



Rymdens kameleontar

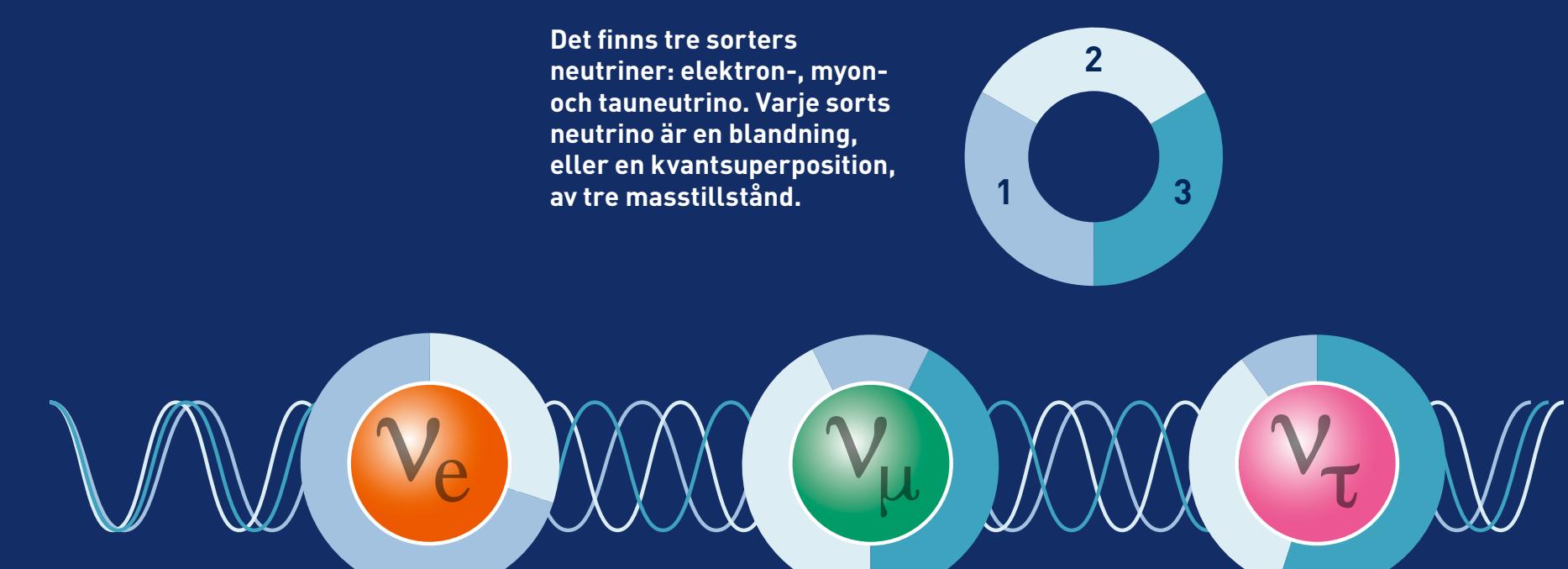
Takaaki Kajita i Japan och Arthur B. McDonald i Kanada var nyckelpersoner i var sin stor experimentgrupp som upptäckte att neutriner byter identitet i flykten. Identitetsbytet kräver att neutriner har massa. Upptäckten har ändrat fysikens förståelse av materiens innersta och kan visa sig avgörande för vår bild av universum.

Avslöjandet om neutrinernas förvandling löste en neutrinoåga som fysiker brottats med i decennier. Jämfört med teoretiska beräkningar för hur många neutriner som bildas, saknades det upp till två tredjedelar i mätningar på jorden. Nu upptäckte de båda experimentgrupperna att neutrinerne hade bytt identitet. Denna förvandling är bara möjlig om neutriner har massa, om än väldigt liten. Upptäckten var epokgörande för partikelfysiken, vars standardteori förutsätter att neutrinerne är masslösa. Därfor krävs nu ny fysik.

Jorden bombarderas ständigt av neutriner. Många skapas i reaktioner mellan kosmisk strålning och jordens atmosfär. Andra bildas

i kärnreaktionerna i solens inre. Tusentals miljarder neutriner strömmar genom våra kroppar varje sekund. Sammanlagt uppskattas neutrinerne väga lika mycket som alla rymdens lysande stjärnor tillsammans.

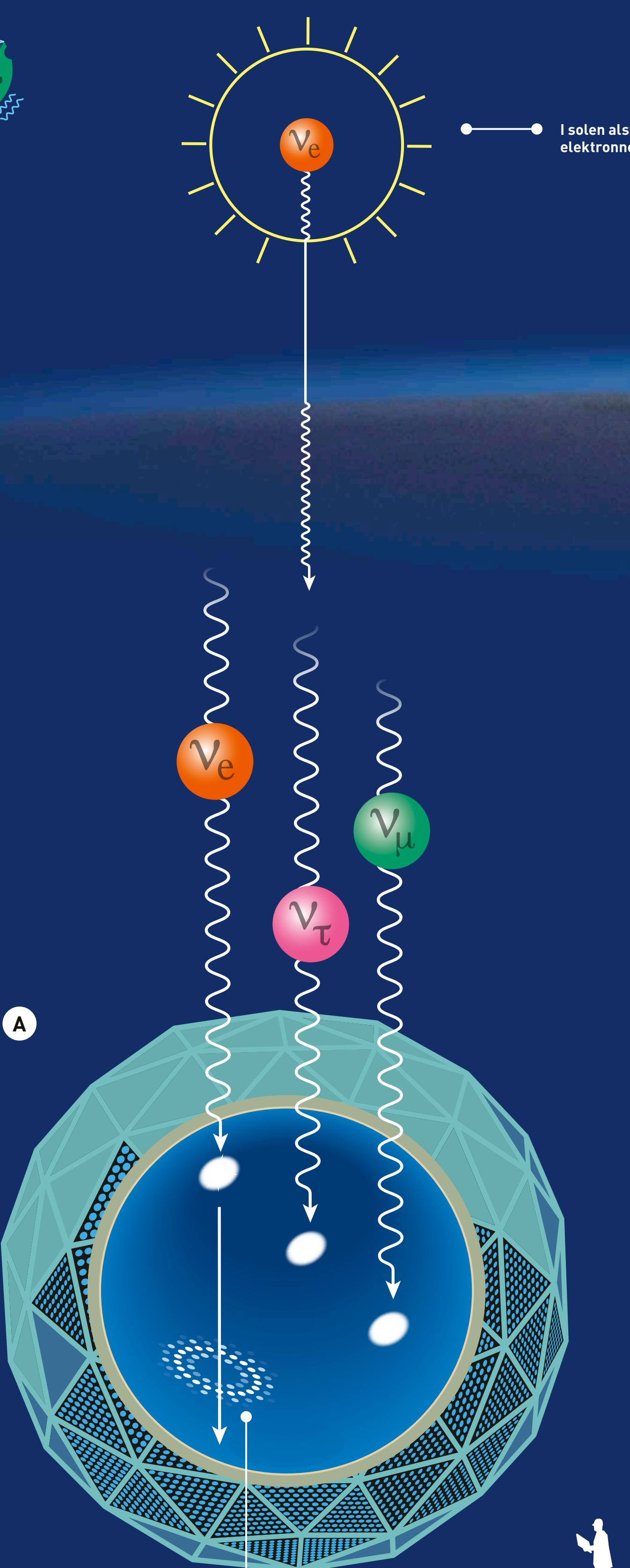
Nästan inget kan stoppa neutrinernas framfart; neutrinerne hör till naturens mest svårifångade partiklar. Nu fortsätter experimenter som närmare ska utforska den hittills nästan helt dolda neutrinvärlden. Nya avslöjanden om neutrinerne djupaste hemligheter förväntas ändra våra förstållningar om universums historia, uppbyggnad och framtida öde.



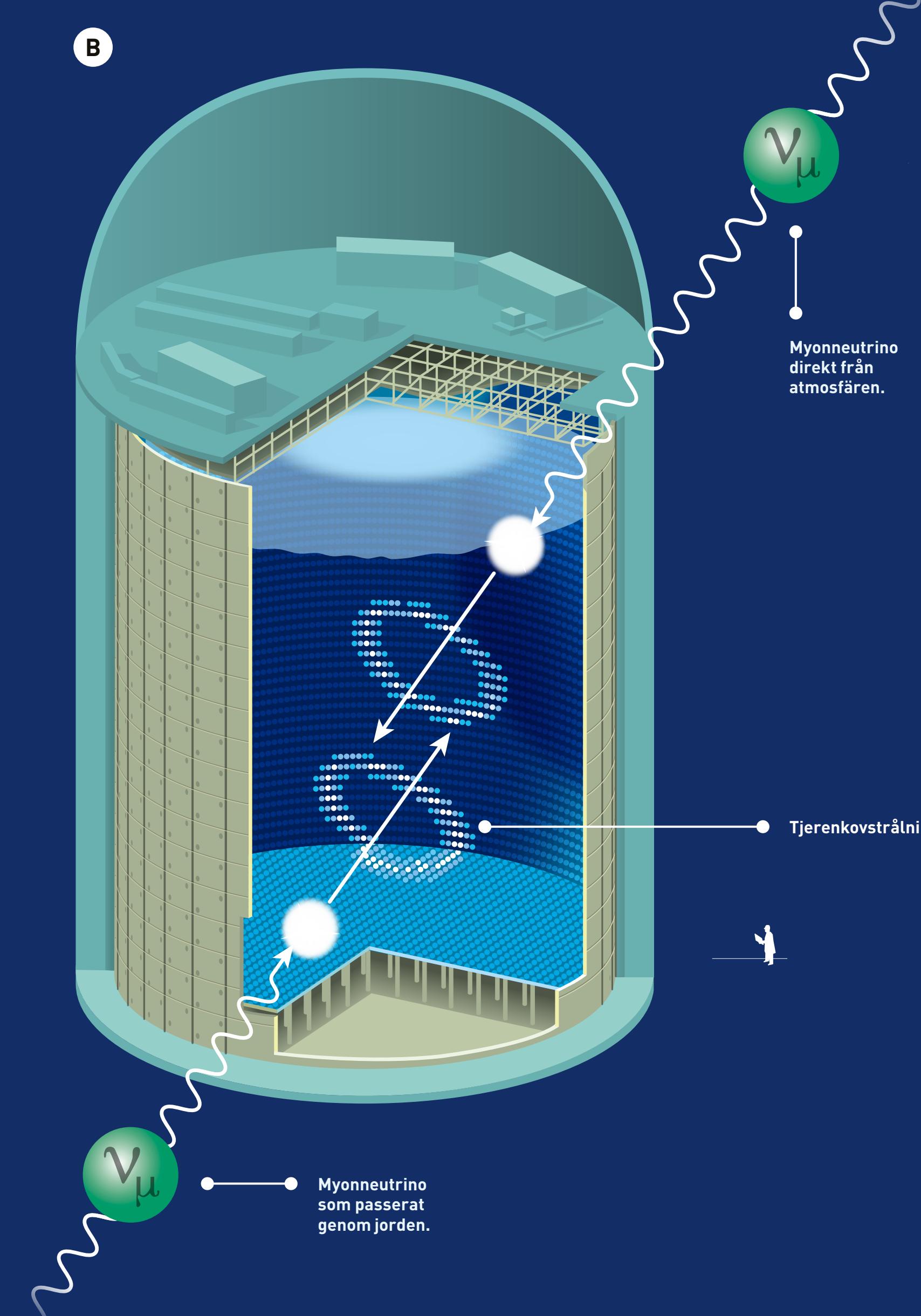
Neutrinooscillationer

Neutriner antar olika identiteter på sin färd genom rymden. Identitetsbyten kan förklaras med kvantfysik där neutrinerne representeras av överlagra värgor som motsvarar neutrinton tillstånd med olika massor. Under neutrinerne färd kommer värgorna ur fas och överlägras på ett skiftande sätt med varandra.

Hur det förhåller sig på en given plats ger sannolikheten för vilken sorts neutrino som är mest trolig att finna där. Sannolikheterna varierar, de oscillerar, och neutrinerne dyker upp i sina olika identiteter. Detta är endast möjligt om neutriner har massa.



Tjerenkovstrålning
mäts av ljusdetektorer
som täcker alla väggar i
vattentanken. Den alstras
när laddade partiklar
färds snabbare än ljus i
vatten. Sådana partiklar
bildas när en neutrino
utifrån kolliderar med
en atomkärna eller en
elektron i vattnet.



Atmosfäriska
neutriner alstras
i krockarna
mellan kosmisk
strålning och
jordens atmosfär.

A Sudbury Neutrino Observatory

Detektorn mätte neutriner från solen. Dess tank, fyllt med tungt vatten, låg två kilometer under jordytan. Alla tre sorters neutriner tillsammans gav signal i tanken och registrerades. Summan av neutrinerne stämde väl med den förväntade medan elektronneutrinerne var för få – de hade förvandlats till en annan sorts neutriner.

B Super-Kamiokande

Detektorn mätte atmosfäriska neutriner. Dess tank, fyllt med vatten, låg en kilometer under jordytan. De myonneutriner som kom direkt från atmosfären ovanför var fler än de som anlände till detektorn genom jordklotet. Myonneutrinerne som färdats den längre sträckan hann alltså förvandlas till en annan sorts neutrino på vägen.

Arthur B. McDonald
Kanadensisk
medborgare. Född
1943 i Sydney,
Kanada. Professor
emeritus vid Queen's
University, Kingston,
Kanada.

Takaaki Kajita
Japansk medborgare.
Född 1959 i
Higashimatsuyama,
Japan. Director of
Institute for Cosmic
Ray Research och
professor vid
University of Tokyo,
Kashiwa, Japan.





Chameleons of space



Takaaki Kajita in Japan and Arthur B. McDonald in Canada were key scientists in two large research groups that discovered that neutrinos change identities, which requires that neutrinos have mass.

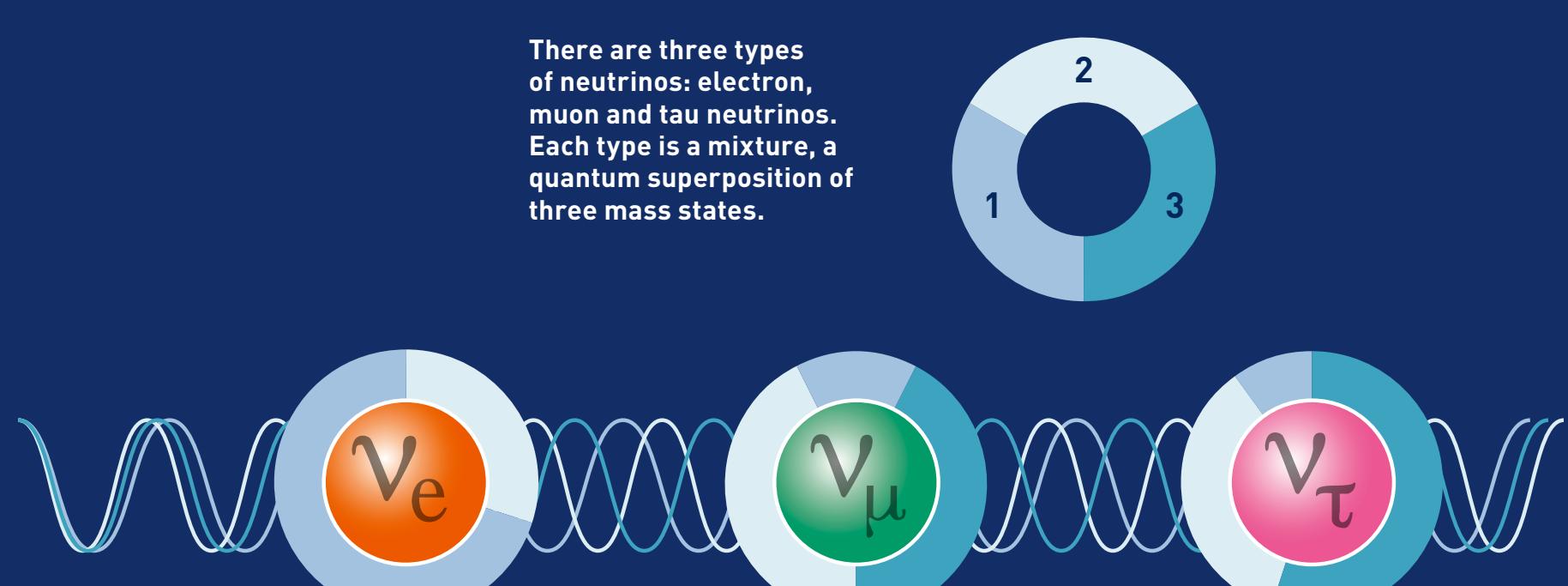
The discovery has changed our understanding of the innermost workings of matter and may prove crucial to our view of the universe.

The discovery of neutrino identity changes has resolved a neutrino puzzle that physicists had wrestled with for decades. Compared to theoretical calculations of the number of neutrinos, up to two-thirds of them were missing in measurements performed on Earth. The two research groups discovered that the neutrinos had changed identities, which led to the conclusion that neutrinos must have some mass, however small. This discovery was historic for particle physics, as its Standard Model requires neutrinos to be massless. Thus new physics is now needed.

The Earth is constantly bombarded by neutrinos. Many are created in reactions

between cosmic radiation and the Earth's atmosphere. Others are produced in nuclear reactions inside the Sun. Thousands of billions of neutrinos stream through our bodies every second. The combined weight of neutrinos is estimated to be roughly equal to that of all visible stars in the universe.

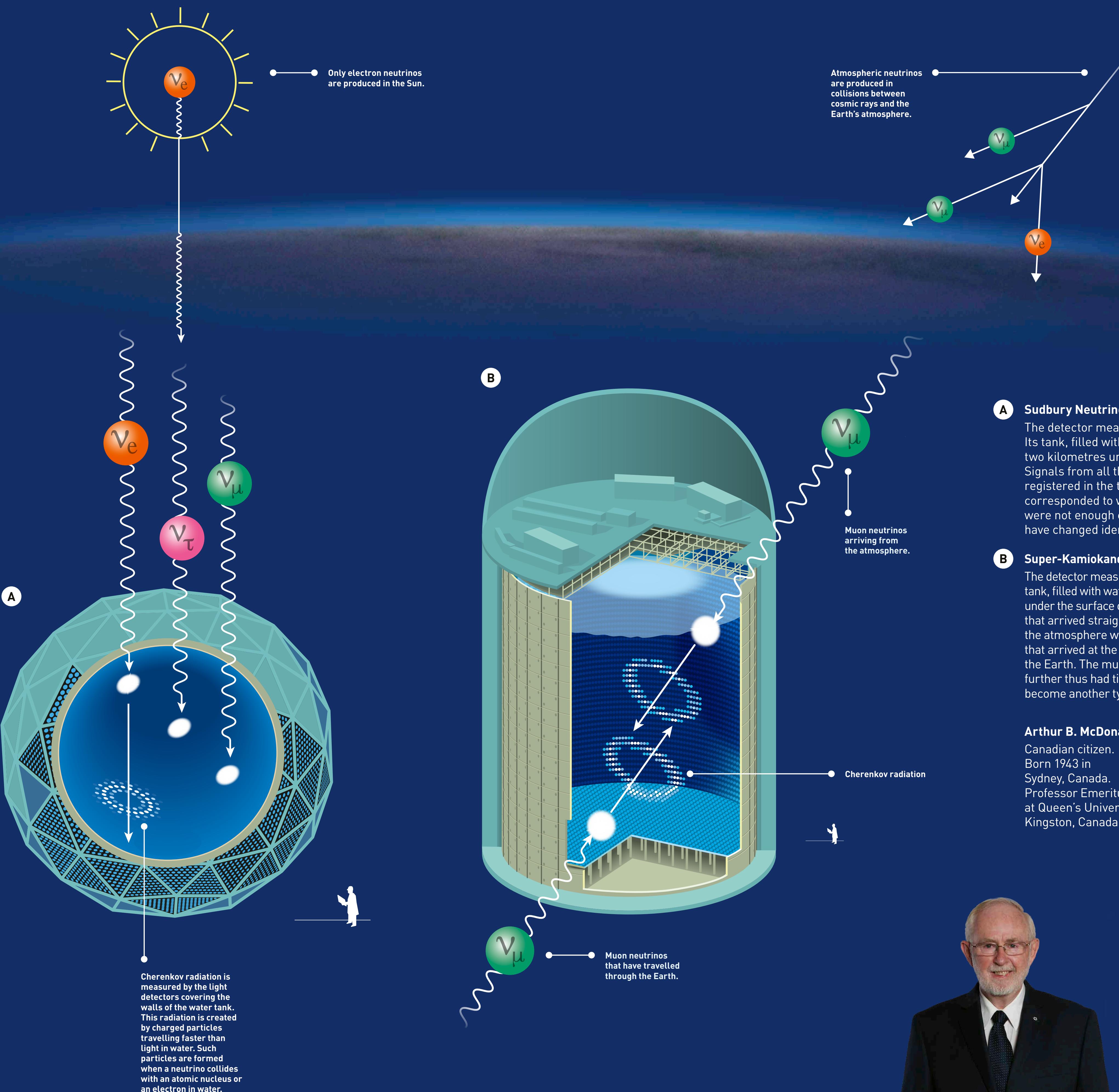
Hardly anything can stop the neutrinos; they are amongst nature's most elusive elementary particles. Experiments are continuing to uncover the all but hidden world of neutrinos. New discoveries about their deepest secrets are expected to change our current understanding of the history, structure and future of the universe.



Neutrino oscillations

Neutrinos change identities as they travel through space. Quantum physics is required to explain this magic, where the neutrinos are represented by superposed waves that correspond to neutrino states with different masses. When the neutrinos travel, these waves go out of phase and are superposed in

different ways. The superposition in any given location yields the probability of which type of neutrino is most likely to be found there. These probabilities vary from one location to another – oscillate – and the neutrinos appear in their various identities. This is only possible if neutrinos have mass.



Atmospheric neutrinos are produced in collisions between cosmic rays and the Earth's atmosphere.

A Sudbury Neutrino Observatory

The detector measured neutrinos from the Sun. Its tank, filled with heavy water, was placed two kilometres under the surface of the Earth. Signals from all three types of neutrinos were registered in the tank. The sum of the neutrinos corresponded to what was expected, but there were not enough electron neutrinos – they must have changed identity.

B Super-Kamiokande

The detector measured atmospheric neutrinos. Its tank, filled with water, was placed one kilometre under the surface of the Earth. The muon neutrinos that arrived straight at Super-Kamiokande from the atmosphere were more numerous than those that arrived at the detector after passing through the Earth. The muon neutrinos that travelled further thus had time to change identity and become another type of neutrino.

Arthur B. McDonald

Canadian citizen.
Born 1943 in
Sydney, Canada.
Professor Emeritus
at Queen's University,
Kingston, Canada.

Takaaki Kajita

Japanese citizen.
Born 1959 in
Higashimatsuyama,
Japan. Director of
Institute for Cosmic
Ray Research and
Professor at
University of Tokyo,
Kashiwa, Japan.

