს სამი სახის ნეიტრინო:
- ▶ ელექტრონული (1956 Clyde Cowan Frederick Reines)
- ▶ მიუონური ([Leon Lederman_Melvin Schwartz_Jack Steinberger](#) 1962)
- ▶ ტაუონური (**DONUT (Direct observation of the nu tau 2000)**)
- ▶ მისი მასა ზუსტად ცნობილი არაა მაგრამ ვიცით რომ სასრულია ($m \ll 1 \text{ eV}/c^2$)
- ▶ ნეიტრინოს არ გააჩნია მუხტი შესაბამისად არ მონაწილეობს ელექტრო-მაგნიტურ ურთიერთქმედებაში ამიტომ შეუძლია ისე განჭოლოს დედამიწა და მთელი გალაქტიკა რომ არაფერთან არ იურთიერთქმედოს

- ▶ მზის სტანდარტული მოდელის თანახმად ნეიტრინო იბადება მზეში მსუბუქი ბირთვების უფრო მძიმე ბირთვებად გარდაქმნის პროცესში
- ▶ ნეიტრინო – სტაბილური ნეიტრალური ლეპტონი – ფუნდამენტური ნაწილაკები $\frac{1}{2}$ სპინით, რომლებიც არ მონაწილეობენ ძლიერ ურთიერთქმედებაში)
- ▶ დაბალი ენერგიის(0,28 eV)ნეიტრინო უკიდურესად სუსტად ურთიერთქმედებს ნივთიერებასთან
- ▶ 3-10 მევ. ენერგიის მქონე ნეიტრინოს წყალში თავისუფალი გარბენის სიგრძე 100 სინათლის წელია.
- ▶ ყოველ წამში რაიმე შესამჩნევი ცვლილებების გარეშე 1 სმ²-ზე გადის მზიდან მომავალი 6×10^{10} რაოდენობის ნეიტრინო.

მზის ნეიტრინოების სპექტრი



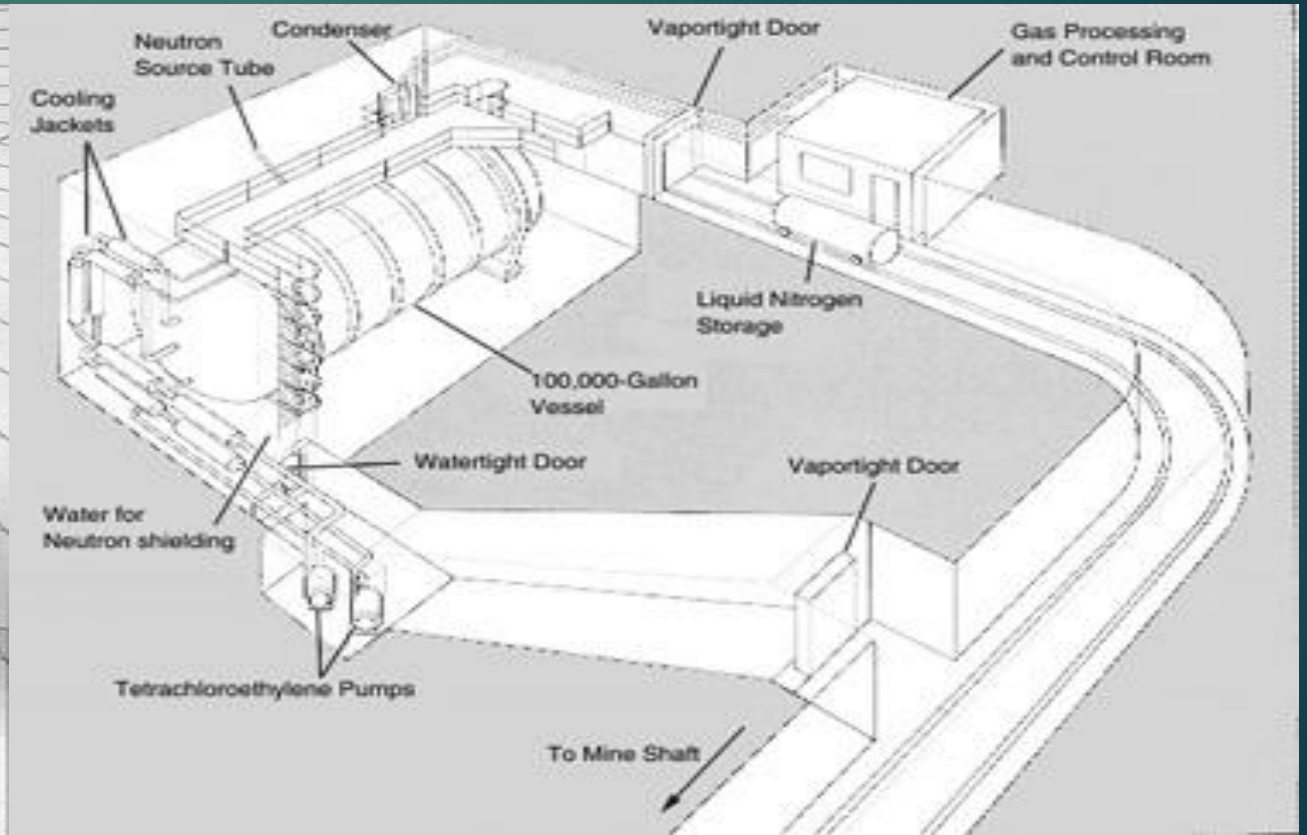
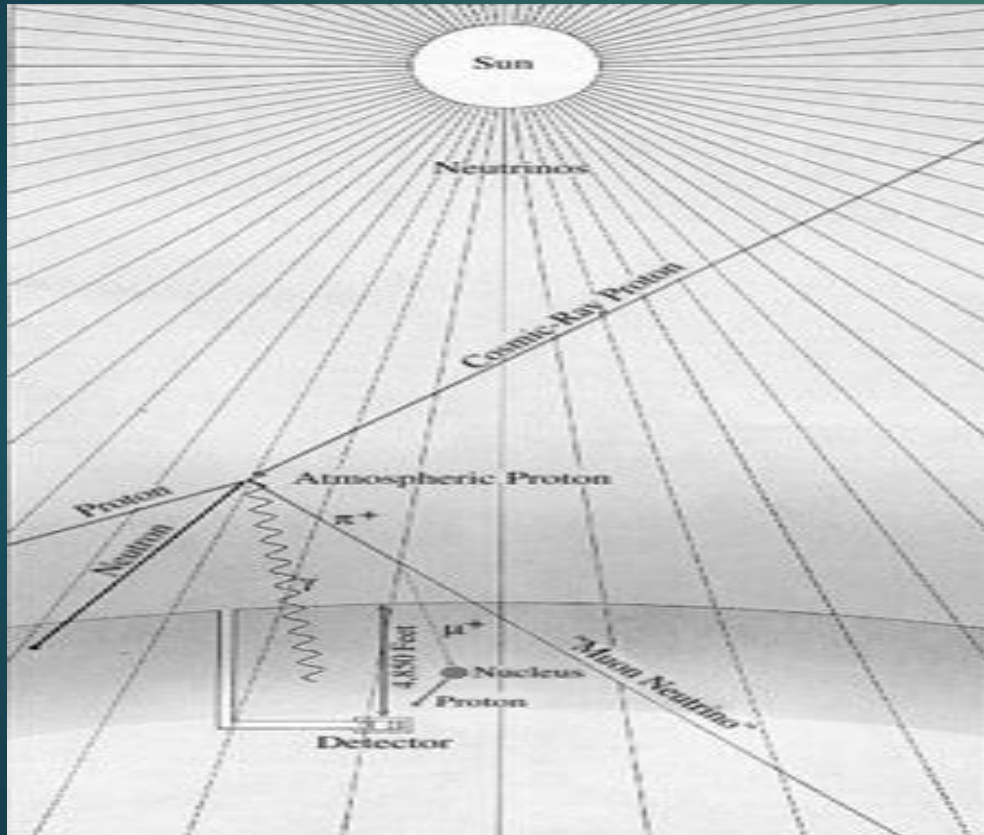
მზის ნეიტრინო პირველად 1967 წელს იქნა რეგისტრირებული რაიმონდ
დევისის და მისი ჯგუფის მიერ ჰოუმსთეიკის ოქროს მაღაროებში სამხრეთ
დაკოტაში

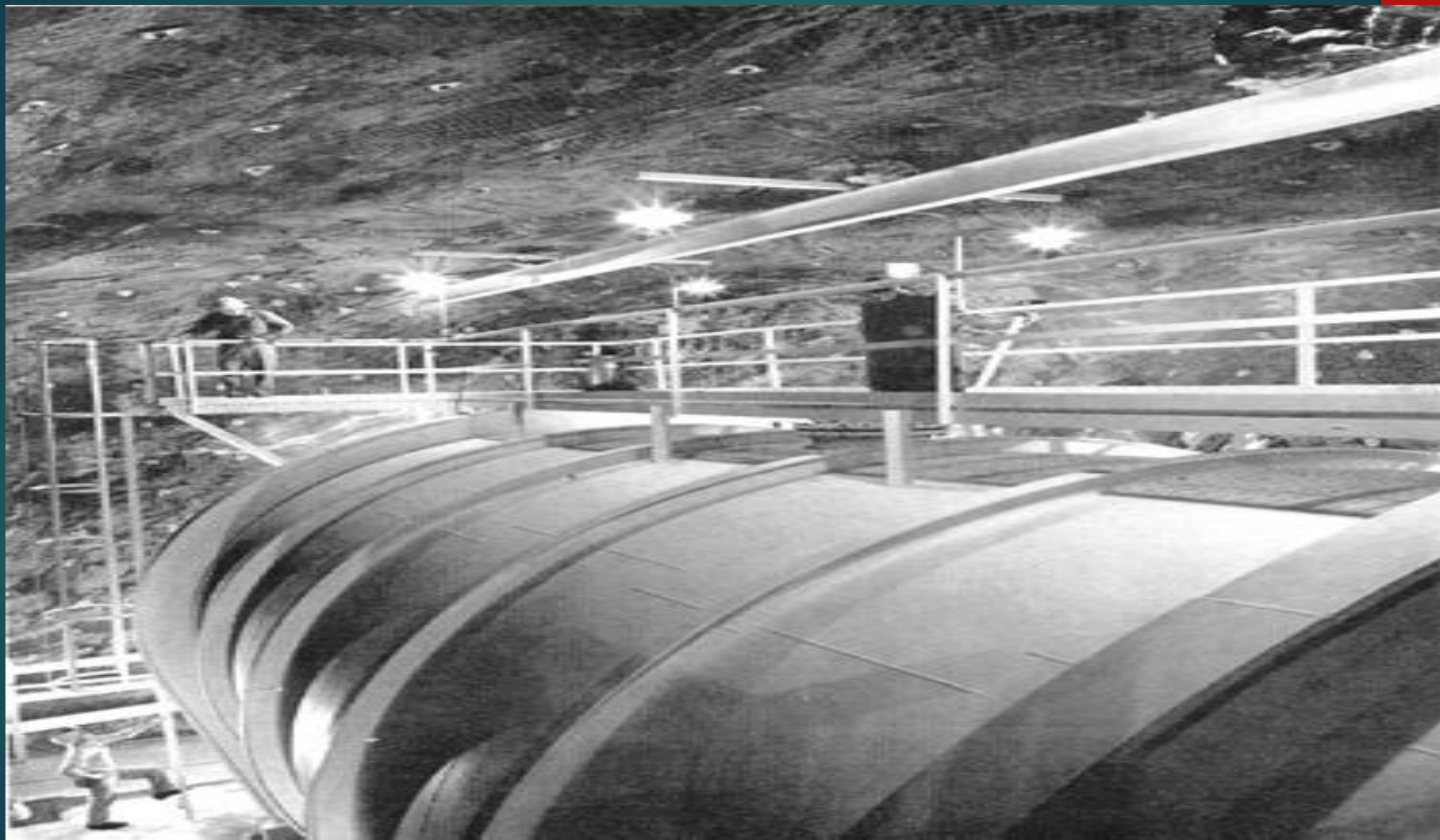



ოქროს მაღაროში 1478 მეტრ სიღრმეზე განთავსებული იყო 640 ტონიანი დეტექტორი რომელშიც იყენებდნენ ^{37}Cl შემცველ სითხეს

0,814 მევ_ზე მაღალი ენერგიის ნეიტრინო მიიტაცება ^{37}Cl ის მიერ და ამ დროს წარმოიქმნება არგონის რადიოაქტიური ბირთვი ^{38}Ar სწორედ მათი რაოდენობით განისაზღვრება ხელსაწყოში გავლილი ნეიტრონების ნაკადი ,ამ მეთოდს რადიოქიმიურ ანალიზს უწოდებენ

0,233-20 მევ ენერგიის ნეიტრინოს დეტექტირებისათვის გამოიყენება თხევადი გალიუმი.ამ ინტერვალში ხვდება $p+p$ რეაქციების დროს წარმოქმნილი ნეიტრონები(მათი წარმოქმნის ალბათობა ყველაზე დიდია სხვებთან შედარებით) ^{71}Ga ის მიერ ნეიტრონის მიტაცება მას ^{72}Ge ში გარდაქმნის რეაქციით $\nu_e + ^{71}\text{Ga} \rightarrow ^{72}\text{Ge} + e^-$.

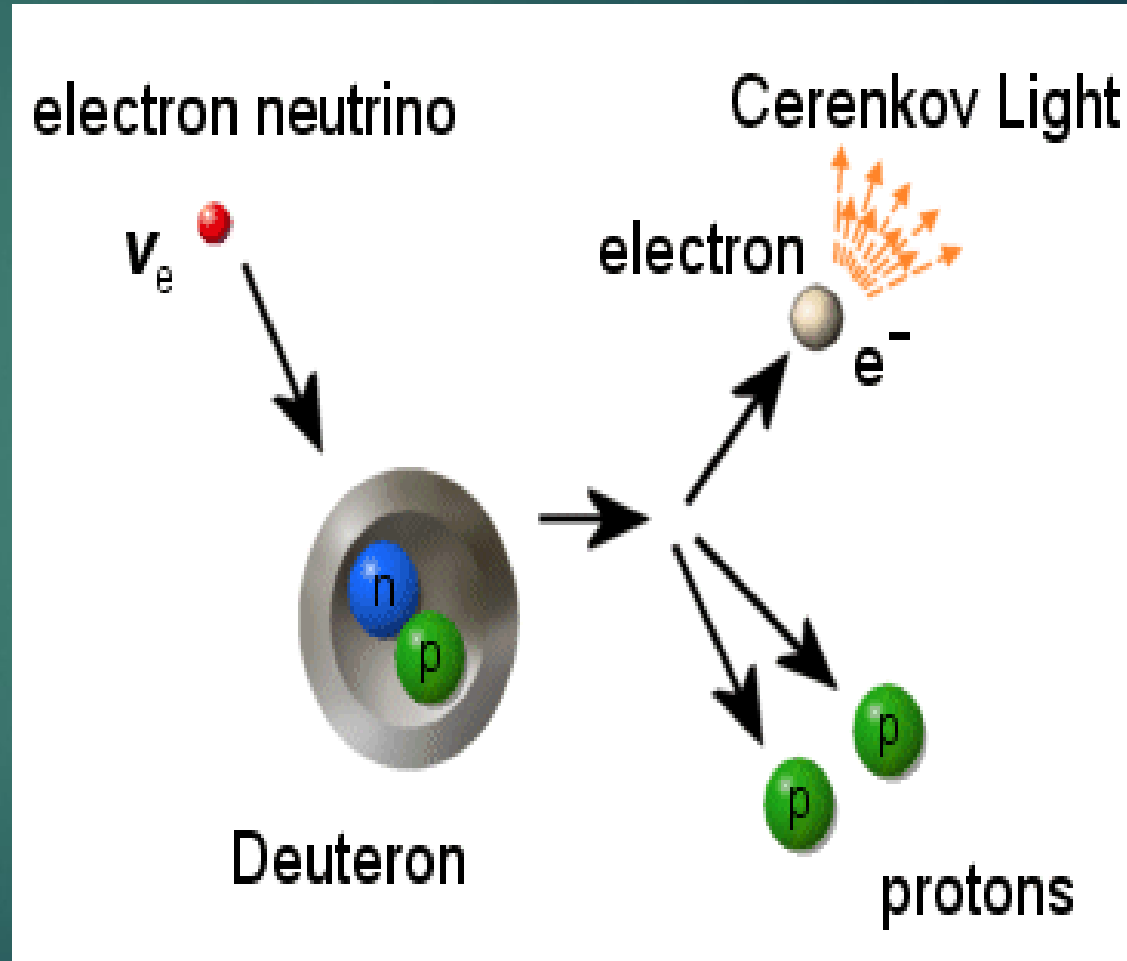




- 
- ▶ რადიოქიმიური ანალიზის მეთოდით მიღებული სითხე მიუხედავად შედეგების სიზუსტისა და ფიქსირებული ნეიტრონების გაზრდისა ეფექტურობით ბევრად ჩამოუვარდება რეგისტრაციის ელექტრონულ მეთოდს
 - ▶ საქმე იმაშია რომ დანადგარები აფიქსირებენ ნეიტრონის ურთიერთქმედებისას წარმოქმნილი დამუხტული ნაწილაკების ჩერენკოვის გამოსხივებას ან მათ მიერ გამოწვეულ სცინტილაციას
 - ▶ მატერიალურ გარემოში, ნაწილაკის მოძრაობისას სიჩქარით, რომელიც ამავე გარემოში სინათლის გავრცელების ფაზურ სიჩქარეზე მეტია, ნათება წარმოიქმნება.(ჩერენკოვის გამოსხივება)

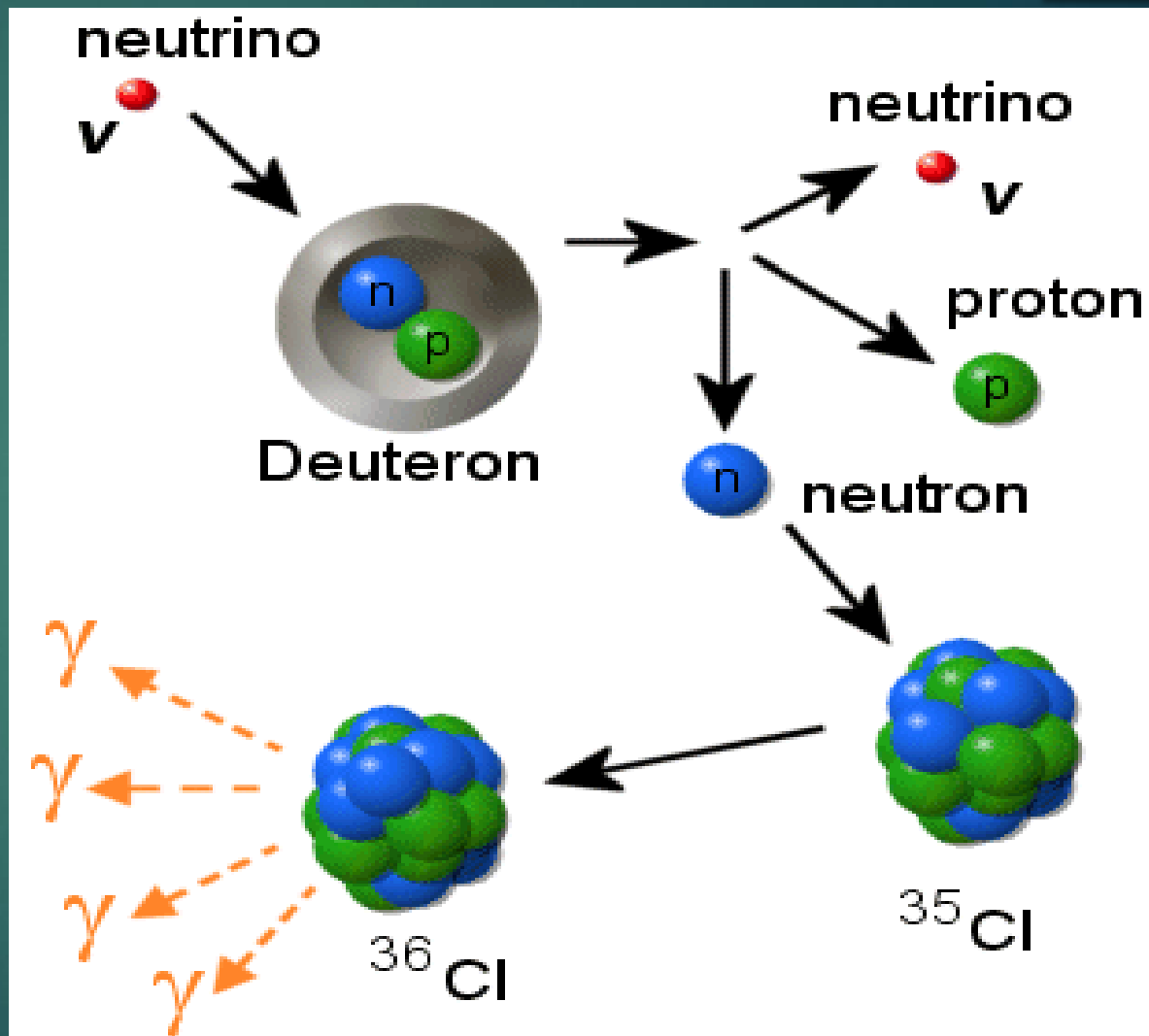
დეიტერიუმის ბირთვებთან ნეიტრინოს ურთიერთქმედების სხვადასხვა რეაქციები და წარმოქმნილი დამუხტული ნაწილაკები რომლებსაც შემდგომ დეტექტორები აფიქსირებენ

სურათზე მოცემულ ურთიერთქმედებაში მხოლოდ ელექტრონული ნეიტრინო მონაწილეობს რადგან მხოლოდ მას შეუძლია დაშალოს დეიტერიუმი ისე რომ წარმოიქმნას ელექტრონი, ასეთ შემთხვევაში დეტექტორი ჩერენკოვის სწრაფ გამოსხივებას აფიქსირებს



მეორე ტიპის რეაქცია

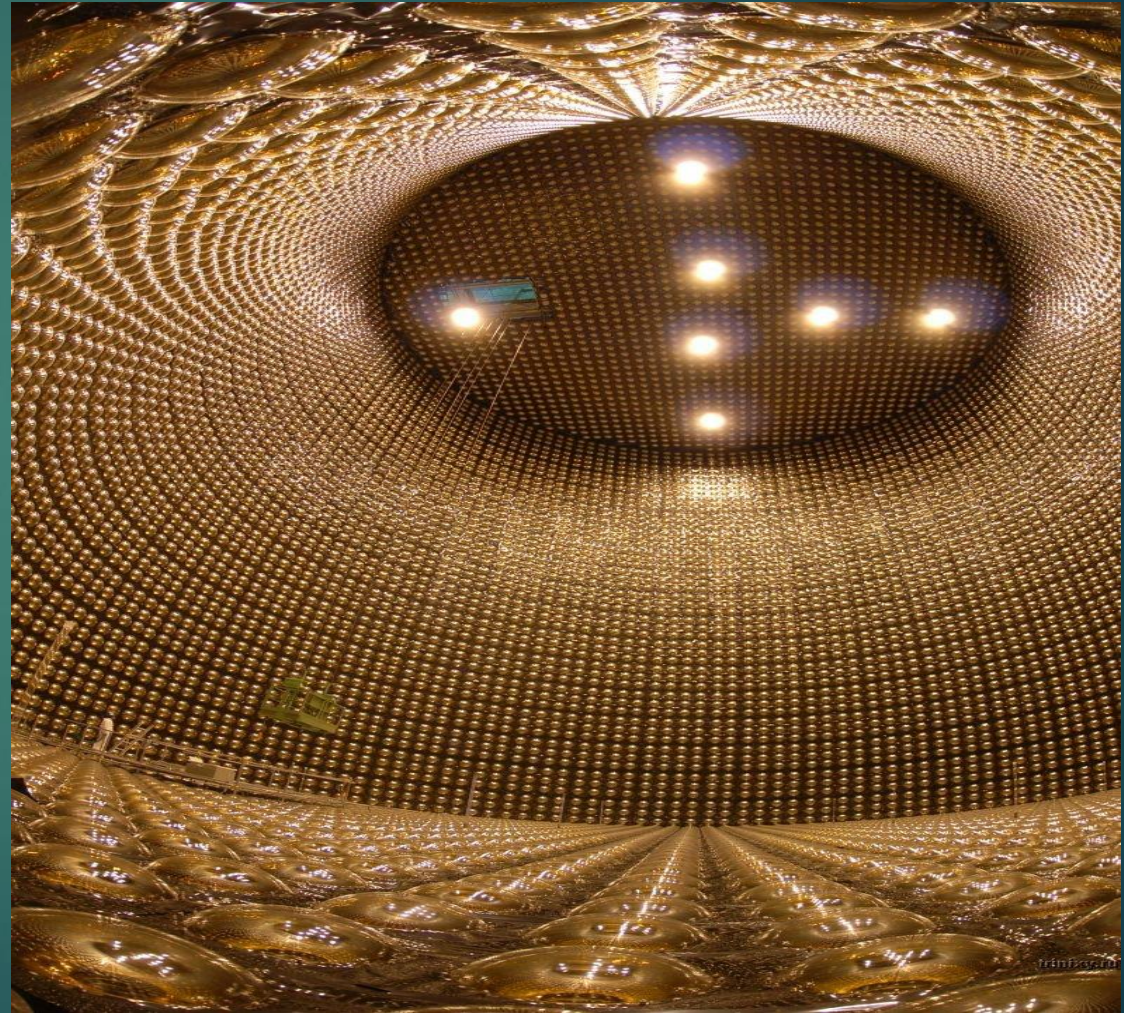
მეორე ტიპის რეაქცია სამივე სახის ნეიტრინომ შეიძლება გამოიწვიოს რადგან დეიტერიუმის დაშლისას იბადება დაჯახებული ნეიტრინოს ანალოგიური ტიპის ნეიტრინო ამიტომ ასეთი რეაქციით მიღებული ნეიტრინოების ნაკადი მზის სტანდარტულ მოდელს ემთხვევა. მეორე ტიპის რეაქციის დასარეგისტრირებლად მძიმე წყალში ხსნიან სუფრის მარილს NaCl . ^{35}Cl ის ბირთვით ნეიტრინოს მიტაცება იწვევს ფოტონების გაჩენას რაც შემდგომში ფოტოგამამრავლებლებით ფიქსირდება



ატმოსფერული ნეიტრინოების დეტექტორები

იაპონური დეტექტორი super Kamiokande

გამიზნულია ოსცილაციების შესასწავლად დანადგარი განთავსებულია 1000 მ სიღრმის კამიოკას მაღაროში რომელიც სავსეა 50000 ტ სუფთა წყლით, ცისტერნის შიდა რეზერვუარი შეიცავს 32000 ტ წყალს ხოლო გარეთა რეზერვუარი 18000 ტ-ს გარე დეტექტორი შთანთქავს ბუნებრივ რადიაციას. შიდა ნაწილში განთავსებულია 12000 ფოტომამრევლებელი რომლებიც აფიქსირებენ ჩერნიკოვის გამოსხივებას ამ გამოსხივებისთვის დამახასიათებელი ვიწრო კონუსის მიხედვით ადგენენ ნეიტრინოს მიმართულებას. თუ ნეიტრინო დანადგარს ზემოდან დაეცა მის მიერ გავლილი მანძილი 10 კმ-ია ხოლო თუ ქვემოდან 12000 კმ ია. თუ ოსცილაციები რეალურია მაშინ ამ ორ მიმართულების ნეიტრინოებს შორის სხვაობა უნდა არსებობდეს და ეს სხვაობა 0.7 ევ-ს ტოლი აღმოჩნდა



კოსმოსური ნეიტრინოს დეტექტორები

კოსმოსურ ნეიტრინოს უწოდებენ ზეახალი ვარსკვლავის აფეთქებისას წარმოქმნილი მაღელი ენერგიების ნეიტრინოებს.

კოსმოსური ნეიტრინოები მათი წყაროდან დედამიწამდე უზარმაზარ მანძილებს ისე გადიან, რომ არც შთაინთქმებიან და არც გაიბნევიან ვარსკვლავური, გალაქტიკური და გალაქტიკათაშორისი მატერიის მიერ

მაღალი ენერგიის ნეიტრინოები დედამიწის სიღრმეებში გავლისას წარმოშობენ მეორად დამუხტულ ნაწილაკებს, რომლებიც ჩერენკოვის სინათლეს ასხივებენ. ჩერენკოვის გამოსხივება ვრცელდება ნაწილაკის ტრაექტორიის გასწვრივ, ვიწრო სხეულოვან კუთხეში. რაც უფრო დიდია ნაწილაკის ენერგია, მით უფრო მცირეა ამ გამოსხივების სხეულოვანი კუთხე.

მაღალი ენერგიის ნეიტრინოების რეგისტრაციისთვის საჭირო ხელსაწყო წარმოადგენს ოპტიკური მოდულების ერთობლიობას, რომელიც აფიქსირებს ჩერენკოვის გამოსხივებას და მის ინტენსივობას. ამ მონაცემებით კი ნეიტრინოს მოძრაობის მიმართულების და მისი ენერგიის პოვნაა შესაძლებელი

კოსმოსური ნეიტრინოების შესწავლა ყველაზე უფრო პერსპექტიული აღმოჩნდა ენერგიებისთვის ერთი ტევ-იდან ერთ პევ-ამდე დიაპაზონში.

მაღალი ენერგიის ნეიტრინოების ურთიერთქმედებისას გაჩენილი მიუონები, ერთი ტევ-ის რიგის ენერგიებით, საშუალოდ რამდენიმე კილომეტრის მანძილს გადიან, სანამ დაიშლებიან ან თავის მხრივ, გარემომცველ ნივთიერებასთან განიცდიან ურთიერთქმედებას.

ამ მოძრაობისას ისინი ასხივებენ ჩერენკოვის ნათებას, რომელიც ანტარქტიკის ყინულოვან გარემოში პრაქტიკულად შთანთქმის გარეშე ვრცელდება და დანადგარს აღწევს მცირე დანაკარგებით.

ამგვარად, დანადგარს ჩერენკოვის ნათების აღნუსხვა შეუძლია მიუონის განარბენის იმ ნაწილიდანაც კი, რომელიც დანადგარის მოცულობის გარეთ მდებარეობს

კოსმოსური ნეიტრინოების ერთ-ერთი დეტექტორია ice cube რომელიც ანტარქტიკაში მდებარეობს და 1000 მ წიბოს მქონე კუბს წარმოადგენს მისი მონტაჟი 2010 წელს დასრულდა დანადგარში გამოყენებულია 5160 სფერული ოპტიკური დეტექტორი. თითოეული მათგანი შეიცავს ფოტომამრავლებელსა და მონაცემთა შემგროვებელ კომპიუტერულ მოწყობილობას რომელიც მონაცემებს ციფრული ფორმით გადასცემს ყინულის ზედაპირზე განლაგებულ მართვისა და დამუშავების ლაბორატორიას. სულ ყინულში ჩაშვებულია 86 ბაგირი, ყოველი მათგანი 60 დეტექტორითაა აღჭურვილი 1450 მეტრიდან 2450 მეტრამდე სიღრმის ინტერვალში. IceCube, რომელსაც ხშირად ნეიტრინულ ობსერვატორიას უწოდებენ, გამიზნულია ტევ-ის რიგის ენერგიების მქონე ნეიტრინოთა წყაროების შესასწავლად. გარდა ამისა, ყინულის ზედაპირზე ყოველი ბაგირის ზემოთ განლაგებულია ჩერენკოვის ორ-ორი დეტექტორი, რაც კოსმოსური სხივების ფართო ატმოსფერული ღვარების შემადგენლობის კვლევისა და კოსმოსური სხივებით გამოწვეული ფონური შემთხვევების გამორიცხვის საშუალებას იძლევა





ICECUBE

SOUTH POLE NEUTRINO OBSERVATORY



IceCube Laboratory

Data is collected here and sent by satellite to the data warehouse at UW-Madison



Digital Optical Module (DOM)

5,160 DOMs deployed in the ice

50 m

IceTop

1450 m

2450 m

IceCube detector

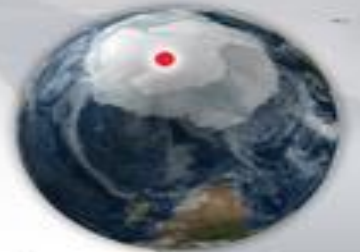
86 strings of DOMs,
set 125 meters apart

DeepCore

Antarctic bedrock

DOMs
are 17
meters
apart

60 DOMs
on each
string



Amundsen-Scott South Pole Station, Antarctica
A National Science Foundation-managed research facility

კოსმოსური ნეიტრინოს წყალქვეშა დეტექტორები

- ▶ ANTARES _ი ხმელთაშუა ზღვის ყველაზე დიდი დანადგარი შედგება 2.5 კმ სიღრმეზე ჩაშვებული 12 ვერტიკალური ბაგირისაგან რომელიც დაახლოებით $0,1\text{კმ}^2$ ზეა ფართობზეა განაწილებული ბაგირების 350 მ სიგრძე დაყოფილია საფეხურებად რომლებიც ამ ბაგირებზეა დამაგრებული 14.5.ინტერვალით,თითოეული საფეხური შედგება 3 ოპტიკური მოდულისა და მისთვის საჭირო ელექტროაპარატურისგან

