

Sökandet efter svaren på Big Bangs gåtor i Garpenberg



Funded by the Horizon 2020
Framework Programme of the
European Union

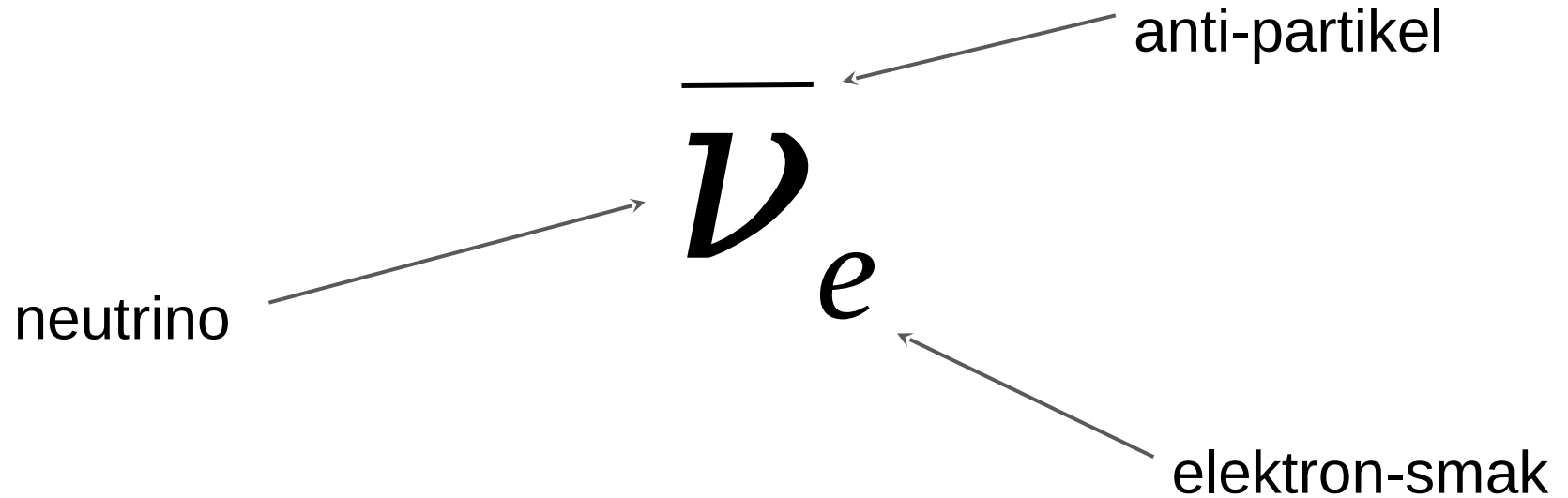


Påminnelse

- Neutriner finns i massor överallt!
- Vi är i princip genomskinliga för dem.
- De finns i tre varianter. Varje variant har en egen antipartikel.
- De kan byta identitet, oscillera.
- Vi ville veta om neutriner byter identitet i samma utsträckning som anti-neutriner.

ESSnuSB

Symbol för neutrino

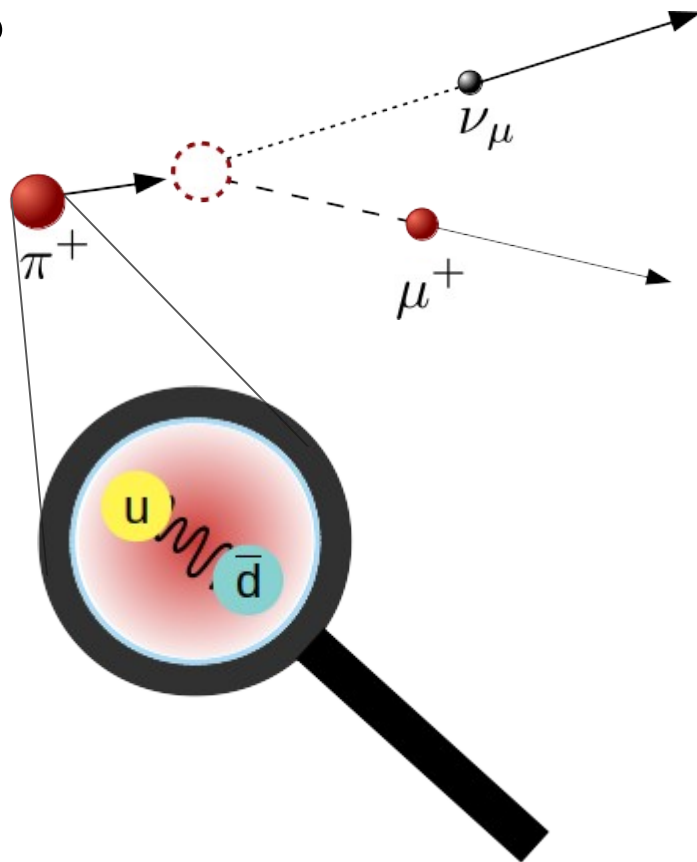


Hur kan vi skapa en “superstråle” av neutriner?

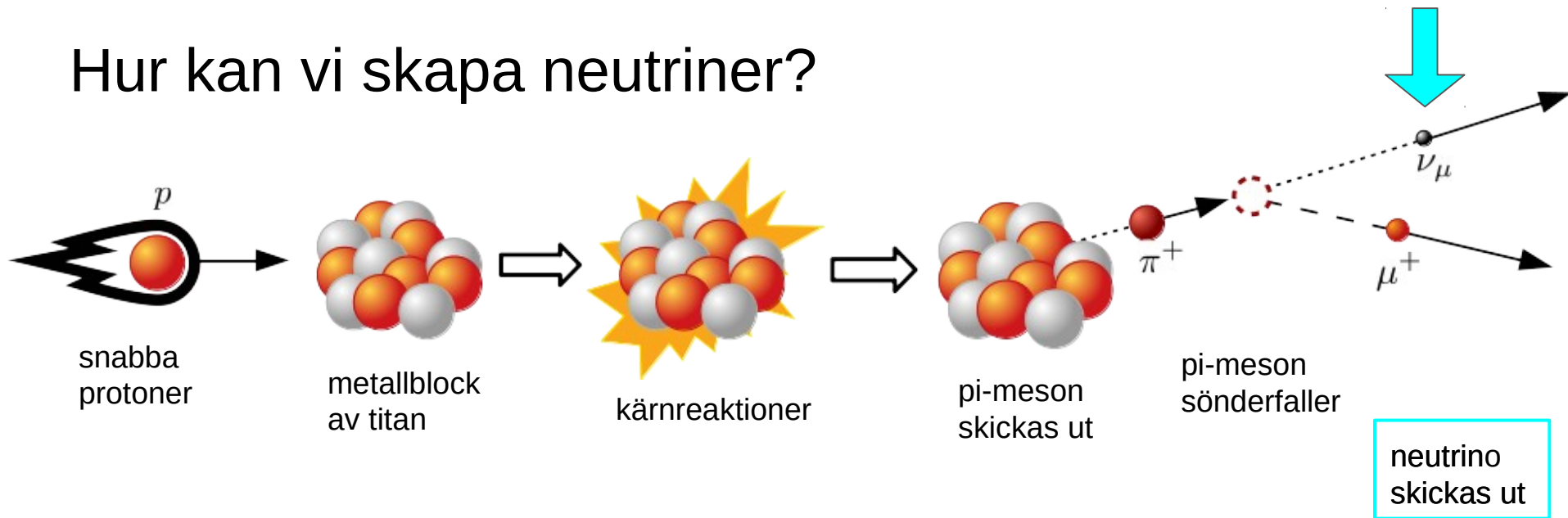
- Vi behöver många neutriner.
- Bara en sorts neutriner från början.
- Vi vill att de ska färdas i en och samma riktning.
- Vi kallar det en super-neutrino-stråle.

Hur kan vi skapa neutriner?

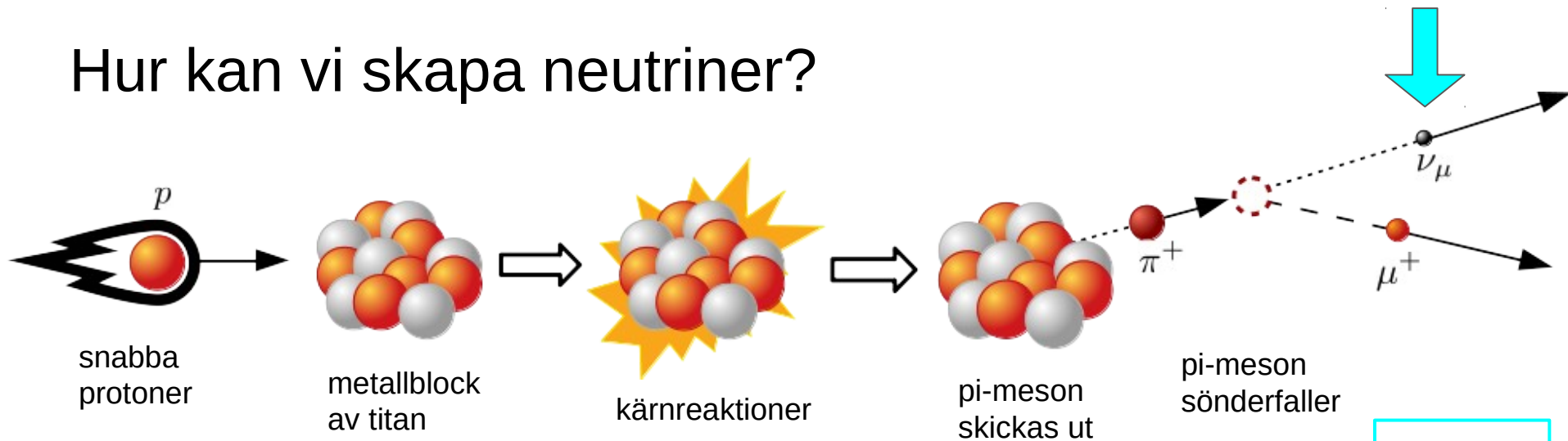
- Neutriner bildas i sönderfall av kortlivade partiklar.
- Vi använder så kallade pioner, eller pi-mesoner.
- Pi-mesonen består av två kvarkar.



Hur kan vi skapa neutriner?



Hur kan vi skapa neutriner?



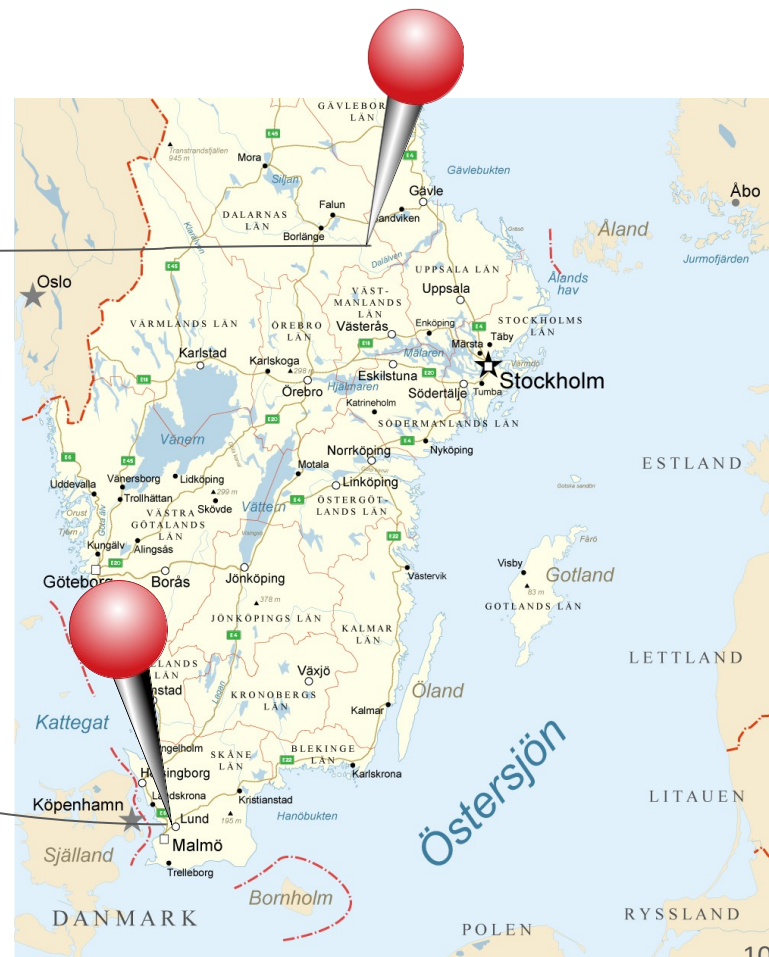
Vi behöver massor av protoner!

Vi vill ha massor av neutriner!

Varifrån hämtar vi protonerna?

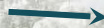
Garpenberg

Lund



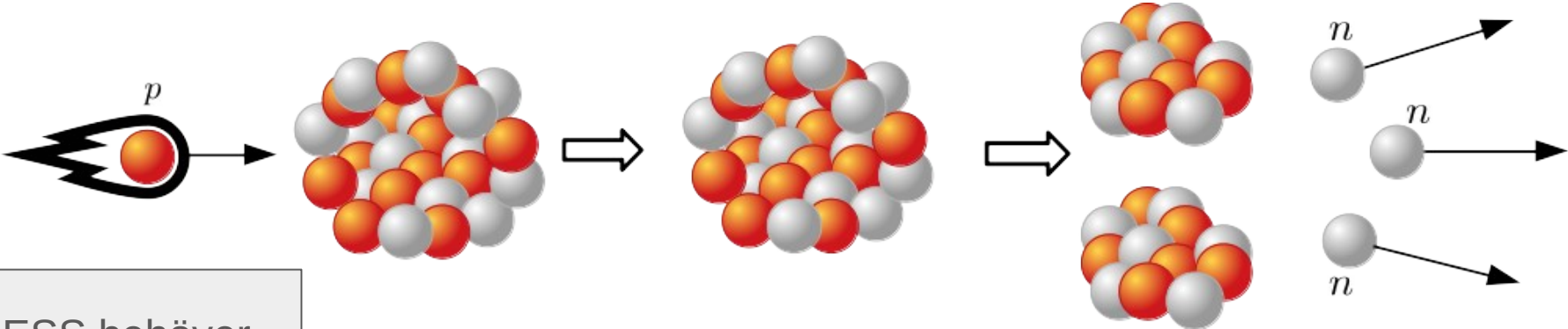
Varifrån hämtar vi protonerna?

MAX IV



ESS: European Spallation Source

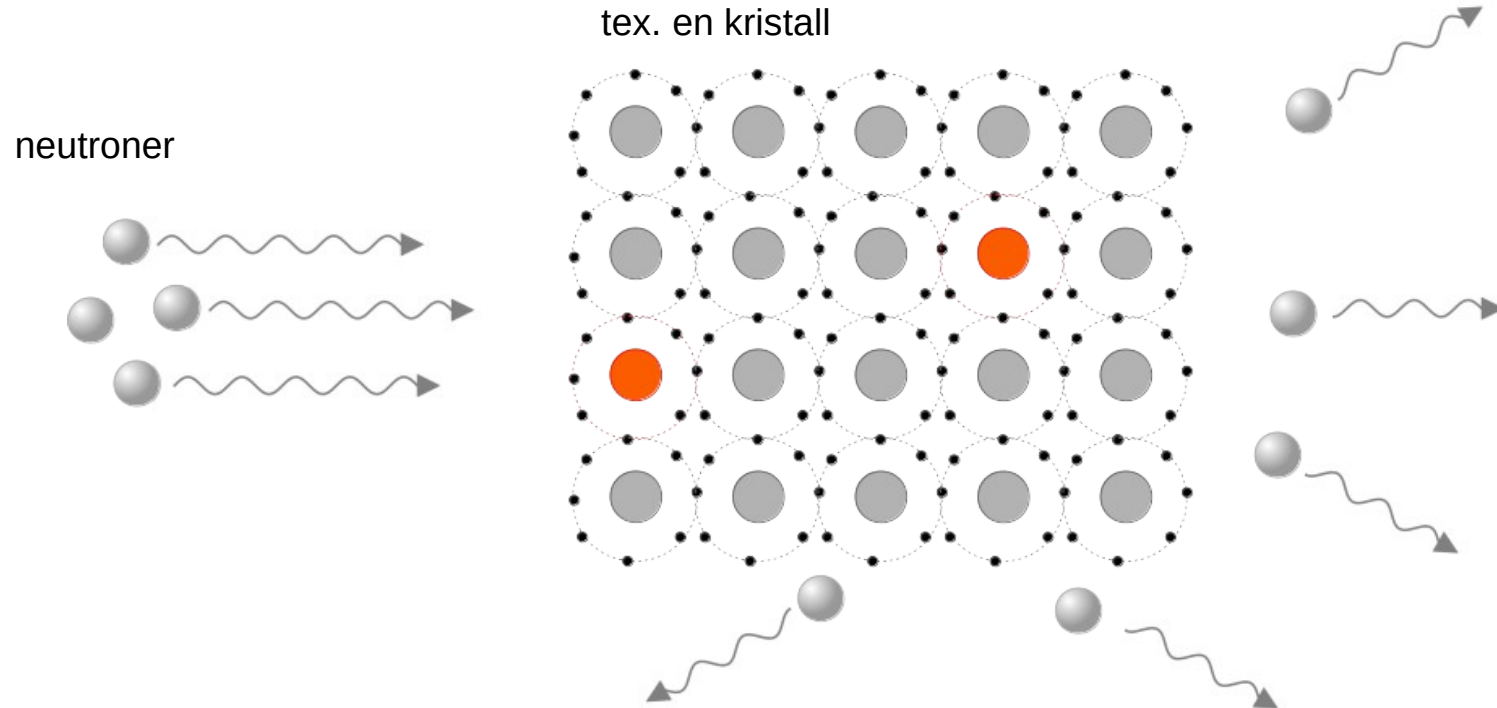
ESS: En neutronkälla



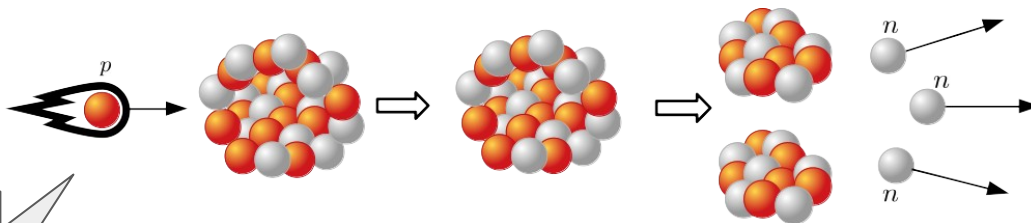
ESS behöver massor av protoner!

ESS vill ha massor av neutroner!

Neutronspridning vid ESS



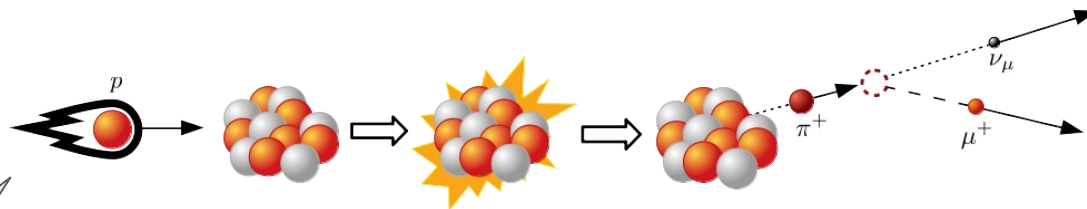
ESS



ESS behöver massor av protoner!

ESS vill ha massor av **neutroner!**

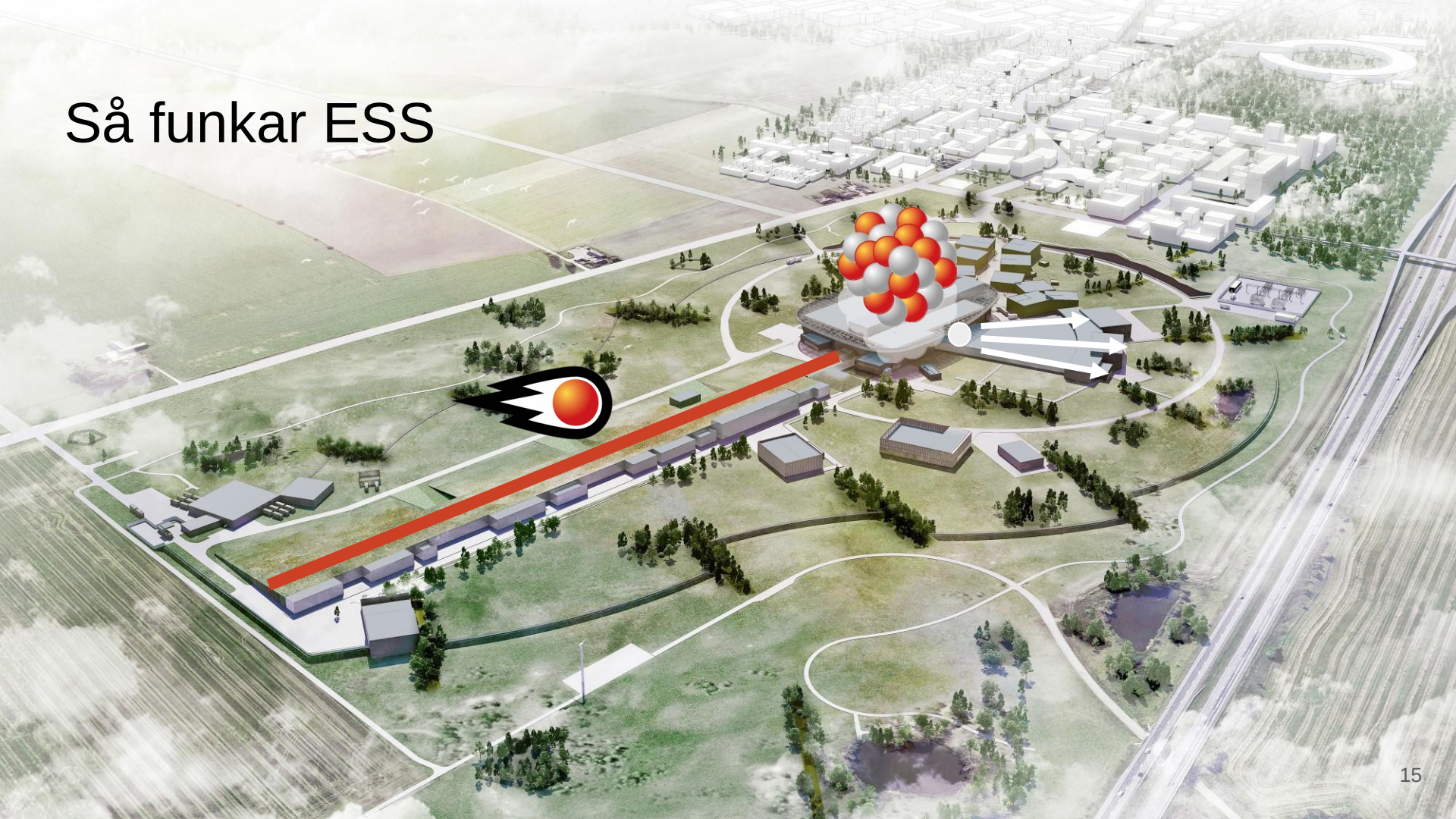
ESSnuSB



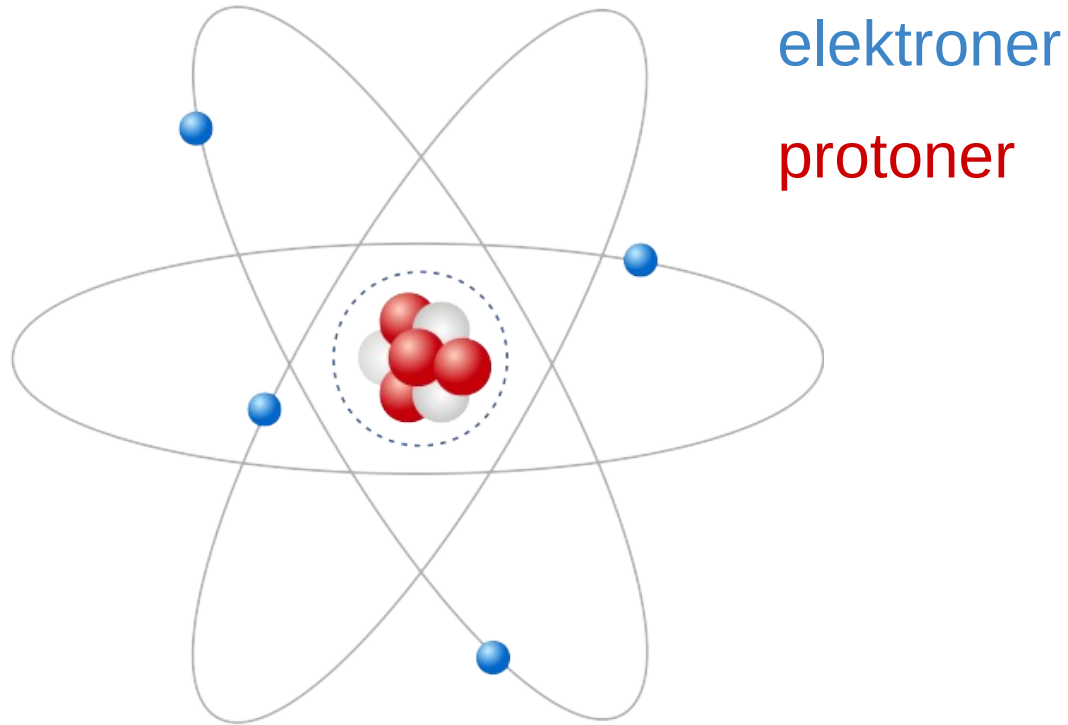
Vi behöver massor av protoner!

Vi vill ha massor av **neutriner!**

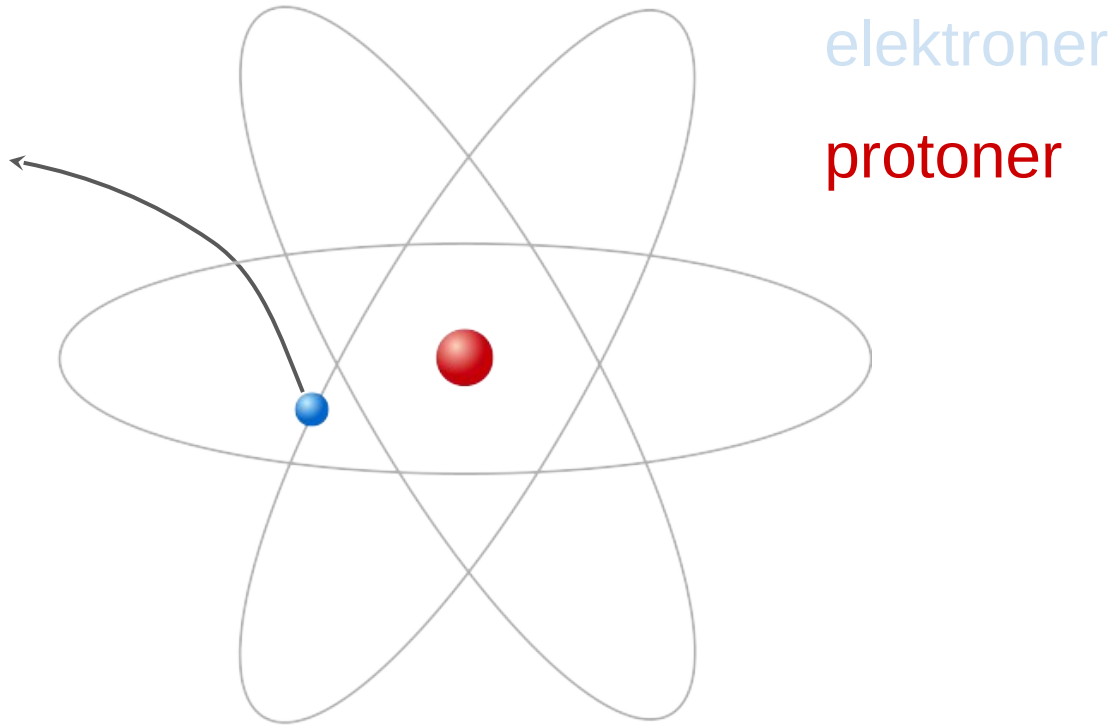
Så funkar ESS



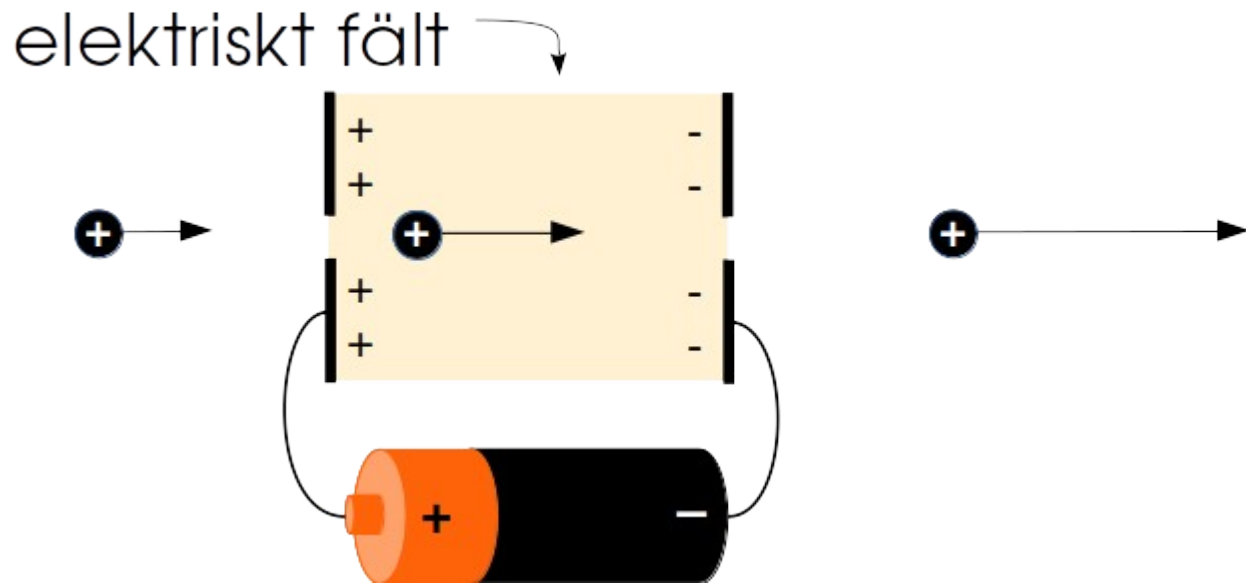
En partikelaccelerator: Så funkar det



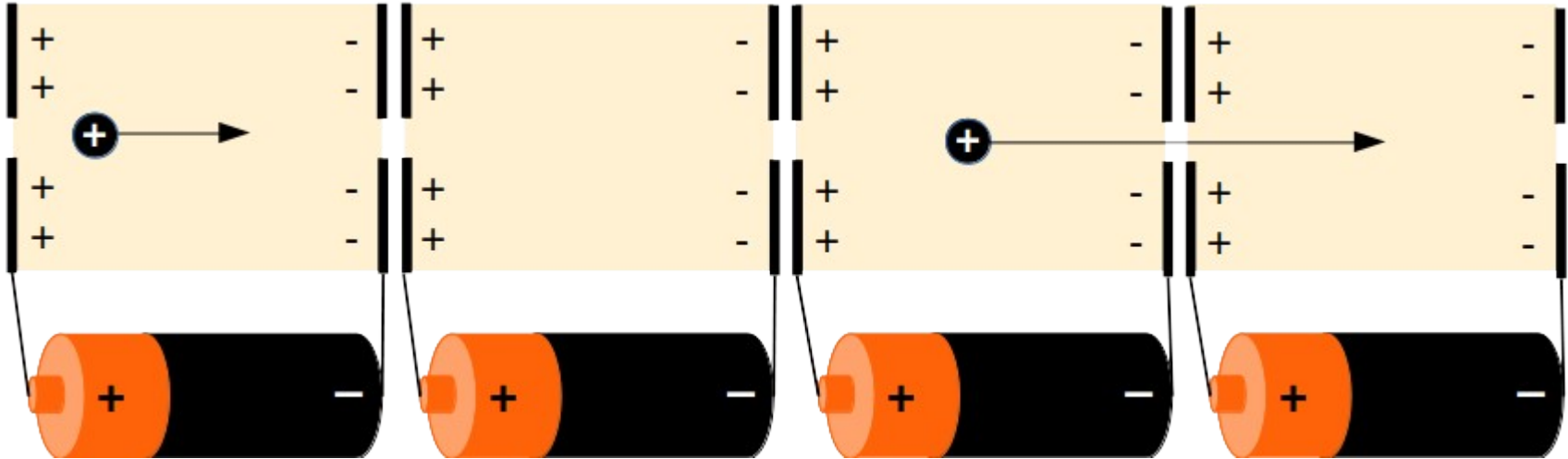
Partiklar till partikelacceleratoren



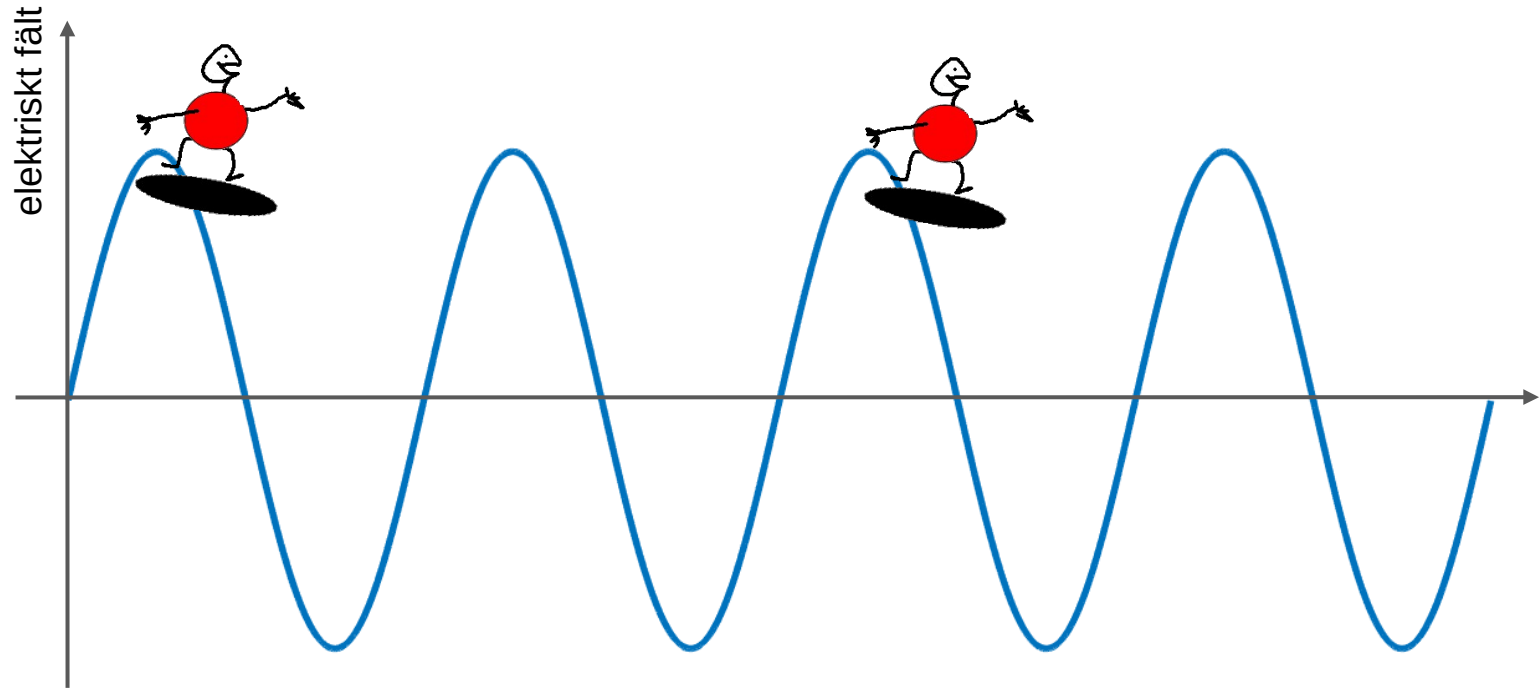
Accelerationen



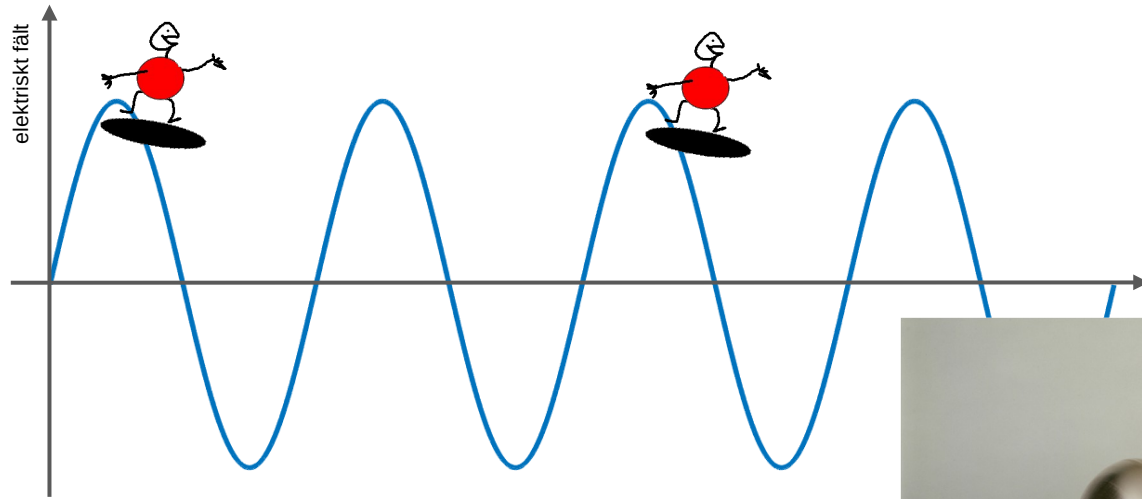
Accelerationen



Partiklarna "surfar" på elektriska vågor



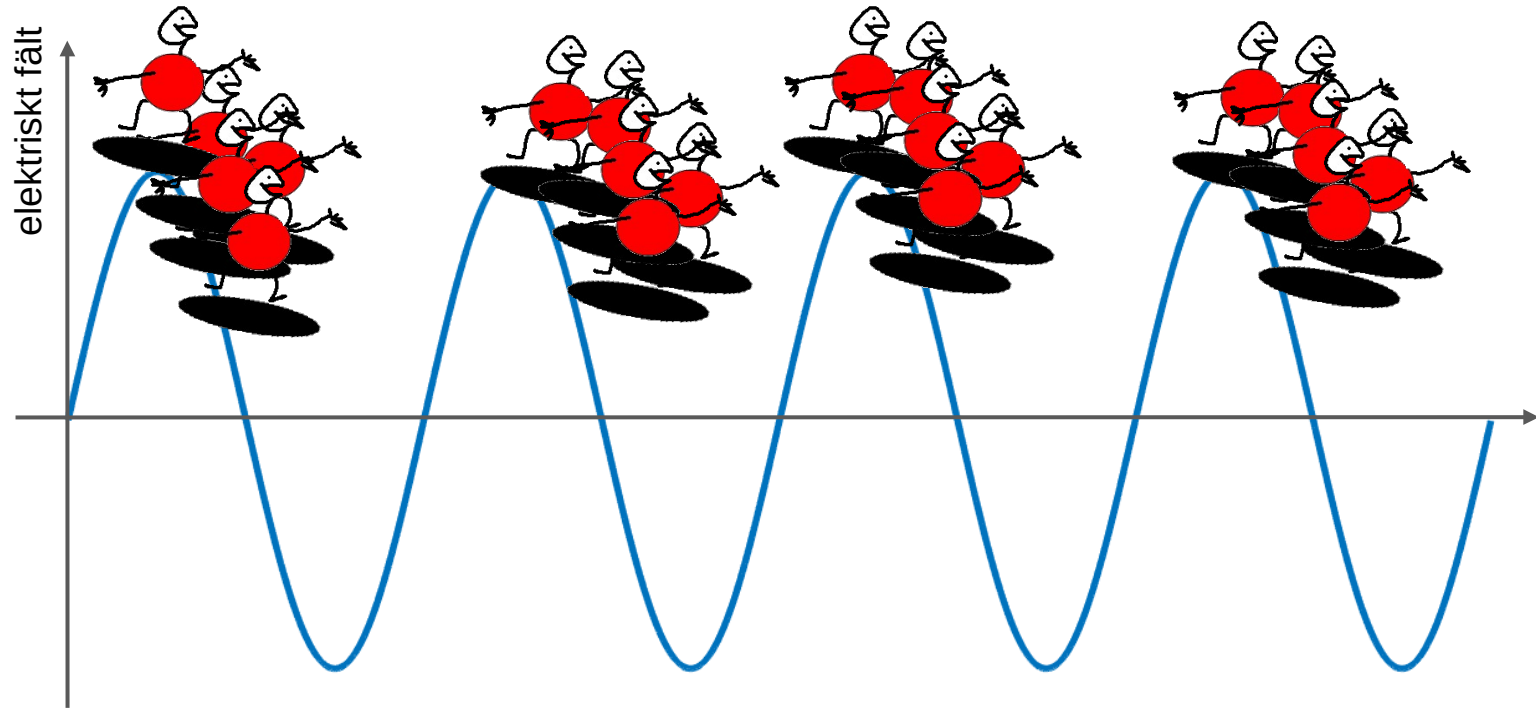
Partiklarna “surfar” på elektriska vågor



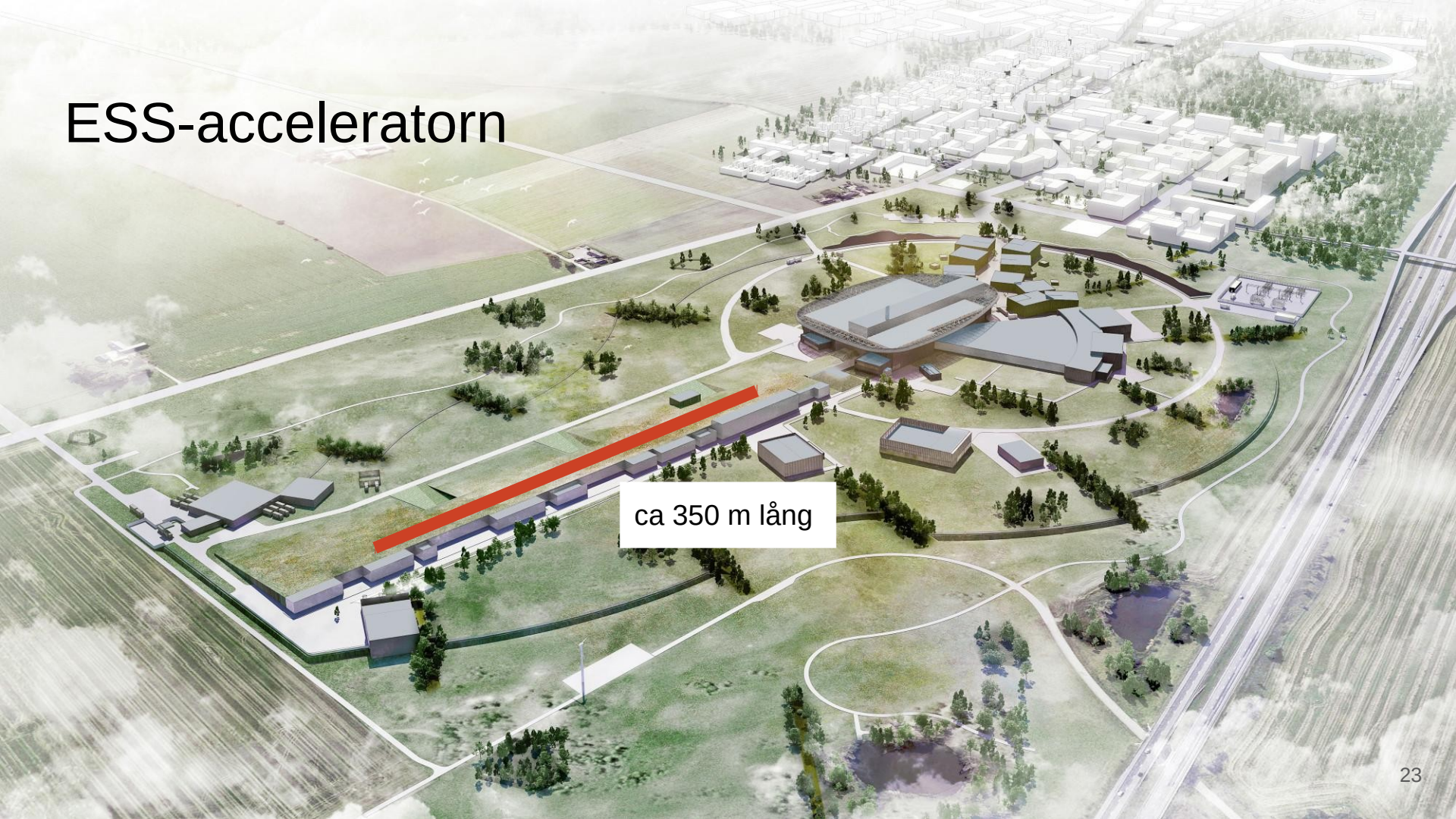
CERN-PHOTO-8004579-1



Partiklarna "surfar" på elektriska vågor

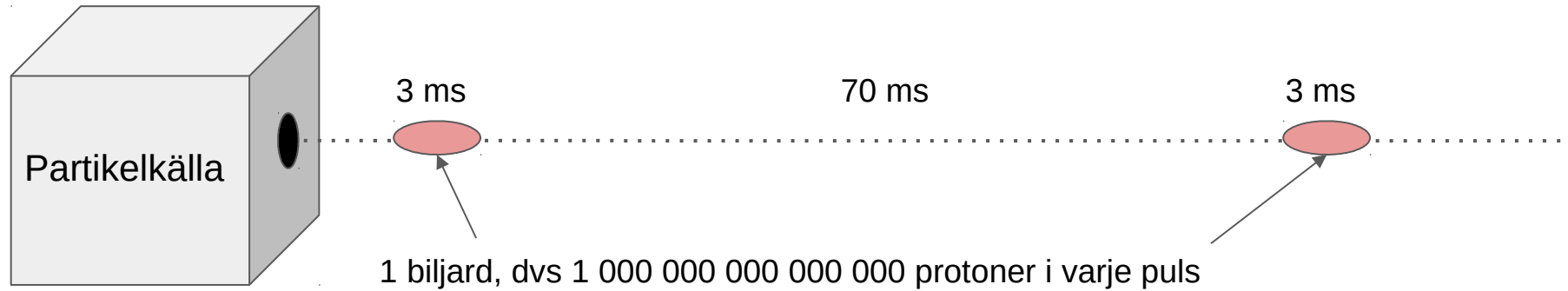


ESS-acceleratorn

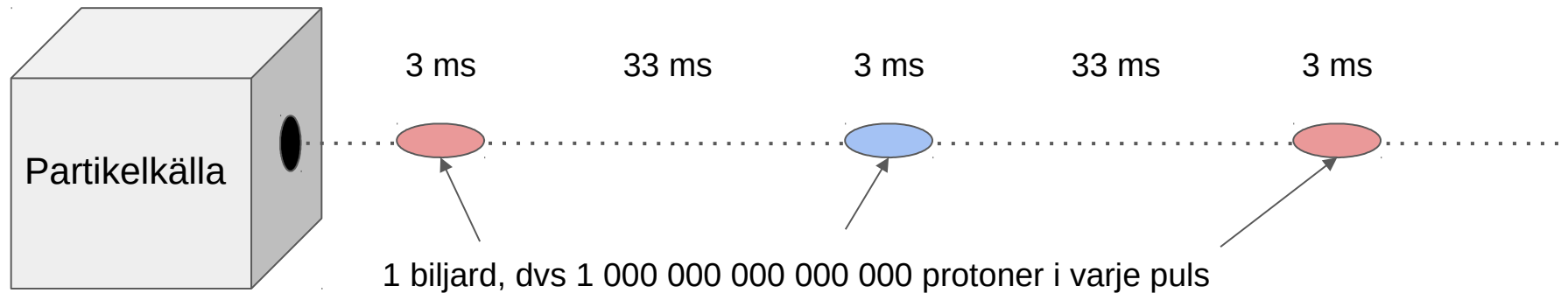


ca 350 m lång

Partiklarna kommer i pulser



Partiklarna kommer i pulser

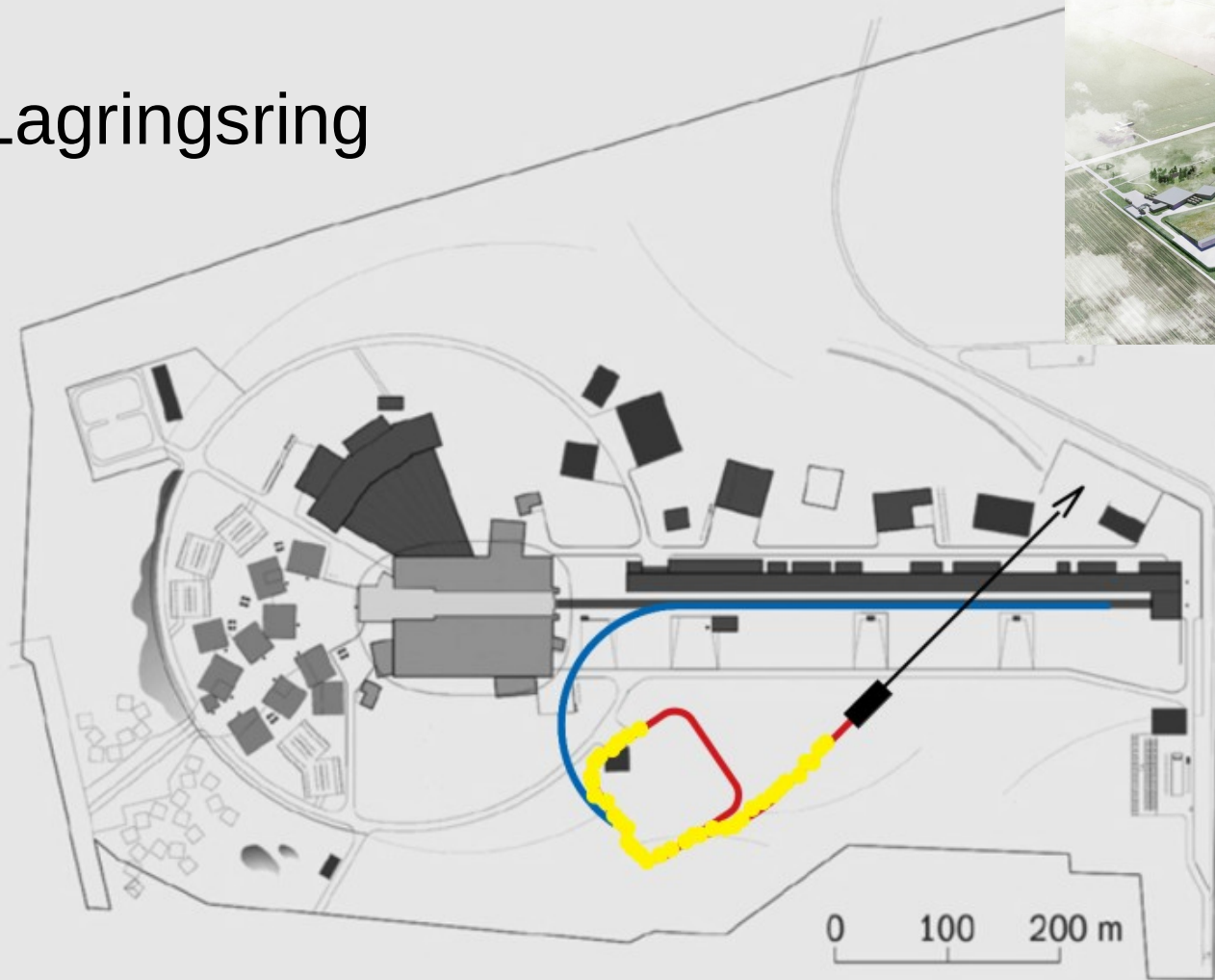
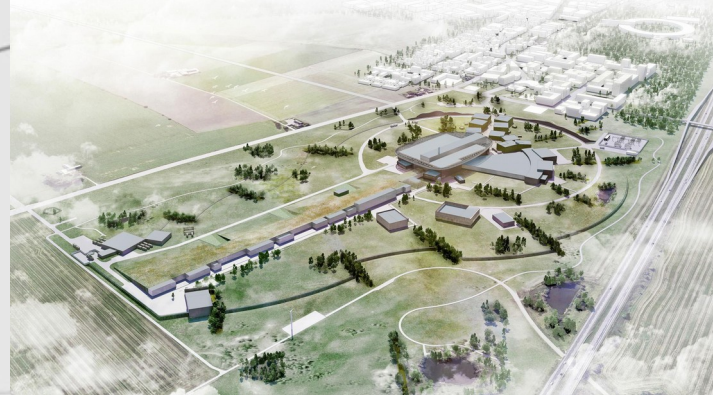


En extra partikelpuls för neutriner mellan varje puls för neutroner.

Lagringsring

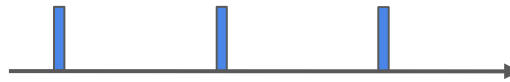


Lagringsring

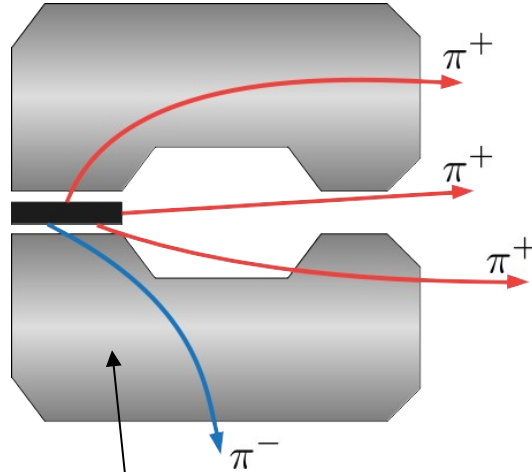


Protonerna träffar strålmålet

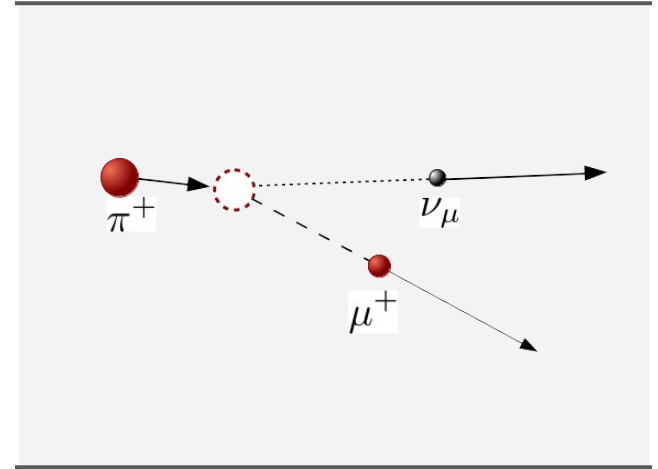
snabba protoner
i korta, täta pulser



ett strålmål
av metall



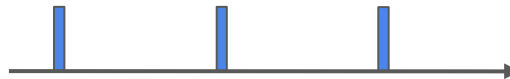
magnetfält som styr pi-
mesonerna framåt (eller
bakåt)



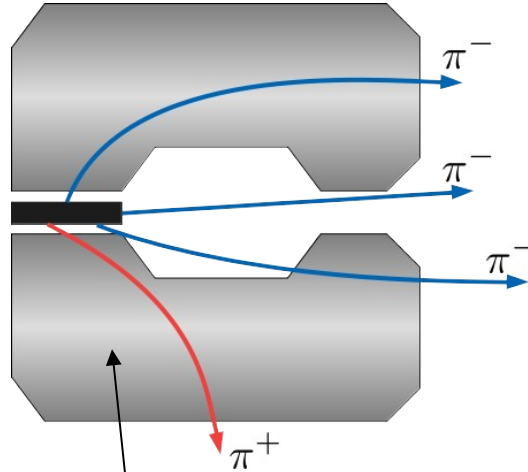
en lång tunnel där pi-
mesonerna kan sönderfalla och
skicka ut **neutriner**

Protonerna träffar strålmålet

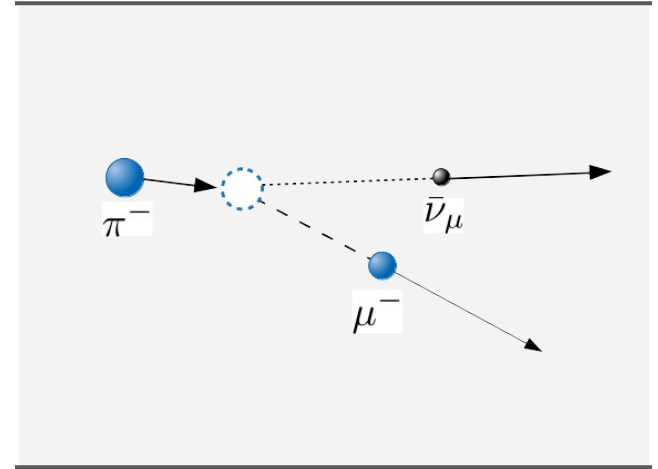
snabba protoner
i korta, täta pulser



ett strålmål
av metall



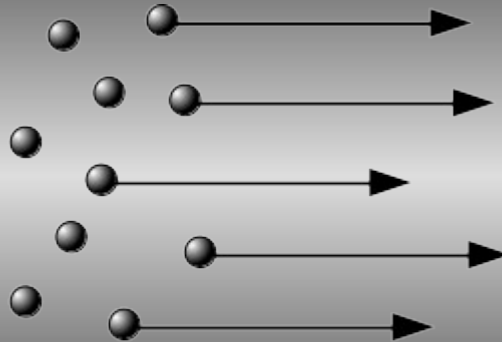
magnetfält som styr pi-
mesonerna framåt (eller
bakåt)



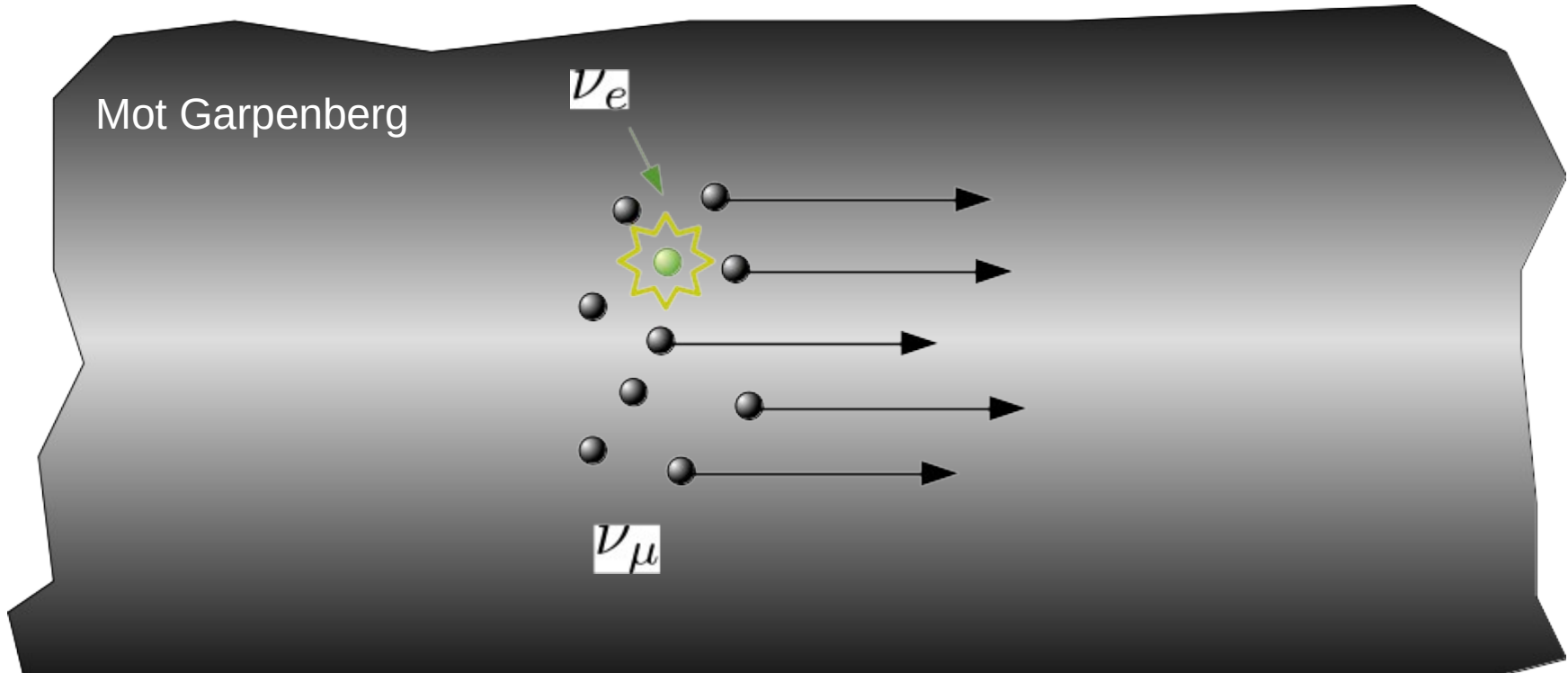
en lång tunnel där pi-
mesonerna kan sönderfalla och
skicka ut **ANTI-neutriner**

Sen händer ingenting! Eller....?

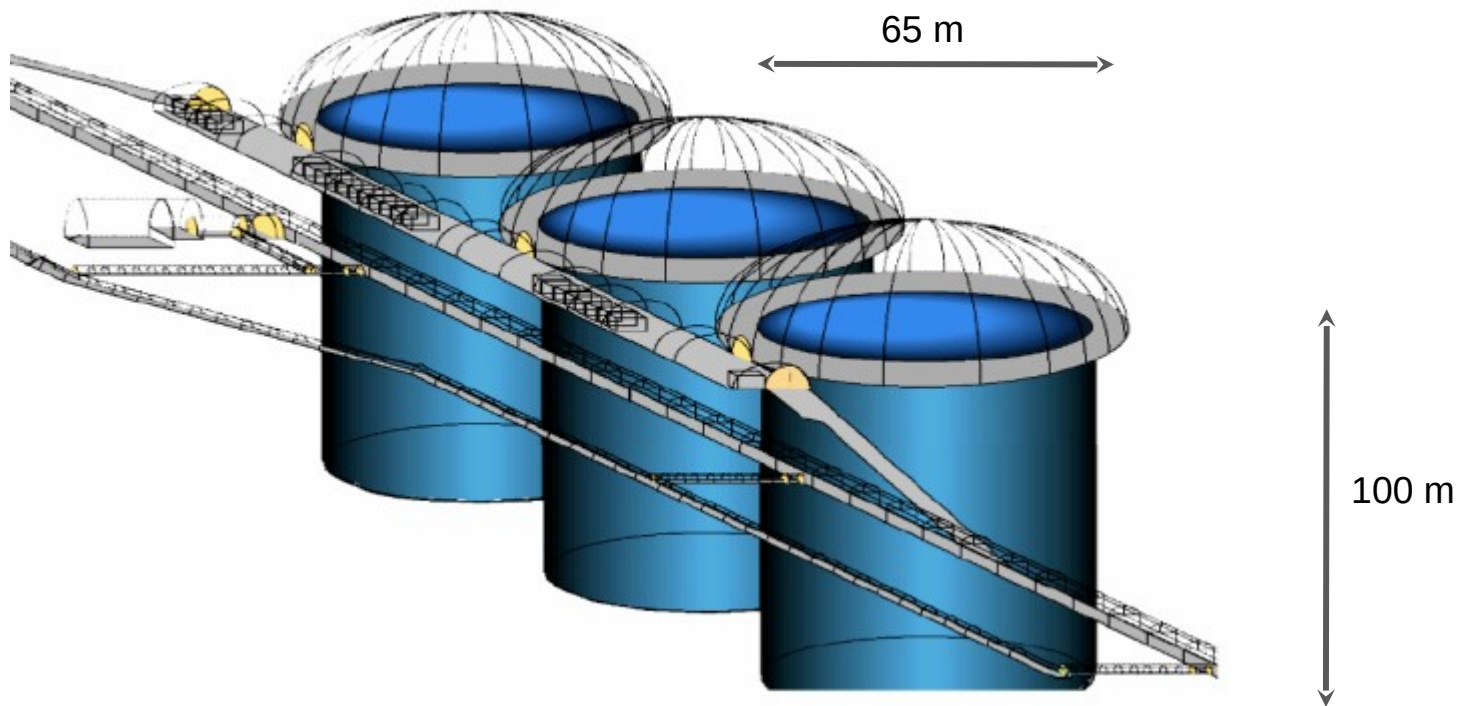
Mot Garpenberg



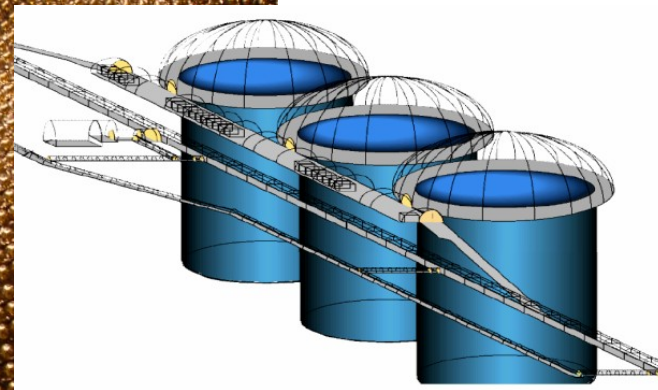
Sen händer ingenting! Eller....?



I Garpenbergs gruva



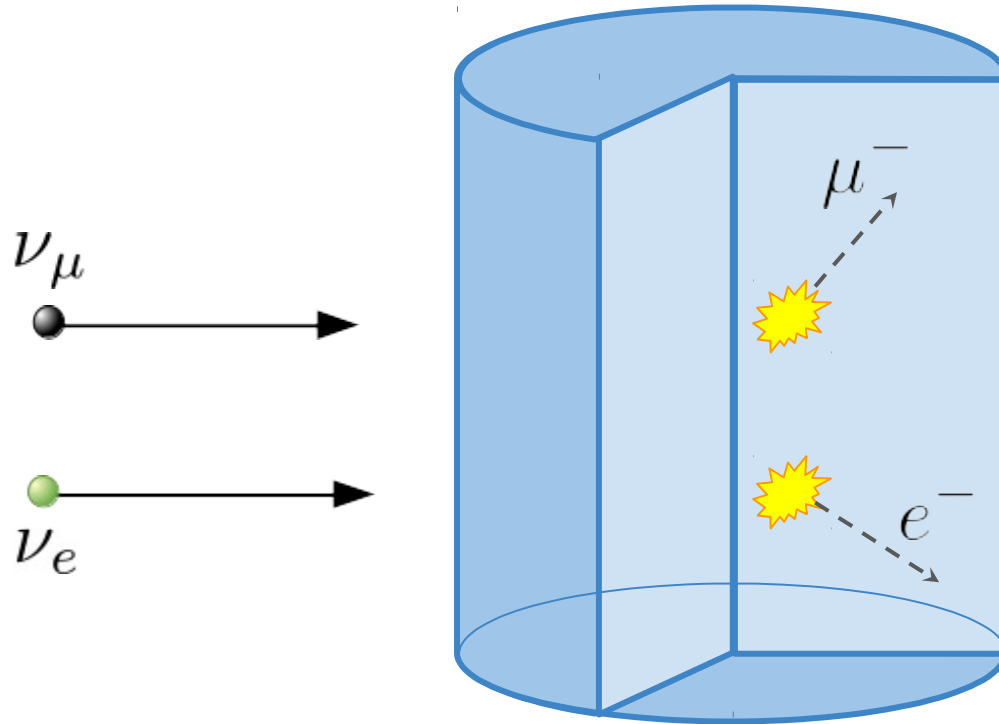
Inuti neutrinodetektorn



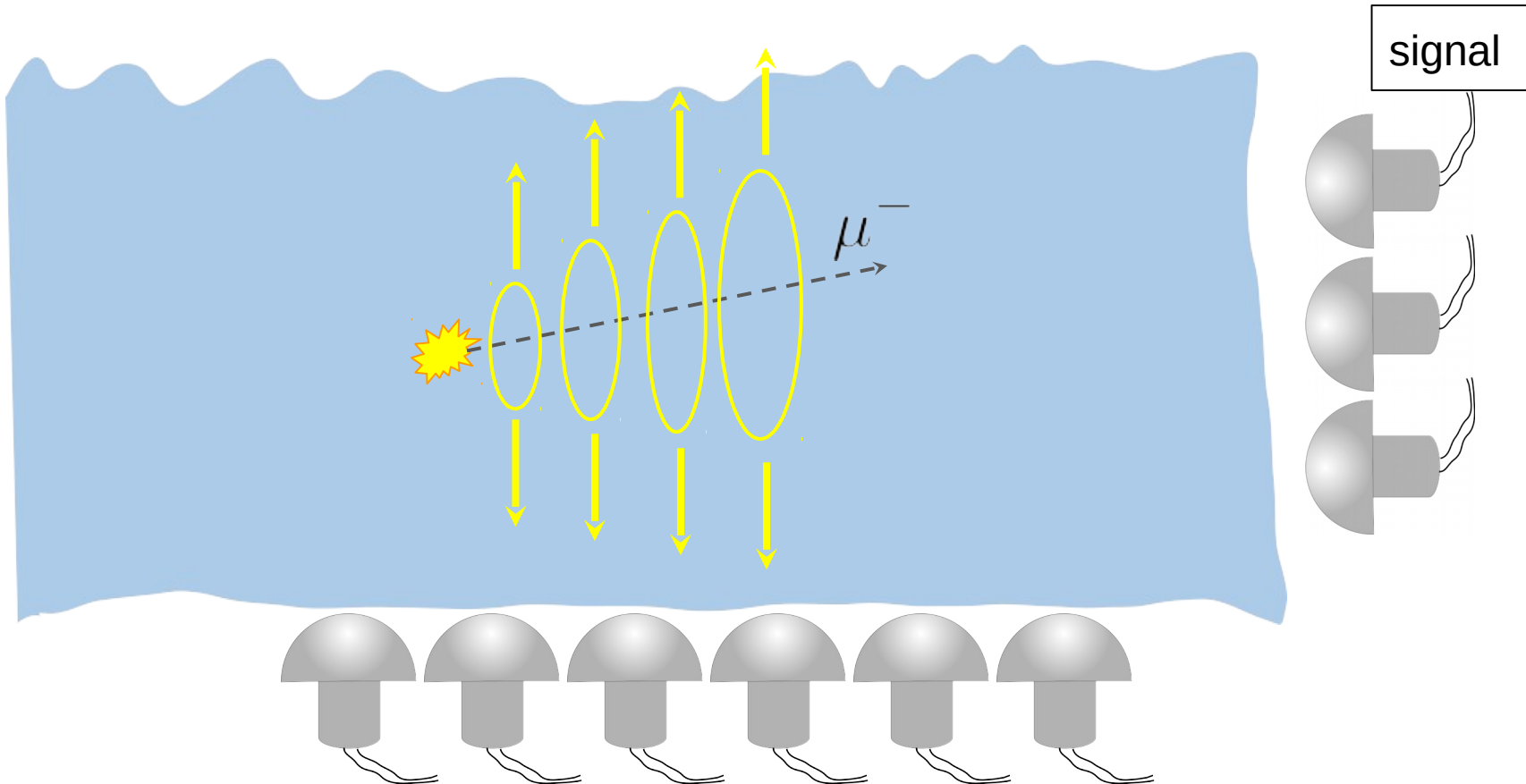
fotosensorer

vatten

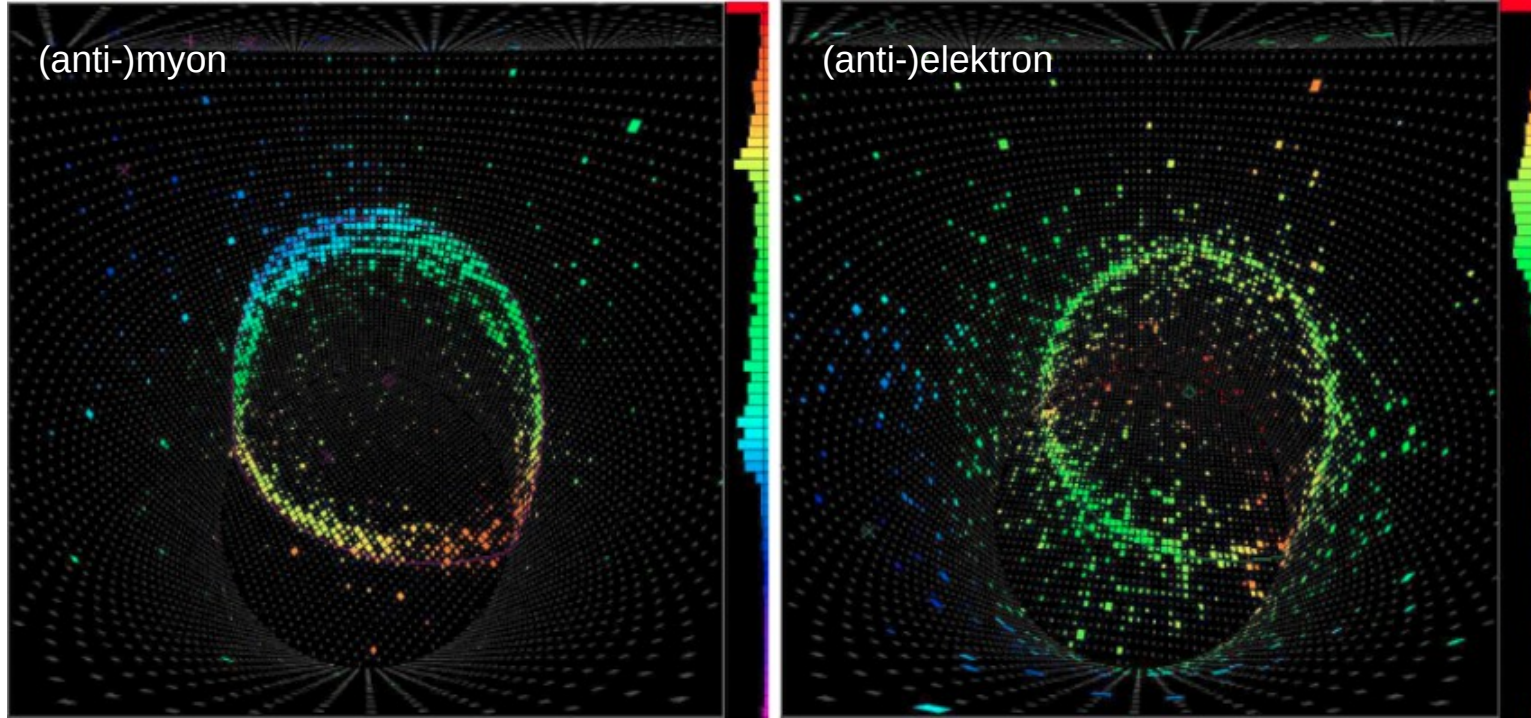
Neutrinodetektorn: Så funkar den



Neutrinodetektorn: Så funkar den

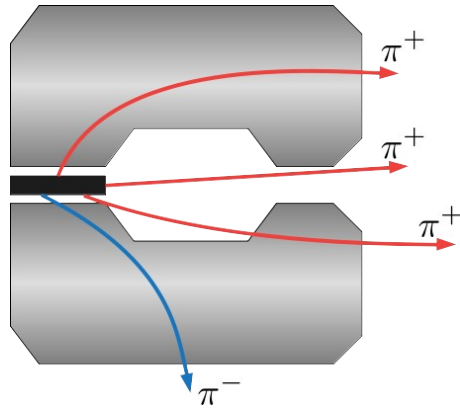


Exempel på hur det kan se ut

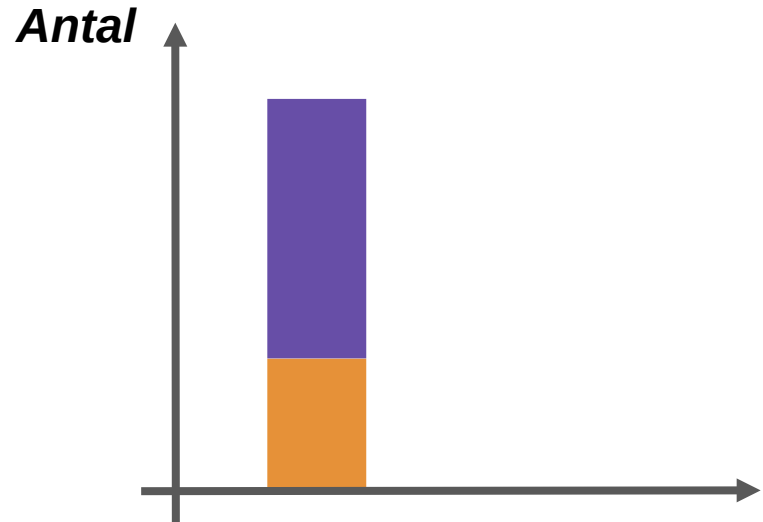


<https://arxiv.org/abs/10907.4183>

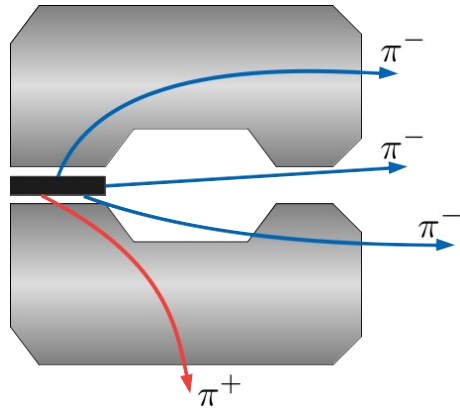
Materia Vs Antimateria



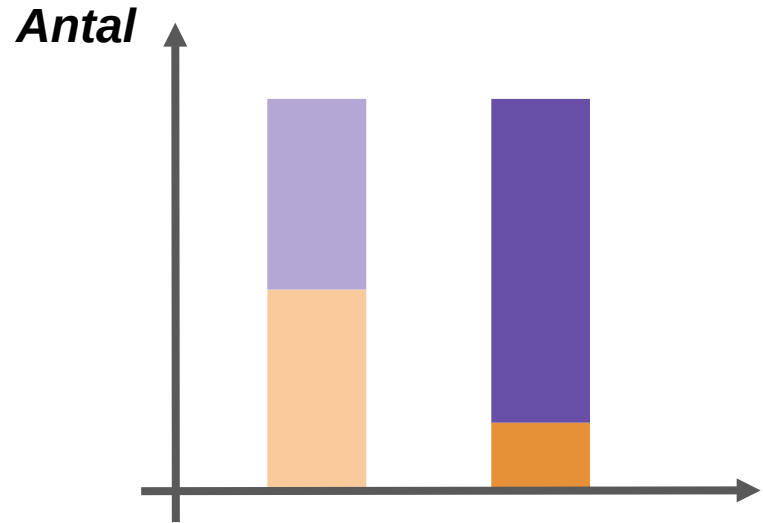
⇒ ν_μ



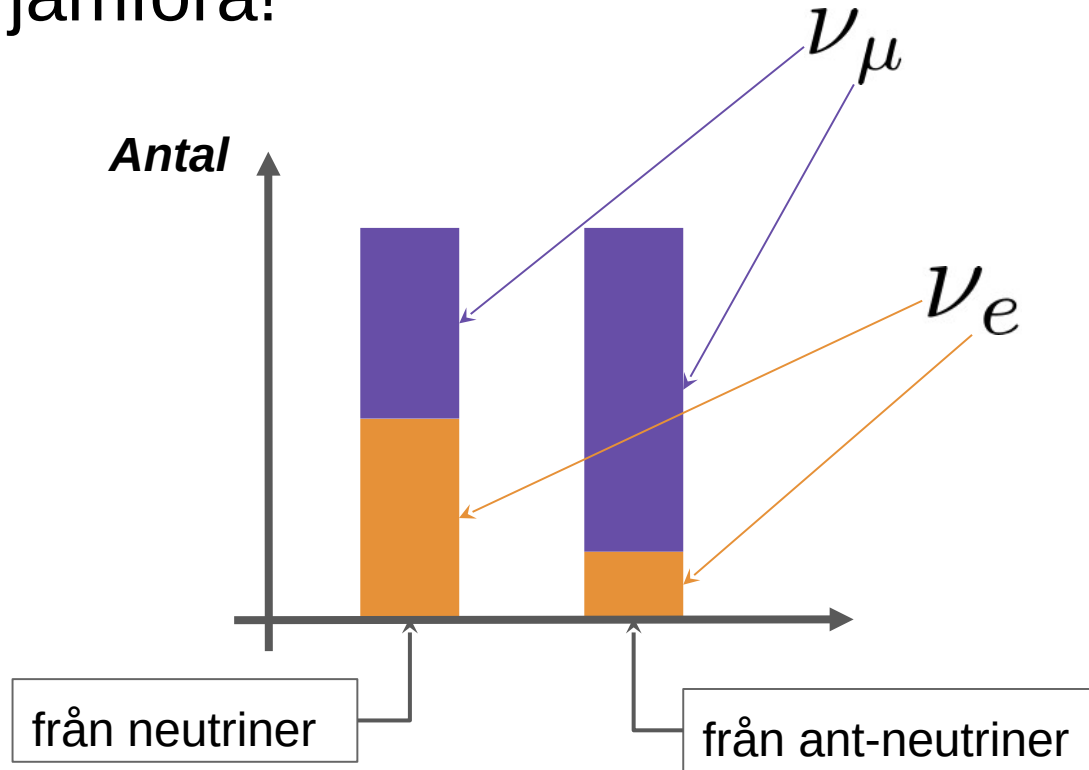
Materia Vs Antimateria



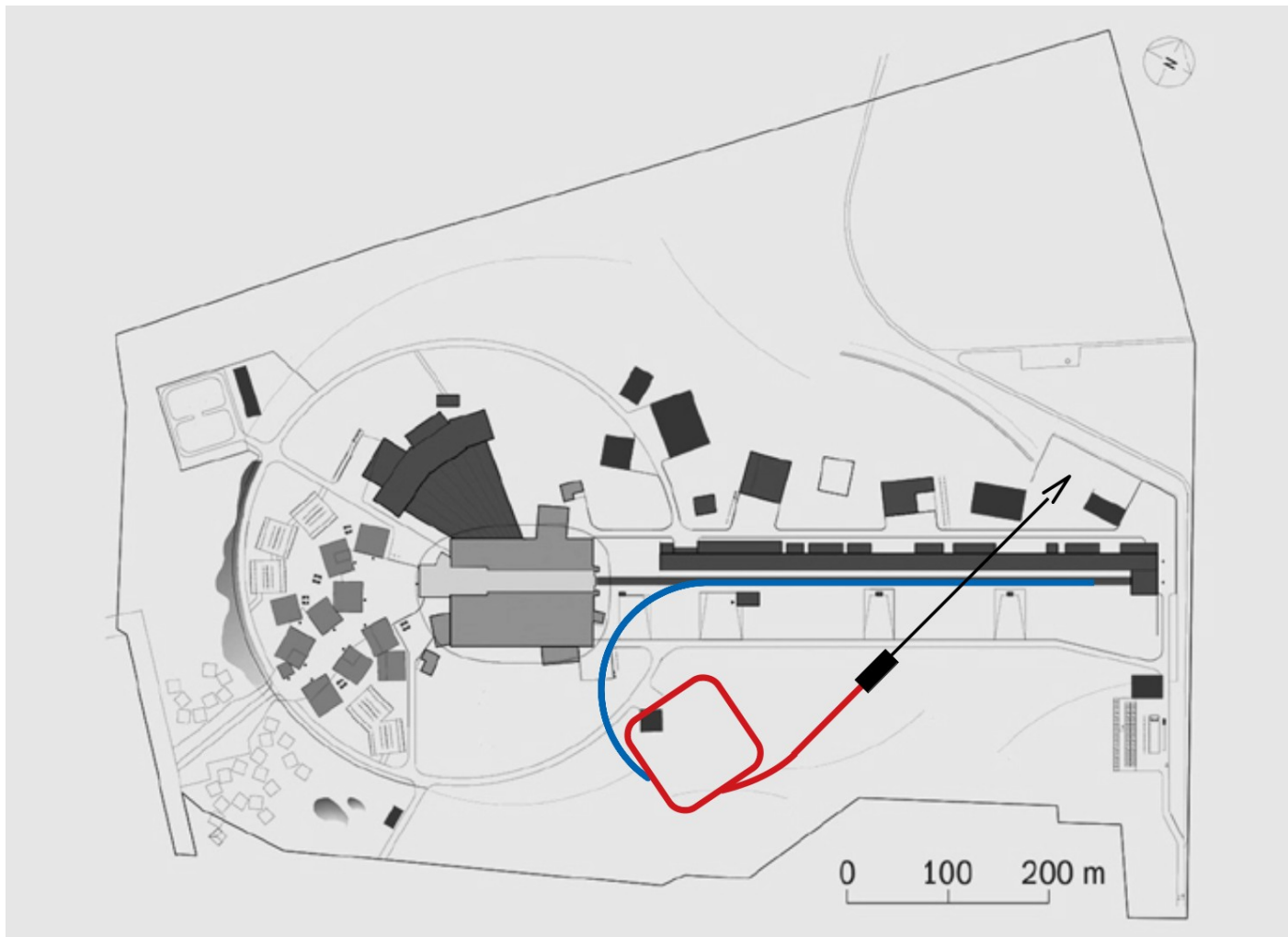
$\Rightarrow \bar{\nu}_\mu$

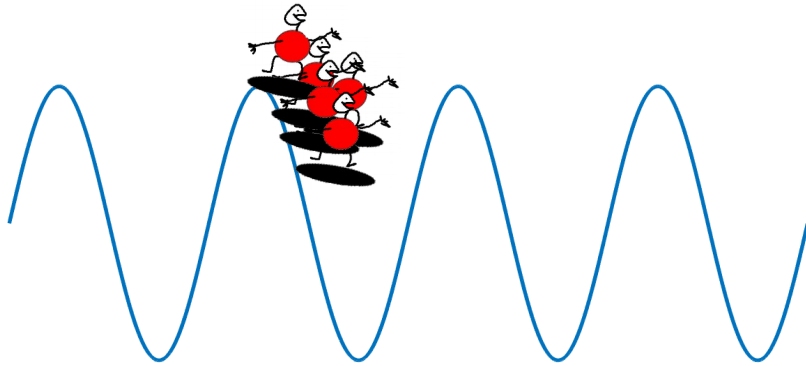


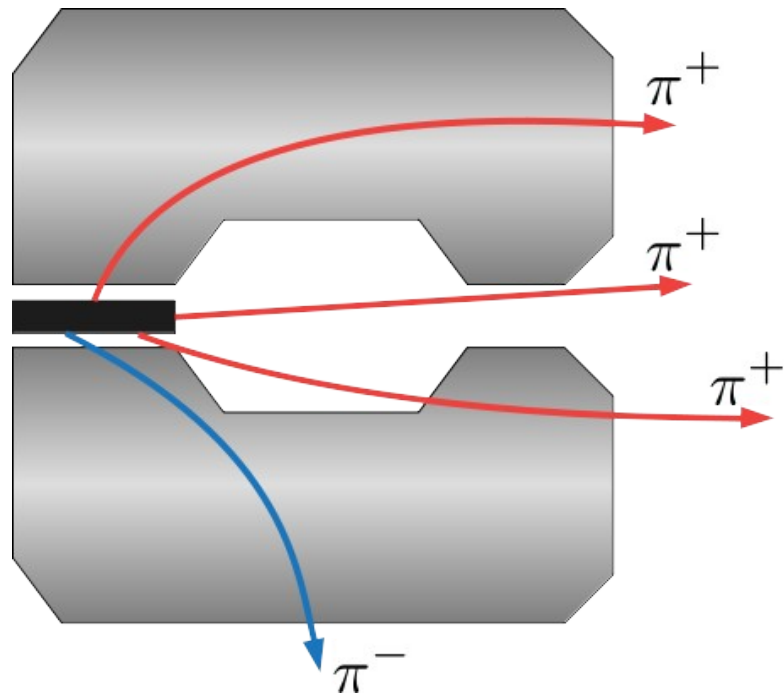
Nu kan vi jämföra!

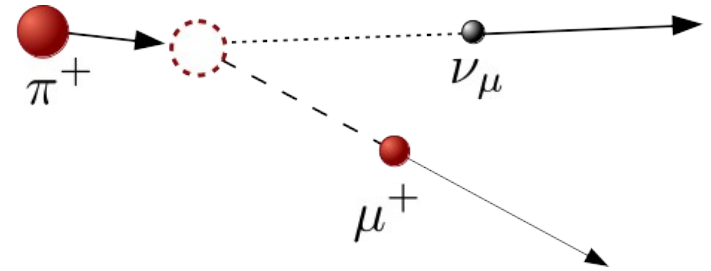
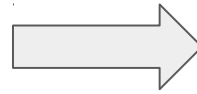
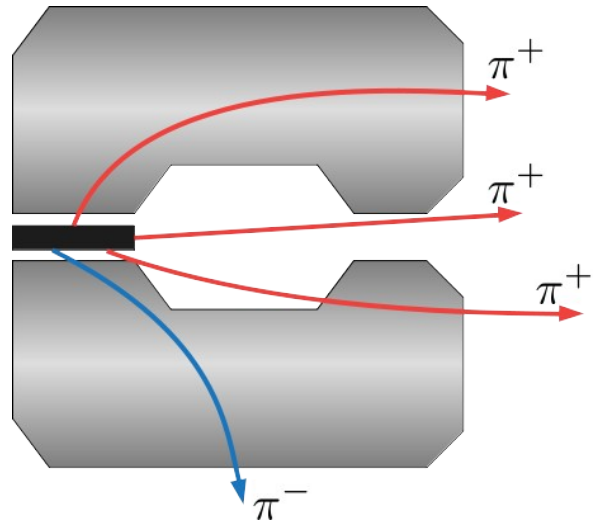


Sammanfattning



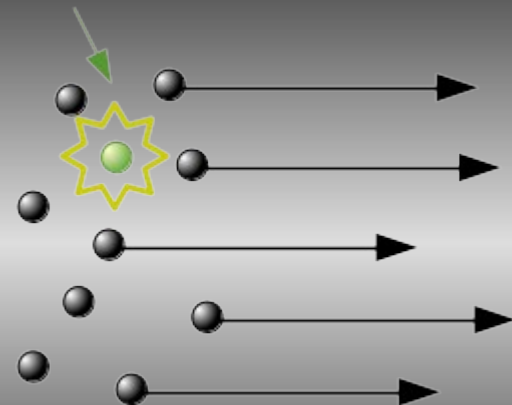




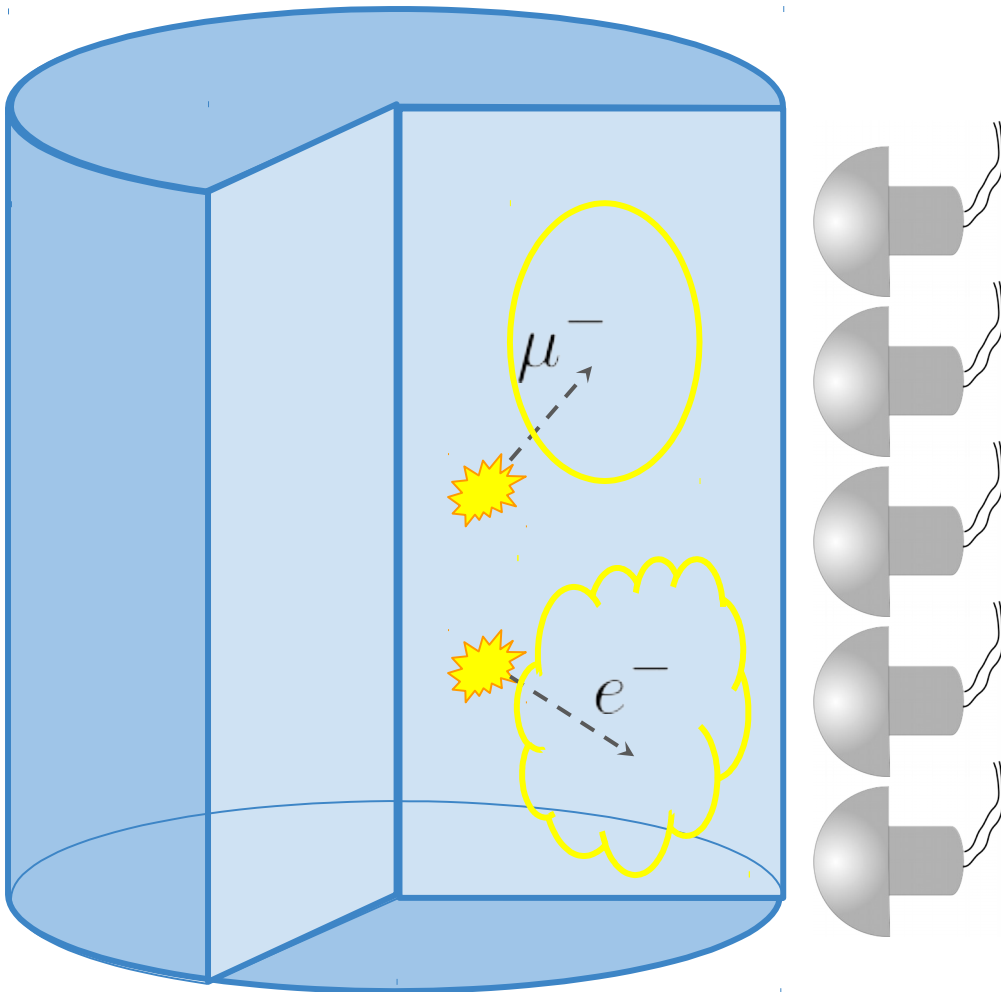
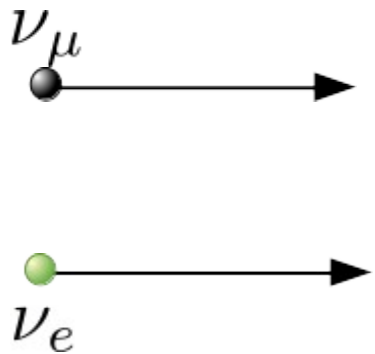


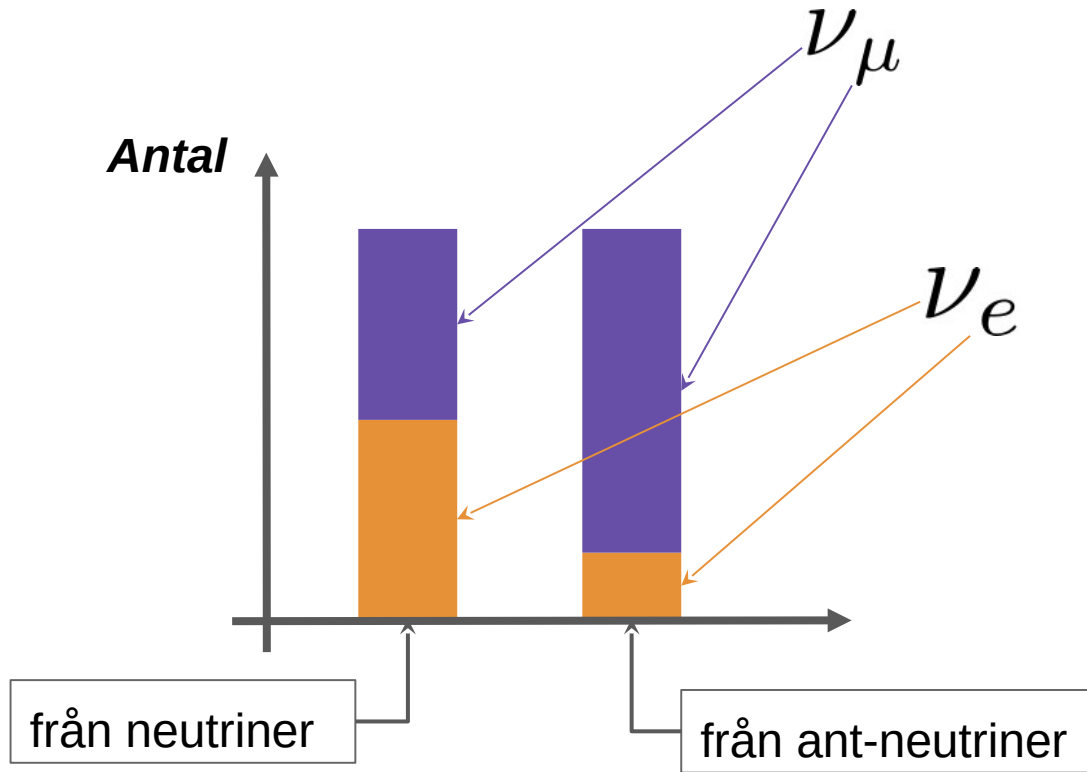
Mot Garpenberg

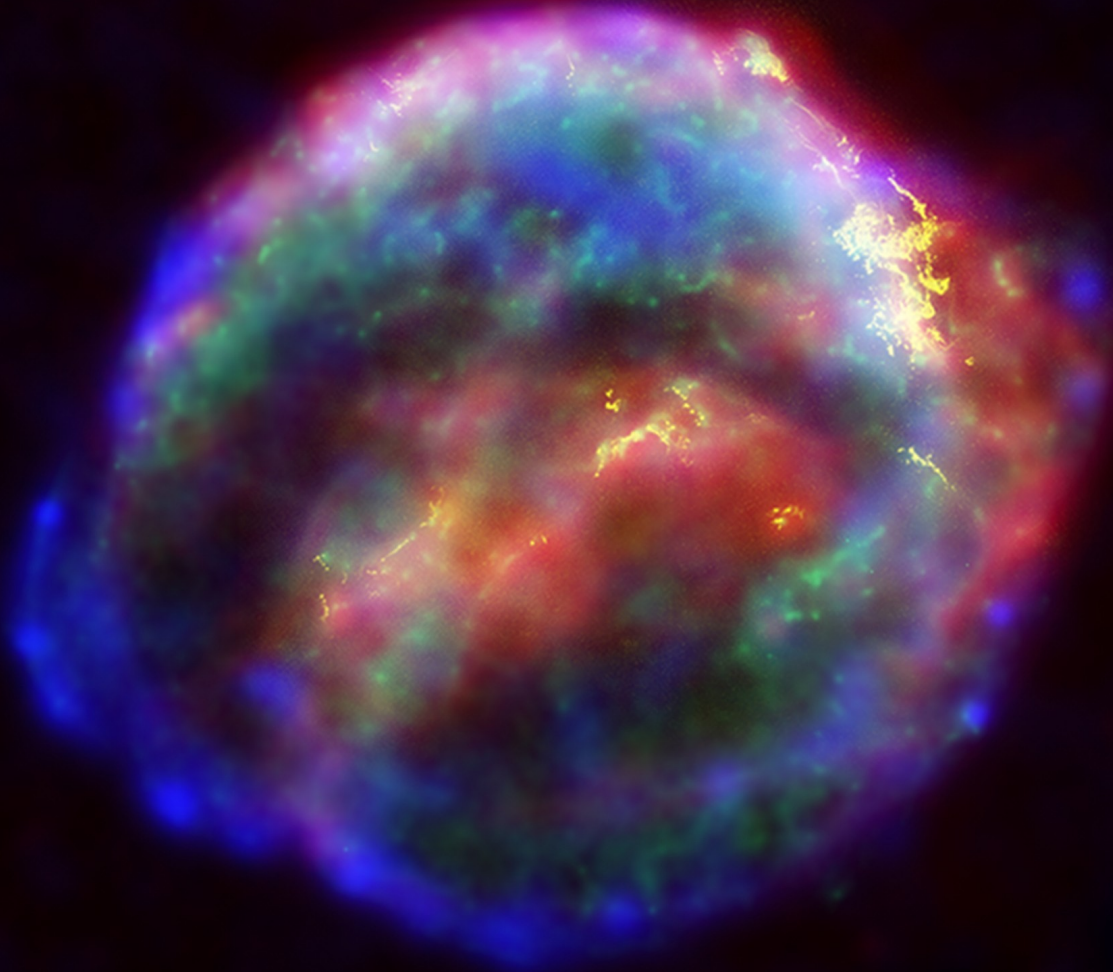
ν_e



ν_μ



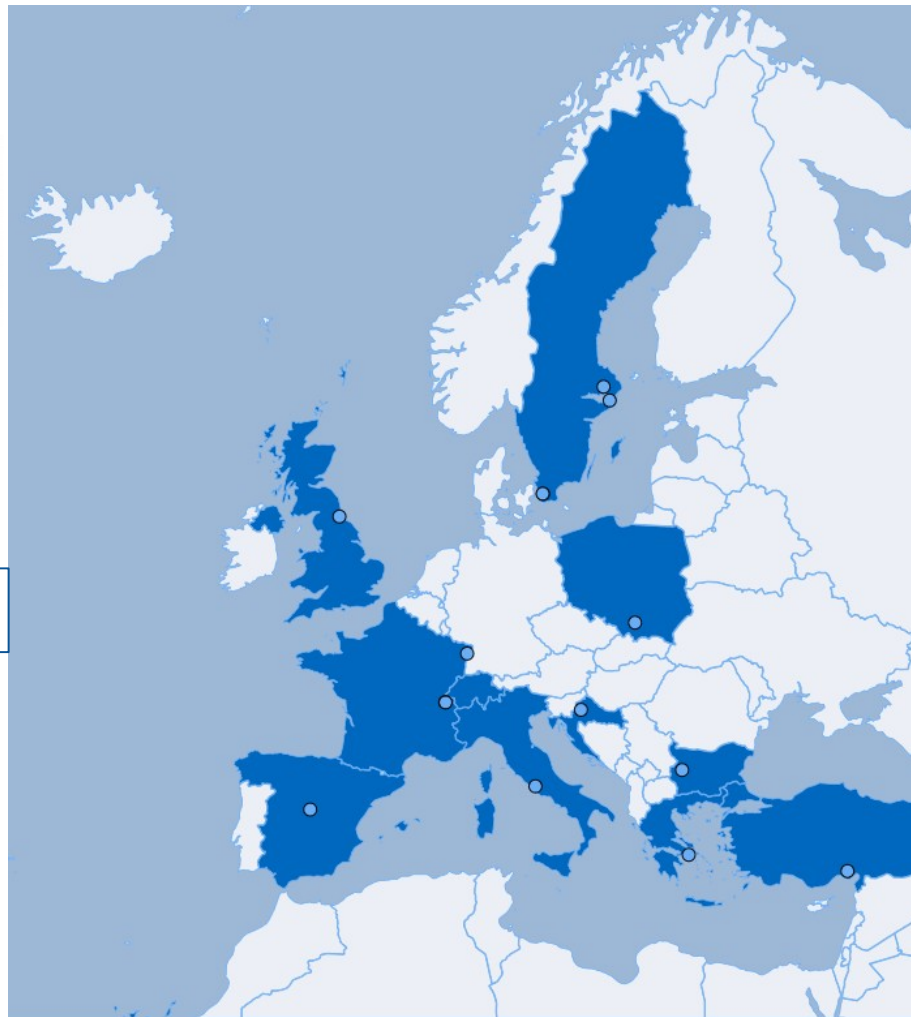




Extra

essvnb
ESS
NEUTRINO
SUPER BEAM

15 institut i 11 länder



Sökandet efter svaren på
Big Bangs gåtor
i Garpenberg



Funded by the Horizon 2020
Framework Programme of the
European Union

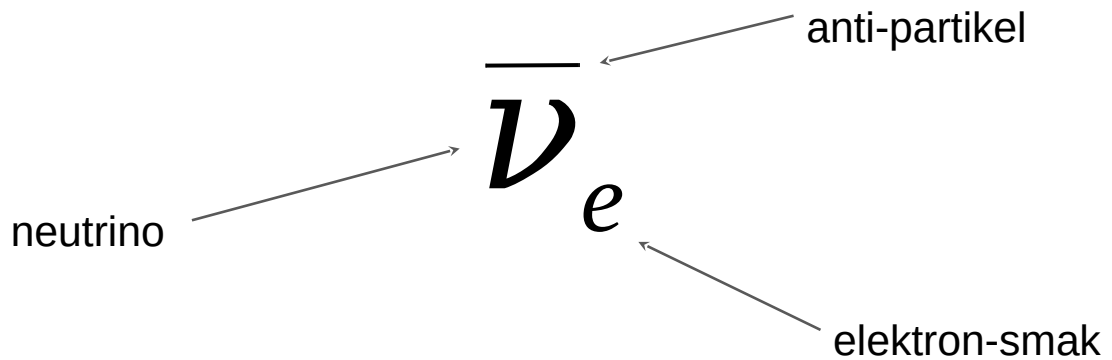


Påminnelse

- Neutriner finns i massor överallt!
- Vi är i princip genomskinliga för dem.
- De finns i tre varianter. Varje variant har en egen antipartikel.
- De kan byta identitet, oscillera.
- Vi ville veta om neutriner byter identitet i samma utsträckning som anti-neutriner.

ESSnuSB

Symbol för neutrino



Jag vill påminna er om att i partikelfysik så är vi lite lata. vi vill inte gärna skriva ut hela namnen på partiklarna varje gång vi ska behandla dem. Istället har varje partikel i vårt partikelzoo en symbol som representerar den. Tex så kännetecknar bokstaven p en proton, bokstaven n en neutron och bokstaven e en elektron. Neutrino symboliserar vi med den grekiska bokstaven ny som ni ser här. Ny är ganska lik vår bokstav v, vilket kan vara förvirrande. För att veta vilken neutrino vi anser så hänger vi på en extra liten bokstav, ett index. Här ser vi ett e vilket då betyder att det är en elektronneutrino. In5e nog med det. Det här är en anti-neutrino! En anti-elektron-neutrino. Strecket ovanför bokstaven berättar att det är en antipartikel. Nu kan vi gå vidare.

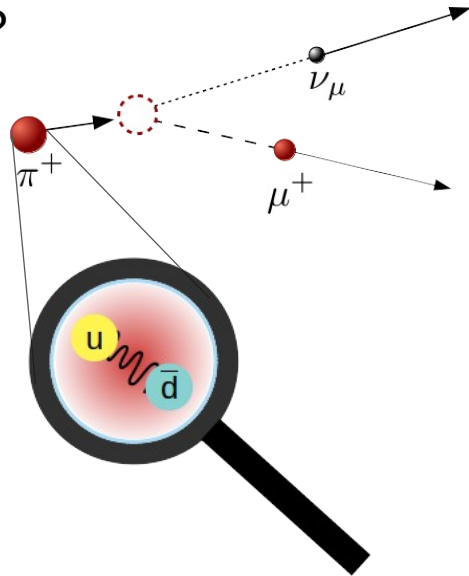
Hur kan vi skapa en “superstråle” av neutriner?

- Vi behöver många neutriner.
- Bara en sorts neutriner från början.
- Vi vill att de ska färdas i en och samma riktning.
- Vi kallar det en super-neutrino-stråle.

Eftersom neutriner så sällan pratar med oss behöver vi alltså en himla massa neutriner eftersom vi måste kunna urskilja “våra! neutriner från alla de miljarder neutriner som kommer från solen och rymden. Vi vill också att det ska vara bara en sorts neutriner. Vi har valt att börja med myonneutriner eftersom de är förhållandevis lätta att skapa. Alltså vill vi ha en himla mass myonneutriner, som sedan kan oscillera till elektronneutriner eller i sällsynta fall tau-neutriner. Men vi vill inte bilda en massa neutriner som bara går åt alla håll, utan vi vill att de ska gå så rakt fram som möjligt. Alltså utgör neutrinerna nåt slags partikelstråle. Vi kallar det en super neutrino stråle, precis som i namnet på vårt projekt: neutrino super beam. Nu ska vi gå in på hur vi skapar denna stråle.

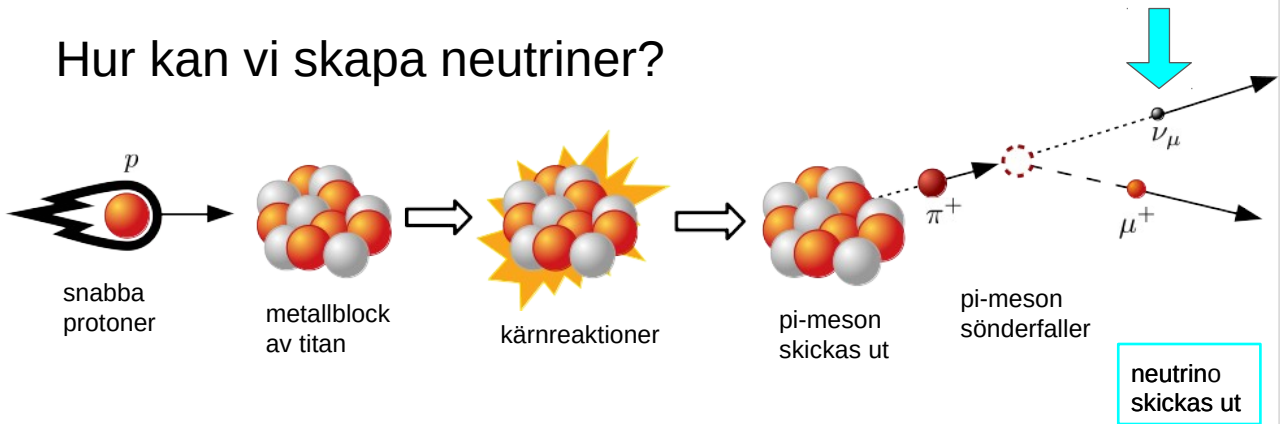
Hur kan vi skapa neutriner?

- Neutriner bildas i sönderfall av kortlivade partiklar.
- Vi använder så kallade pioner, eller pi-mesoner.
- Pi-mesonen består av två kvarkar.



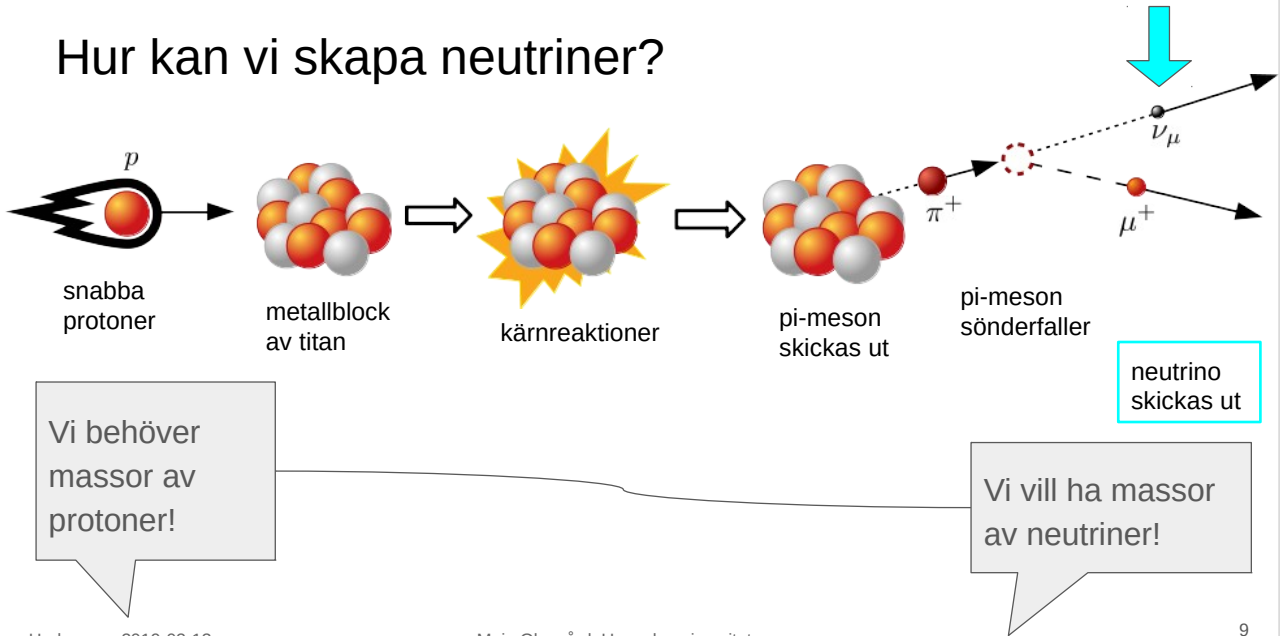
Ni kommer kanske ihåg att jag berättade att neutriner skickas ut när vissa partiklar sönderfaller. En sån partikel är den vi kallar pi-partikeln, eller pionen. Pionen lever i genomsnitt i under 26 ns efter att den producerats, dvs 26 miljarddelar av en sekund. Det är en ganska kort livstid. Men, okej, nu har jag tagit det här lite baklänges: Neutrinen skickas ut när pionen sönderfaller. Men hur bildas pionen?

Hur kan vi skapa neutriner?



Jo, den skapar vi genom att ta väldigt väldigt snabba protoner. Nästan ljusets hastighet. Vi låter de snabba protonerna tränga in i ett metallblock. Där så kommer protonerna krocka med atomkärnor i blocket. Och när dessa krockar sker så sker det kärnreaktioner som leder till att pioner och lite andra partiklar skickas ut från kärnan. Innan pionerna sönderfaller ser vi till att de går i den riktning vi vill att den ska gå så att neutrinen som skickas ut vid sönderfallet går i den riktning vi vill. Vissa neutriner kommer gå åt lite andra håll, men vi kan göra vårt bästa för att fokusera pionerna så att så många neutriner som möjligt går åt rätt håll.

Hur kan vi skapa neutriner?



Hedemora, 2019-02-13

Maja Olvegård, Uppsala universitet

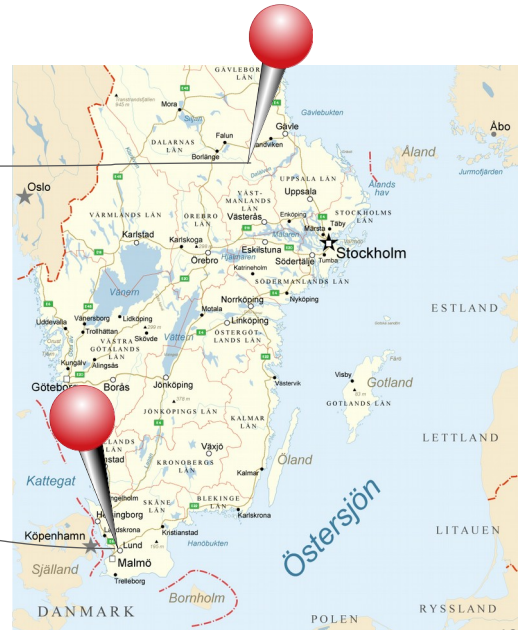
9

Vi behöver massor av neutriner. Alltså behöver vi massor av protoner! Massor av väldigt snabba protoner! Var kan vi hitta dessa?

Varifrån hämtar vi protonerna?

Garpenberg

Lund



Hedemora, 2019-02-13

Maja Olevgård, Uppsala universitet Koyos [Public domain], via Wikimedia Commons

10

Jo, vi måste vända oss söderut, till Lund i Skåne. Där är det något väldigt speciellt i görningen.

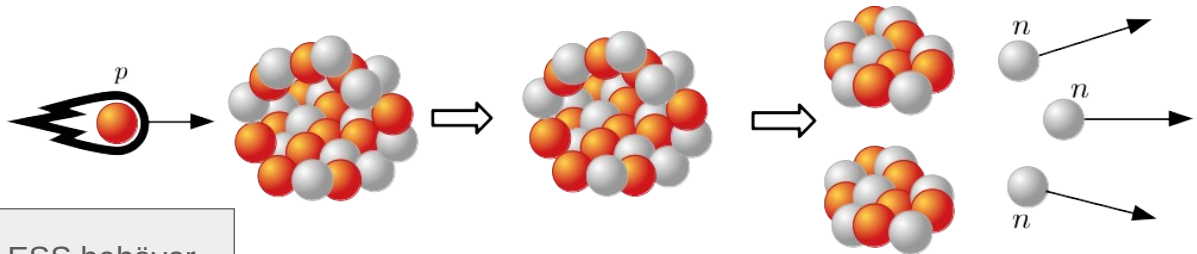
Varifrån hämtar vi protonerna?



Ni har säkert hört talas om LHC och ett ställe som heter CERN? Ni har säkert hört att de har partikelacceleratorer där som krockar snabba partiklar med varandra så att det bildas nya spännande partiklar som vi kan upptäcka med stora detektorer som omsluter kollisionspunkten.

Men vad jag hoppas att ni också vet är att vi faktiskt har partikelacceleratorer även här i Sverige. De flesta är små och används i forskning eller på sjukhus, men det finns två ganska stora acceleratorer: en som redan är byggd och heter MAX-IV. En som håller på att byggas som heter ESS. Båda ligger i utkanten av Lund. MAX IV accelererar elektroner till väldigt höga hastigheter. Dessa använder man sen för att producera ljus och röntgenstrålar. Tyvärr hinner vi inte prata mer om det idag. Men ESS, när den är färdig, kommer att accelerera protoner. Väldigt många protoner, faktiskt flest i hela världen vilket ju är precis vad vi är ute efter.!

ESS: En neutronkälla

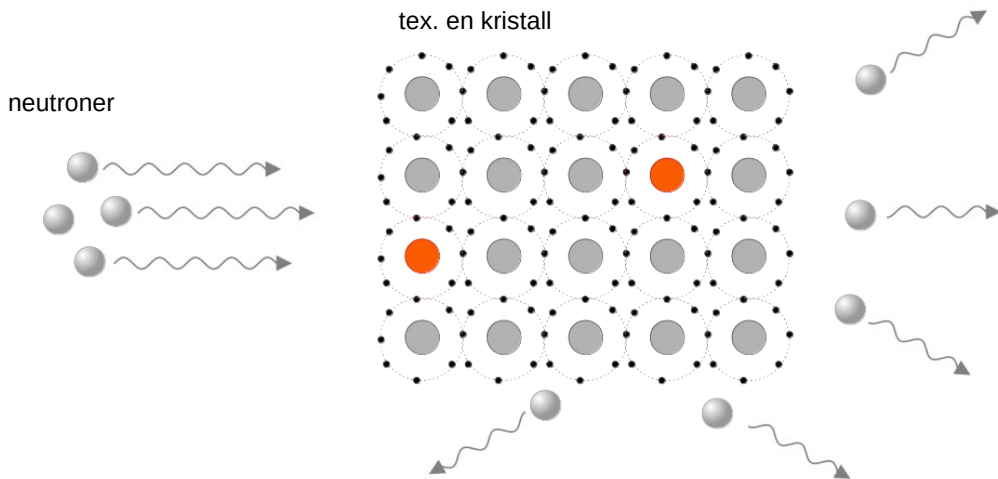


ESS behöver massor av protoner!

ESS vill ha massor av neutroner!

Men ESS byggs tyvärr inte för att producera neutriner utan för att producera neutroner. ESS står för European Spallation Source: Europeiska spallationskällan. Spallation är just ett sätt att producera neutroner som går till ungefär såhär: Vi tar en massor snabba protoner, en partikelstråle, och skjuter dem på ett metallblock. Protonerna kommer tränga in i blocket och ända in i atomkärnorna i blocket. När de gör det så blir atomkärnorna exciterade, dvs de får ett överskott av energi. Till slut delar kärnorna på sig och släpper samtidigt ut en del av de neutroner som fanns i kärnan. Det är de här neutronerna ESS vill ha.

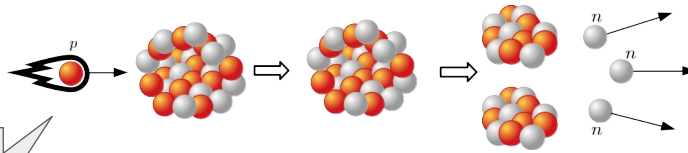
Neutronspridning vid ESS



Till vad då? Jo, neutroner kan användas lite som ljus. Om vi vill undersöka något väldigt noga så kan vi tex lysa en stark lampa på det och kanske ta fram ett förstoringsglas. Men om föremålet inte är genomskinligt så kan vi ju inte se vad som händer inuti. Därför använder vi neutroner. Neutronerna kan tränga in i föremålet och studsas mot atomkärnorna där. Om vi sätter en rad neutrontektorer runt föremålet och tittar var neutronerna hamnar efter att de passerat igenom så kan vi räkna baklänges och dra slutsatser om hur föremålet såg ut, eller rättare sagt, hur atomkärnorna sitter ihop inuti föremålet. Alltså används neutroner för att studera materiens inre. Och det är därför ESS byggs. Det finns mycket som vi vill förstå bättre: Tex hur proteiner i kroppen ser ut och bildas, hur man kan bygga bra solceller och batterier mm.

Nu tillbaka till neutronerna:

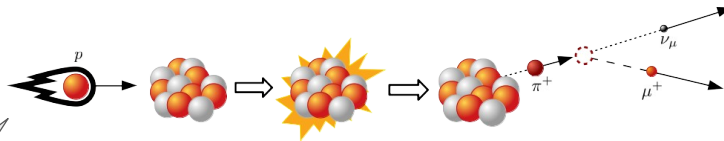
ESS



ESS behöver massor av protoner!

ESS vill ha massor av **neutroner!**

ESSnuSB

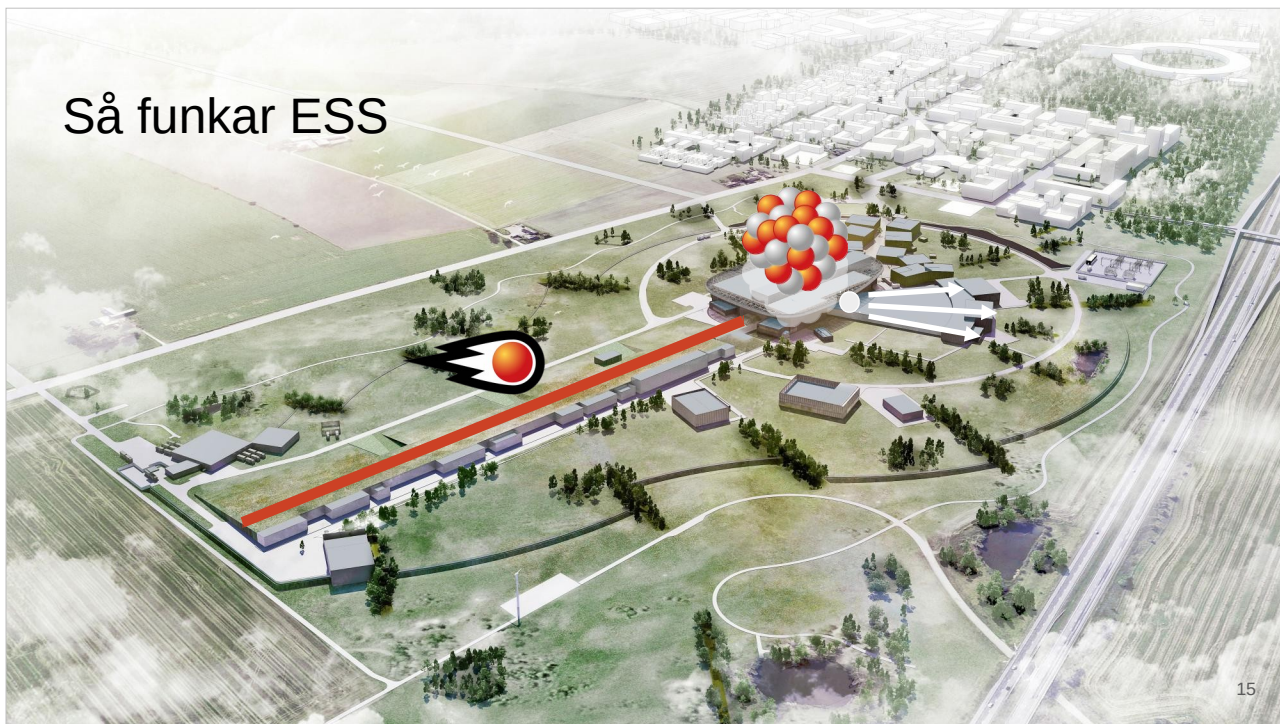


Vi behöver massor av protoner!

Vi vill ha massor av **neutriner!**

Ni kanske kände igen bilden för hur neutronproduktion fungerar? Jo, precis. Grunden till neutron och neutrinproduktion är densamma. Vi behöver båda en massa snabba protoner. Och vi vill utnyttja just det: att ESS redan är på väg att byggas. Vi vill nämligen låna en del av ESS protoner för vår egen del.

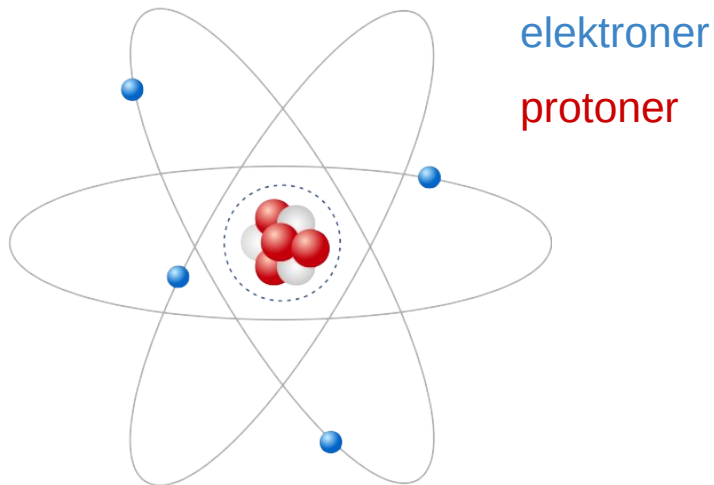
Så funkar ESS



15

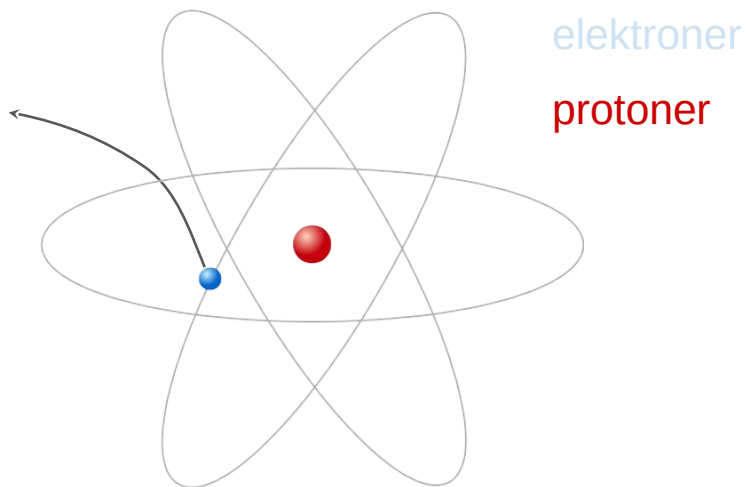
Nu tänkte jag berätta lite om hur vi får till de där snabba protonerna. Det sker nämligen i en partikelaccelerator.

En partikelaccelerator: Så funkar det



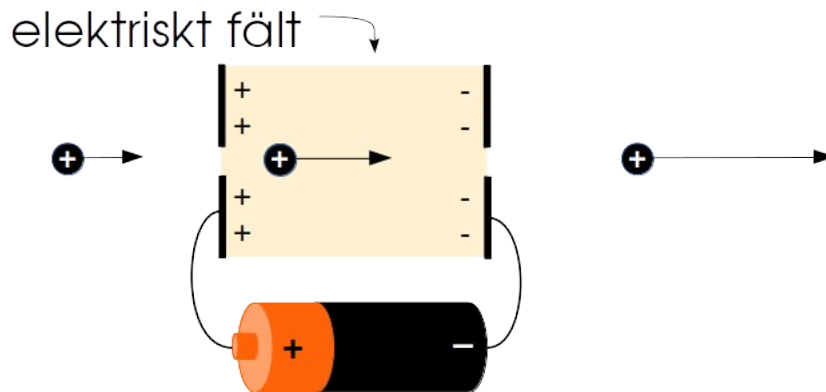
En partikelaccelerator är något så enkelt som namnet antyder: Det är en maskin som accelererar partiklar. Vilka partiklar? Ja, det beror lite på vad vi är ute efter. Ofta använder man vanliga partiklar som man kan plocka direkt från vanliga atomer, dvs elektroner eller protoner. Kan man använda neutroner? Nej, det kan man inte och jag ska förklara varför strax.

Partiklar till partikelacceleratorn



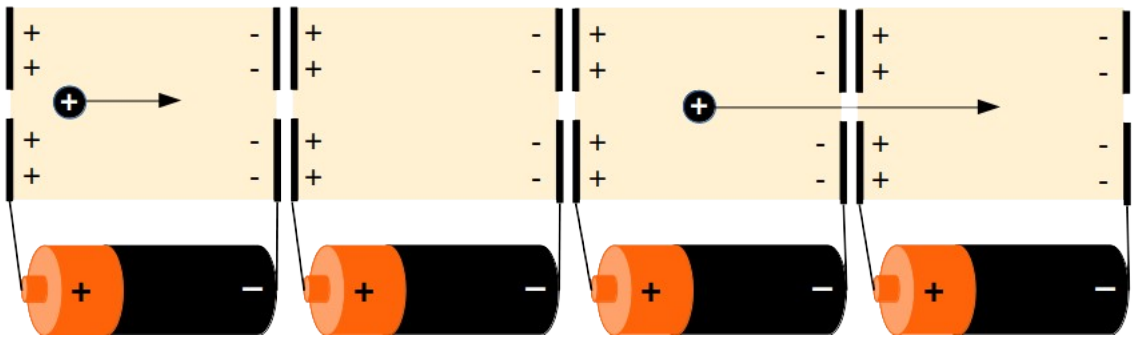
Vi behöver protoner för att kunna producera det vi vill ha. Alltså väljer vi en väteatom som består av en proton och en elektron. Sen ser vi till att elektronen flyger sin kos och kvar har vi protonen.
Nu vill vi accelerera protonen.

Accelerationen



Tänk er att vi har vår proton. Föreställ er också att vi har två metallplattor en bit ifrån varandra. Vi kopplar ett batteri till plattorna så att den ena plattan blir positivt laddad och den andra negativt laddad. Om vi då placerar protonen nära den positivt laddade plattan så kommer den att repelleras och attraheras va andra sidan. Med andra ord har vi ett elektriskt fält mellan plattorna och det elektriska fältet utövar en kraft på protonen. Den kraften ger upphov till en acceleration. Alltså har vi en proton som är snabbare än när vi började.

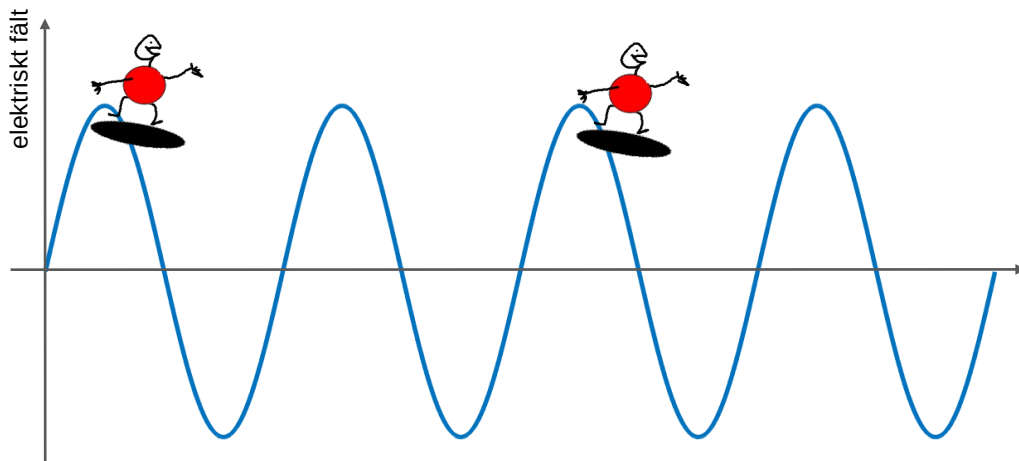
Accelerationen



Nu kan vi föreställa oss att vi placerar många såna batteristeg efter varandra och gör ett litet hål där protonen kan smyga igenom. För varje sådant steg får nu protonen en liten knuff. På så sätt skulle vi kunna accelerera protonen från vila till hög hastighet. I teorin kan vi bara stapla fler och fler batteristeg efter varandra för att nå den fart eller energi vi vill ha.

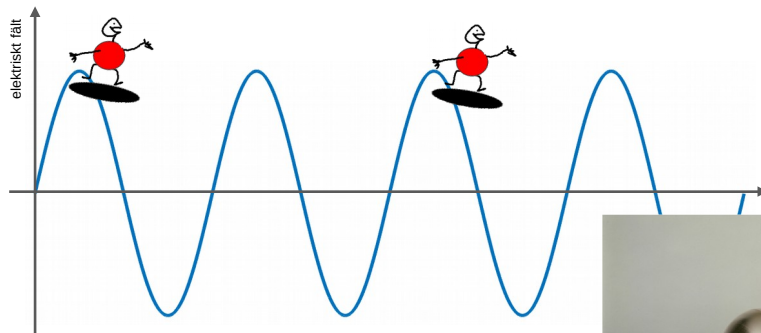
I praktiken funkar inte det riktigt. Det blir både dyrt och tekniskt besvärligt att använda batterier och direktspänning. Istället använder man växelspanning.

Partiklarna "surfar" på elektriska vågor



Med växelspänning kan man skapa ett fält som pendlar upp och ner ungefär så här. Vi ser till att våra partiklar bara ser den positiva delen av fältet så att de accelereras framåt. Man kan säga att partiklarna surfar på elektriska vågor.

Partiklarna "surfar" på elektriska vågor

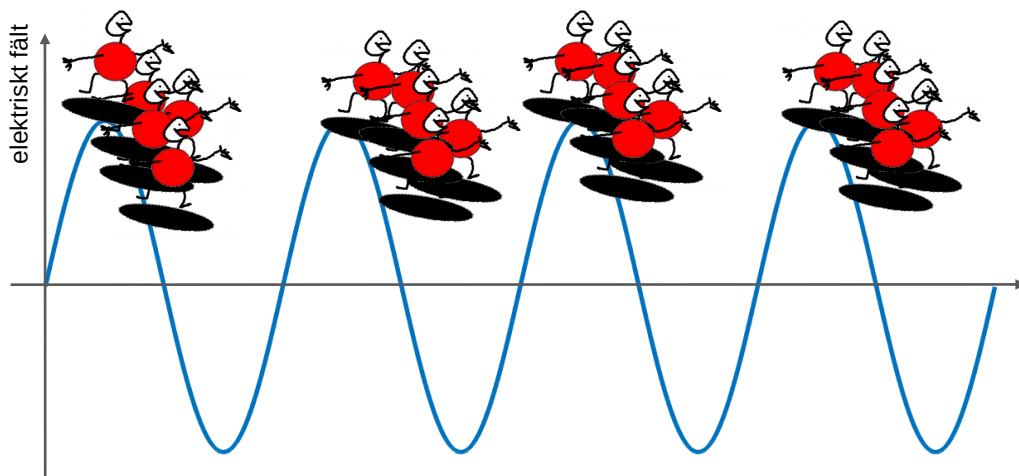


CERN-PHOTO-8004579-1



Istället för plattor med ett hål i så kan det se ut såhär. Den elektriska vågen skickas in i den här accelerationsstrukturen. Partiklarna skickas in här och man synkroniserar vågen med partiklarna så att de accelereras.

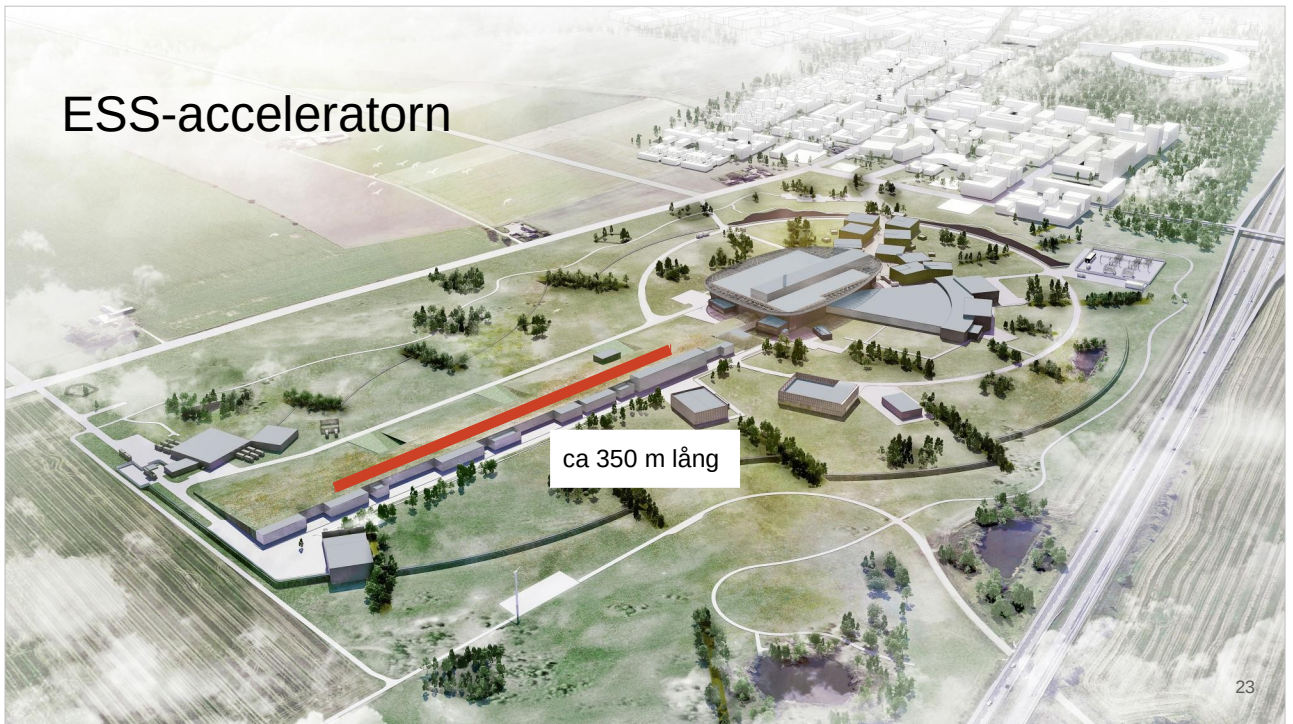
Partiklarna "surfar" på elektriska vågor



Och vi kan ha många partiklar som surfar **SAMTIDIGT** på samma våg! Men varje surfande partiklar tar med sig lite energi från vågen. Så ju fler partiklar, desto mer energi måste vågen innehålla.

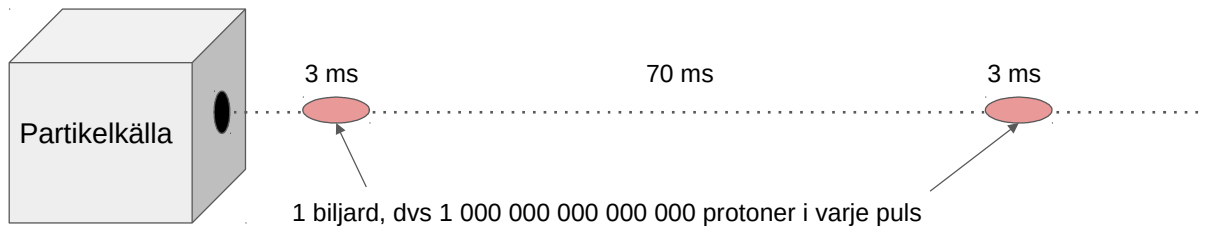
Hur snabba kan partiklarna bli, då? Ja, i princip hur snabba som helst. Vad vi behöver göra är att låta partiklarna surfa tills vi är nöjda. Men det betyder också att själva partikelacceleratorn måste vara längre och längre för högre och högre energi.

ESS-acceleratorn



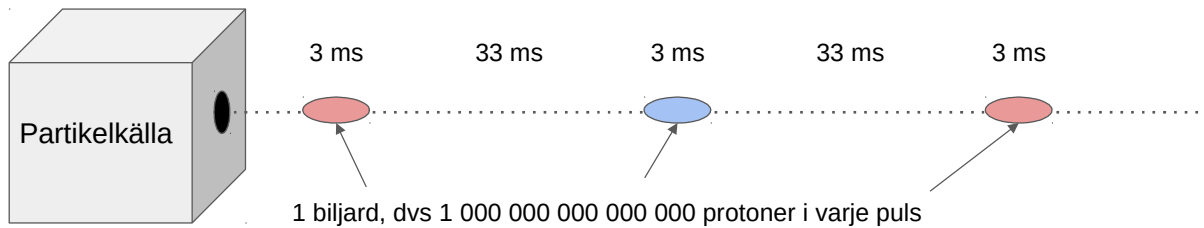
ESS-acceleratorn är ungefär 600 m lång. I slutet av den har partiklarna en energi på 2 GeV. Det innebär att deras hastighet är ca 95% av ljusets hastighet, eller 284 tusen km/s. Eller ungefär 1 biljon km i timmen.

Partiklarna kommer i pulser



Partiklarna som accelereras kommer i pulser, dvs små täta paket. Först händer ingenting i 70 ms, sen kommer en 3 ms kort puls. Sen är det paus i 70 ms, sen kommer en till puls på 3 ms, och så fortätter det så. I varje puls finns det dock väldigt många protoner, ungefär en biljard.
Men det här långa mellanrummet då? Kan man inte göra något med det?

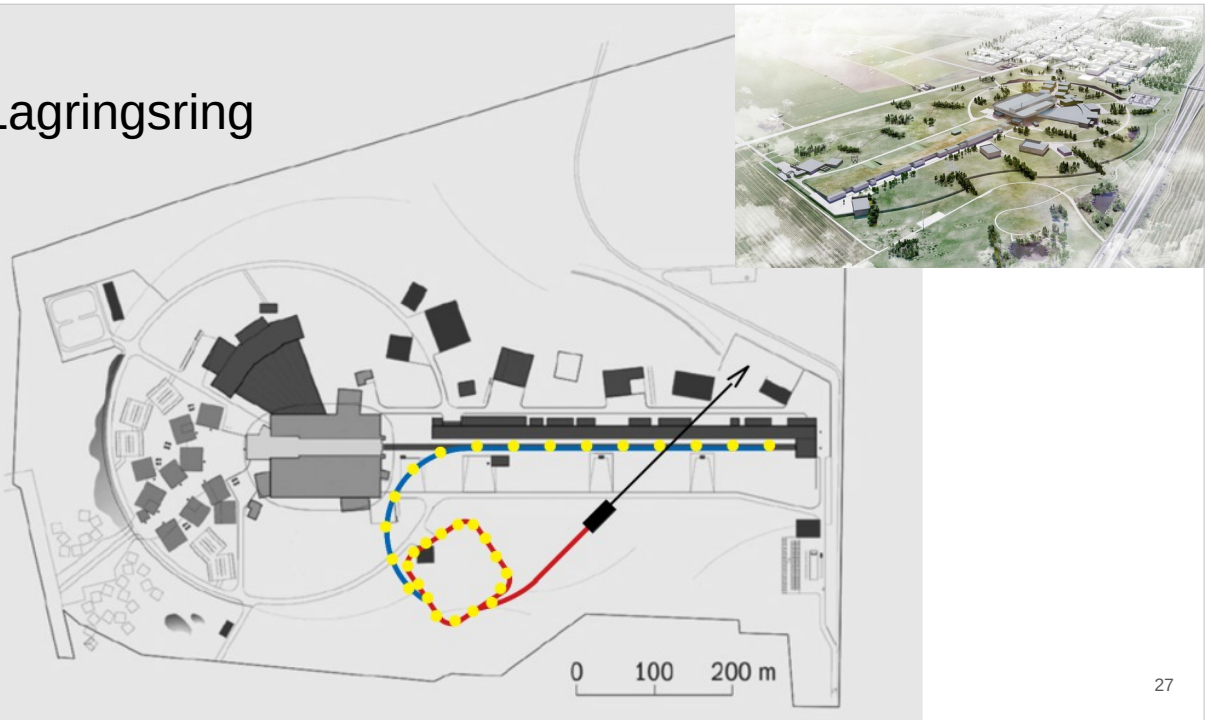
Partiklarna kommer i pulser



En extra partikelpuls för neutriner mellan varje puls för neutroner.

Jo, det är precis det vi vill. Vi vill nämligen inflika fler partikelpulser mellan de som redan finns. Då skulle det se ut såhär: en 3 ms puls för neutroner, paus i 33 ms, en 3 ms puls för neutriner, paus igen, en till puls för neutroner, och så vidare. På så sätt vill vi utnyttja den accelerator som ändå finns för att skapa våra neutriner.

Lagringsring



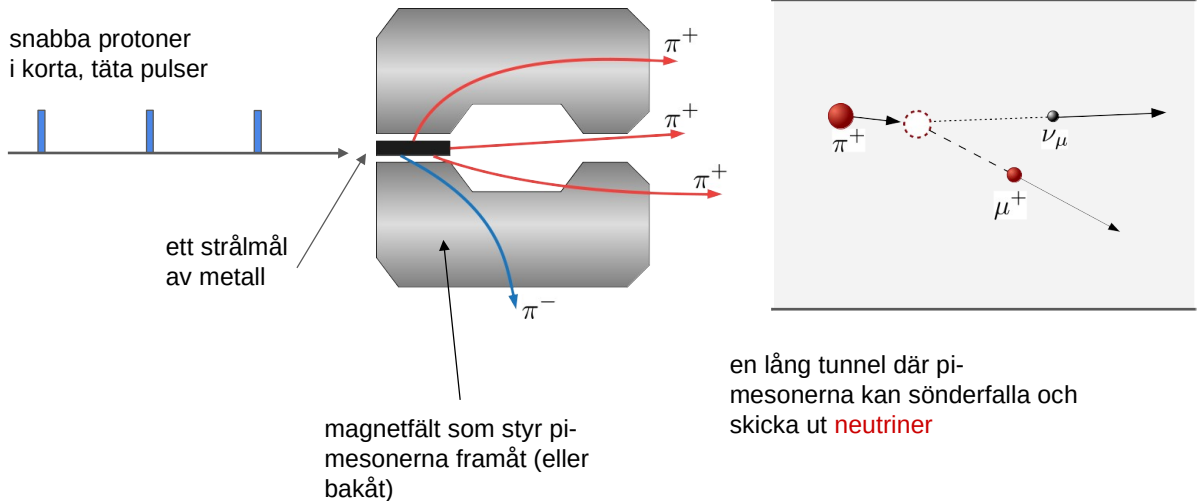
Vi tittar på ESS ovanifrån. Här ser ni själva acceleratorn där partiklarna blir snabbare och snabbare. De pulserna som ska generera neutroner kommer gå rakt fram medan varannan kommer skickas in i den här loopen. Vi kallar det en ring även om den är lite fyrkantig till utseendet.

Lagringsring



Ringen kommer samla partiklar under några hundra varv. Sen plockar man ut alla partiklar från ringen samtidigt. Då får man en mycket kortare puls men också mycket tätare.

Protonerna träffar strålmålet



Hedemora, 2019-02-13

Maja Olvegård, Uppsala universitet

30

Nu har vi kommit till nästa steg: Vi har skapat snabba protoner.

Nu låter vi protonerna träffa ett så kallat strålmål. Ett strålmål är helt enkelt ett block av en viss form och material som passar vårt ändamål. Här har vi en lång cylinder fylld med titankulor. Det är vårt strålmål.

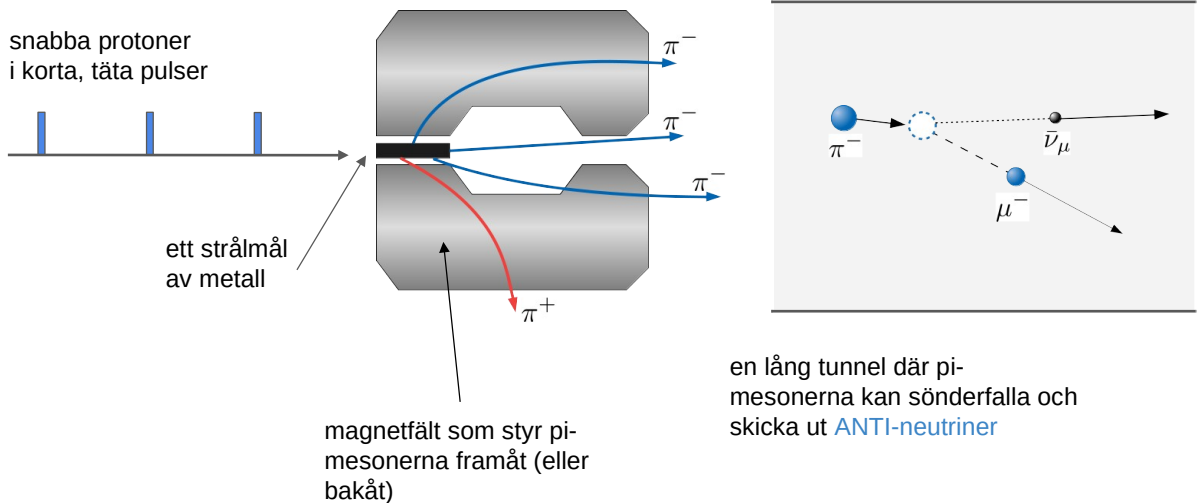
Och som vi pratade om tidigare kommer protonerna orsaka kärnreaktioner i strålmålet, vilket leder till att pi-mesoner skickas ut. Faktum är att det skickas ut både positiva och negativa pi-mesoner. Men vi vill bara ha en av dem i taget. Säg att vi börjar med positiva pi-mesoner. Vi vill styra dessa pi-mesoner så att de går så rakt fram som möjligt. När de sen sönderfaller så ökar vi chansen att neutriner som skickas ut också går framåt och därför når vår detektor i Garpenberg. Samtidigt styrs de negativa pi-mesonerna så att de går åt fel håll.

Bakom fokuseringsstrukturen finns en tunnel. Den är bara tom och är till för att pi-mesonerna ska hinna sönderfalla. Neutriner kan färdas genom jorden men pionerna skulle absorberas ganska snart.

Varför har vi då skapat dessa korta pulser av protoner istället för en lång ström av protoner? Jo, det beror på att den här stora strukturen som styr pionerna drivs med jättehög ström. Om vi slår på strömmen för länge så kommer den bli överhettad och smälta. Men samtidigt vill vi inte förlora några protoner eller neutriner. Därför komprimerar vi dem till en så kort puls som strukturen klarar av.

Okej, vi går vidare. Vad händer efter sönderfallstunneln?

Protonerna träffar strålmålet



Hedemora, 2019-02-13

Maja Olvegård, Uppsala universitet

31

Nu har vi kommit till nästa steg: Vi har skapat snabba protoner.

Nu låter vi protonerna träffa ett så kallat strålmål. Ett strålmål är helt enkelt ett block av en viss form och material som passar vårt ändamål. Här har vi en lång cylinder fylld med titankulor. Det är vårt strålmål.

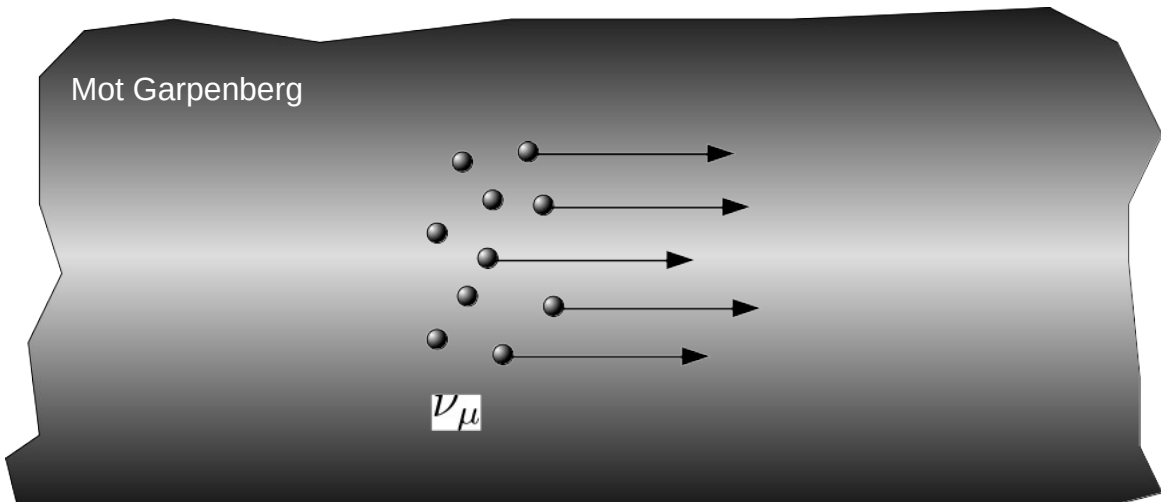
Och som vi pratade om tidigare kommer protonerna orsaka kärnreaktioner i strålmålet, vilket leder till att pi-mesoner skickas ut. Faktum är att det skickas ut både positiva och negativa pi-mesoner. Men vi vill bara ha en av dem i taget. Säg att vi börjar med positiva pi-mesoner. Vi vill styra dessa pi-mesoner så att de går så rakt fram som möjligt. När de sen sönderfaller så ökar vi chansen att neutriner som skickas ut också går framåt och därför når vår detektor i Garpenberg. Samtidigt styrs de negativa pi-mesonerna så att de går åt fel håll.

Bakom fokuseringsstrukturen finns en tunnel. Den är bara tom och är till för att pi-mesonerna ska hinna sönderfalla. Neutriner kan färdas genom jorden men pionerna skulle absorberas ganska snart.

Varför har vi då skapat dessa korta pulser av protoner istället för en lång ström av protoner? Jo, det beror på att den här stora strukturen som styr pionerna drivs med jättehög ström. Om vi slår på strömmen för länge så kommer den bli överhettad och smälta. Men samtidigt vill vi inte förlora några protoner eller neutriner. Därför komprimerar vi dem till en så kort puls som strukturen klarar av.

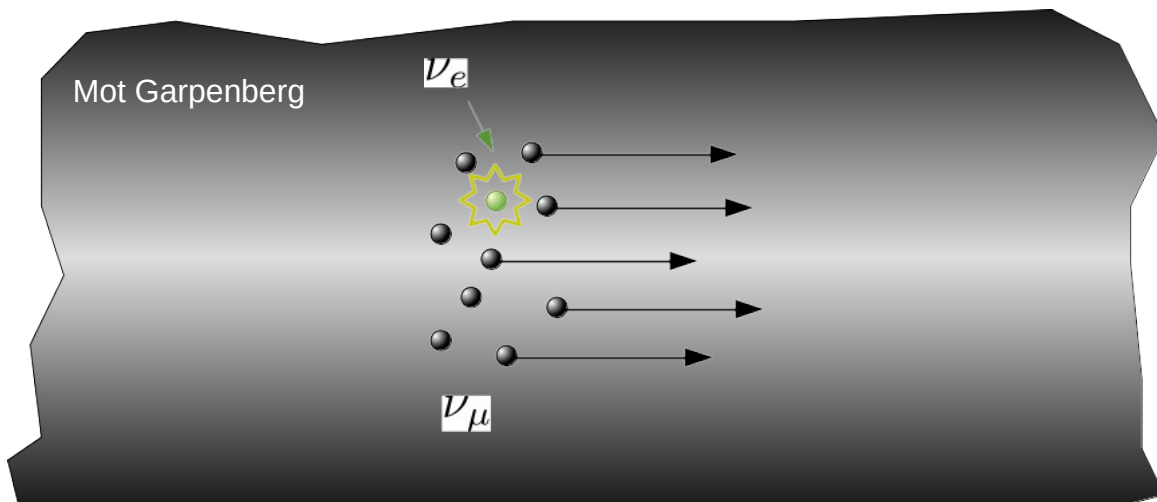
Okej, vi går vidare. Vad händer efter sönderfallstunneln?

Sen händer ingenting! Eller....?



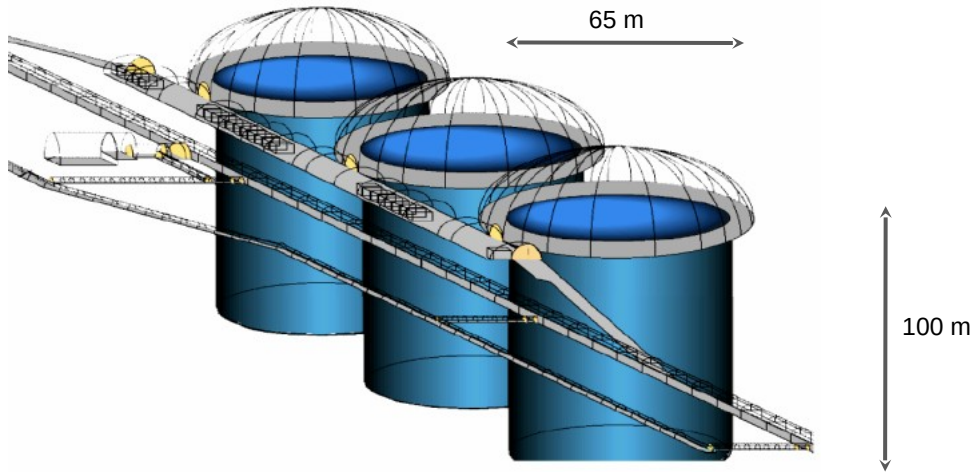
Sen händer ingenting. Dvs neutrinerna färdas under jord mot Garpenberg. Några enstaka neutriner kanske interagerar och försvinner längs vägen men de flesta når ända fram.

Sen händer ingenting! Eller....?



Men! Troligtvis kommer en och annan av de här neutrinerna att oscillera längs vägen. Och vips har den blivit en elektron-neutrino!

I Garpenbergs gruva

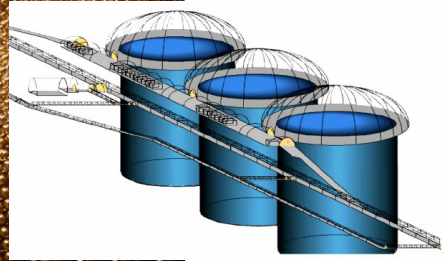


Och nu är vi framme. Nu har neutrinerna färdats över 50 mil under jord och kommer till det här: Neutrinodetektorn i Garpenbergs gruva.

Detektorn är stor. Väldigt stor! Den kommer bestå av tre cylindrar, 100 m höga och 65 m i diameter.

Vi ska titta in inuti.

Inuti neutrinodetektorn



fotosensorer

vatten

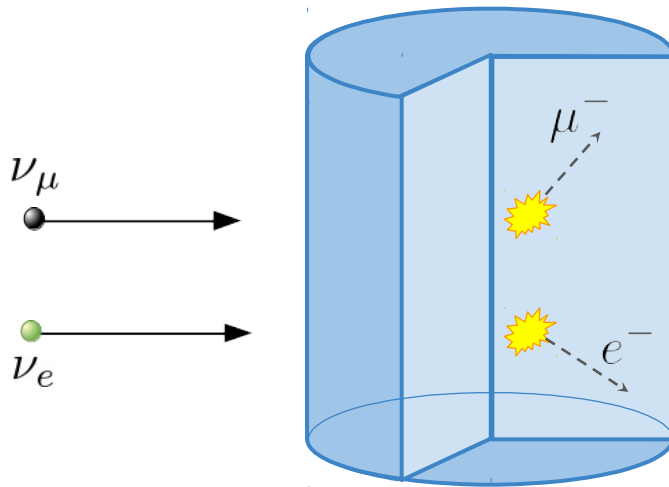
35

Här ser vi hur det kommer se ut på ett ungefär. Cylindern kommer vara fylld med kristallklart vatten. Runtom kommer det finnas fotosensorer. Väggar, tak och golv kommer vara helt täckta av dessa fotosensorer, som kan fånga upp ljus och omvandla det till en elektrisk signal. Jag ska förklara närmare strax.

Det ni ser på bild här är tyvärr inte vår detektor utan en snarlik detektor som finns i Japan. Den heter super-kamiokande men fungerar på samma sätt som den vi vill bygga. Just på den här bilden har man tömt ut en del av vattnet. Ni ser två personer i en liten gummibåt, förmodligen gör de underhåll i detektorn.

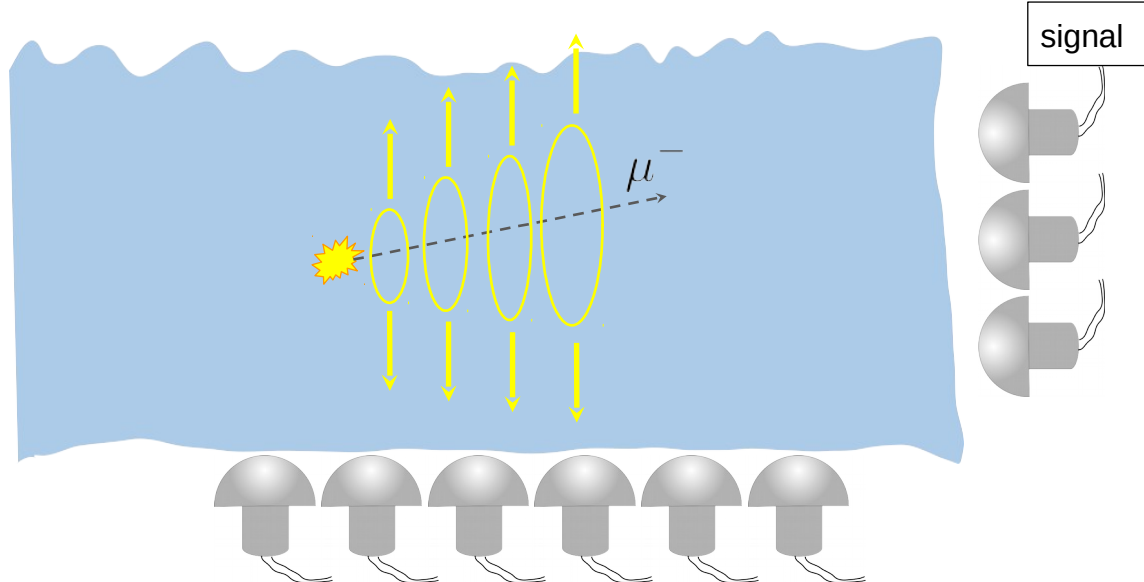
Men hur fungerar den då?

Neutrinodetektorn: Så funkar den



Vi zoomar ut igen för att titta på hur den fungerar. Här ser vi neutriner som kommer mot detektorn. När en neutrino träffar detektorn och faktiskt interagera med den så sker följande. Neutrion går in i atomkärnan och absorberas där. Då omvandlas kärnans beståndsdelar och sänder ut en laddad partikel. Beroende på vilken sorts neutrino som absorberades så skickas olika laddade partiklar ut. En myon om det var en myonneutrino, eller en elektron om det var en elektronneutrino.

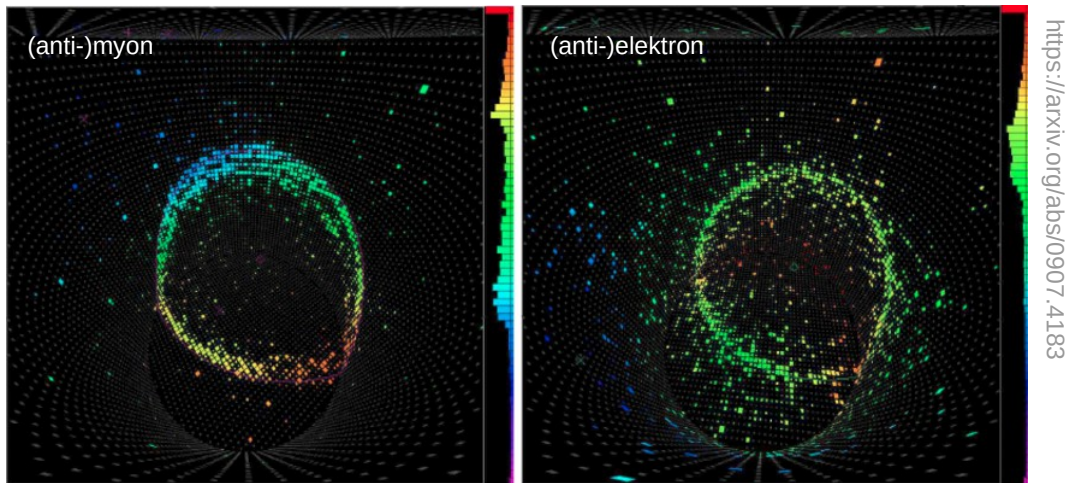
Neutrinodetektorn: Så funkar den



37

Nu zoomar vi in igen. Här har det skett en kärnreaktion, en myonneutrino har absorberats och en myon skickats ut. myonen kommer färdas genom vattnet och när den gör det som kommer det bildas ljus. Det är en särskild sort ljus som heter Tjerenkovljus. Det kan man även se i kärnkraftsreaktorer. Det är det här ljuset som sedan fångas upp av fotosensorerna runt vattnet.

Exempel på hur det kan se ut



Hedemora, 2019-02-13

Maja Olvegård, Uppsala universitet

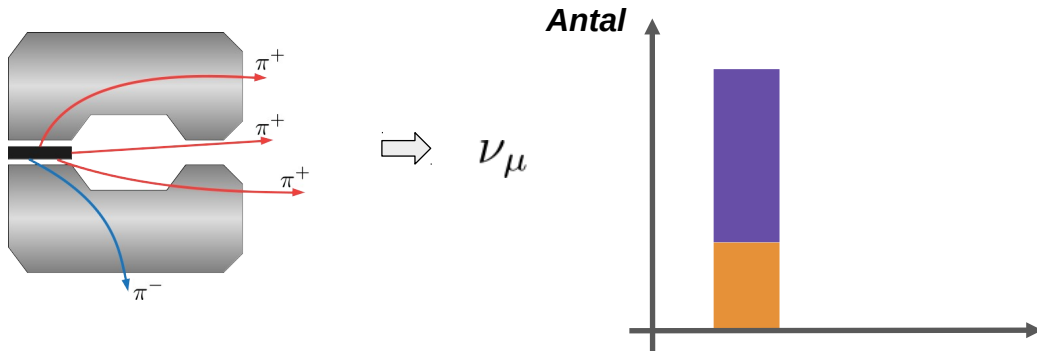
38

Så här kan det se ut. Varje ljusprick symboliserar en fotosensor som träffats av ljus och färgen på pricken säger hur mycket ljus som fångats in. På formen kan man avgöra om det var en myon eller en elektronneutrino. Och om man summerar allt ljus kan man säga vilken energi den hade.

Ser ni någon skillnad? Jag vet, den är inte uppenbar för blotta ögat men om man övar sig lär man sig att den vänstra är spåret av en myon medan den högra är spåret av en elektron. Oftast låter man en dator analysera signalerna från detektorn. Den avgör då vilken partikel det är.

Men den kan inte skilja mellan en myon och en anti-myon, eller mellan en elektron och en anti-elektron, dvs en positron. Därför är det enormt viktigt att vi vet att vi har enbart neutriner ELLER antineutriner, men inte bägge delarna samtidigt.

Materia Vs Antimateria

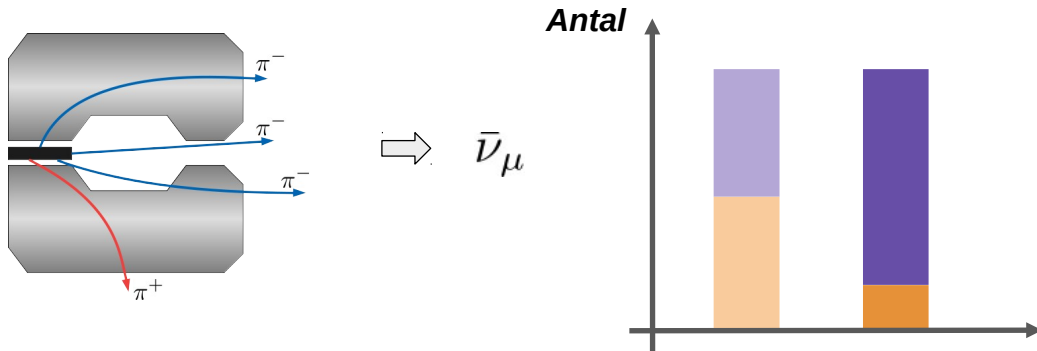


Nu har vi kommit fram till slutet och det vi faktiskt ville ta reda på: Varför vi finns.

Vi kan nu använda vår detektor för att detektera myonneutriner och elektronneutriner. Vi gör det i ca 5 år. Vi räknar hur många myonneutriner vi fångar in. Vi kollar även vilken energi de hade. Vi gör samma sak med elektronneutrinerna och så kan vi rita en graf. Här ser vi hur många neutriner av varje sort i ett visst energi intervall.

Kom ihåg att vi har gjort detta nu med vår styrstruktur inställd på positiva pi-mesoner vilket gav oss myon-neutriner.

Materia Vs Antimateria

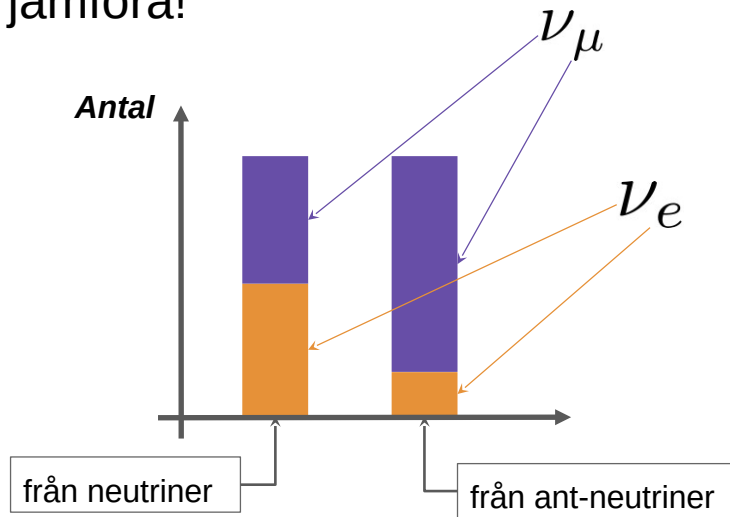


Nu har vi kommit fram till slutet och det vi faktiskt ville ta reda på: Varför vi finns.

Vi kan nu använda vår detektor för att detektera myonneutriner och elektronneutriner. Vi gör det i ca 5 år. Vi räknar hur många myonneutriner vi fångar in. Vi kollar även vilken energi de hade. Vi gör samma sak med elektronneutrinerna och så kan vi rita en graf. Här ser vi hur många neutriner av varje sort i ett visst energi intervall.

Kom ihåg att vi har gjort detta nu med vår styrstruktur inställd på positiva pi-mesoner vilket gav oss myon-neutriner.

Nu kan vi jämföra!

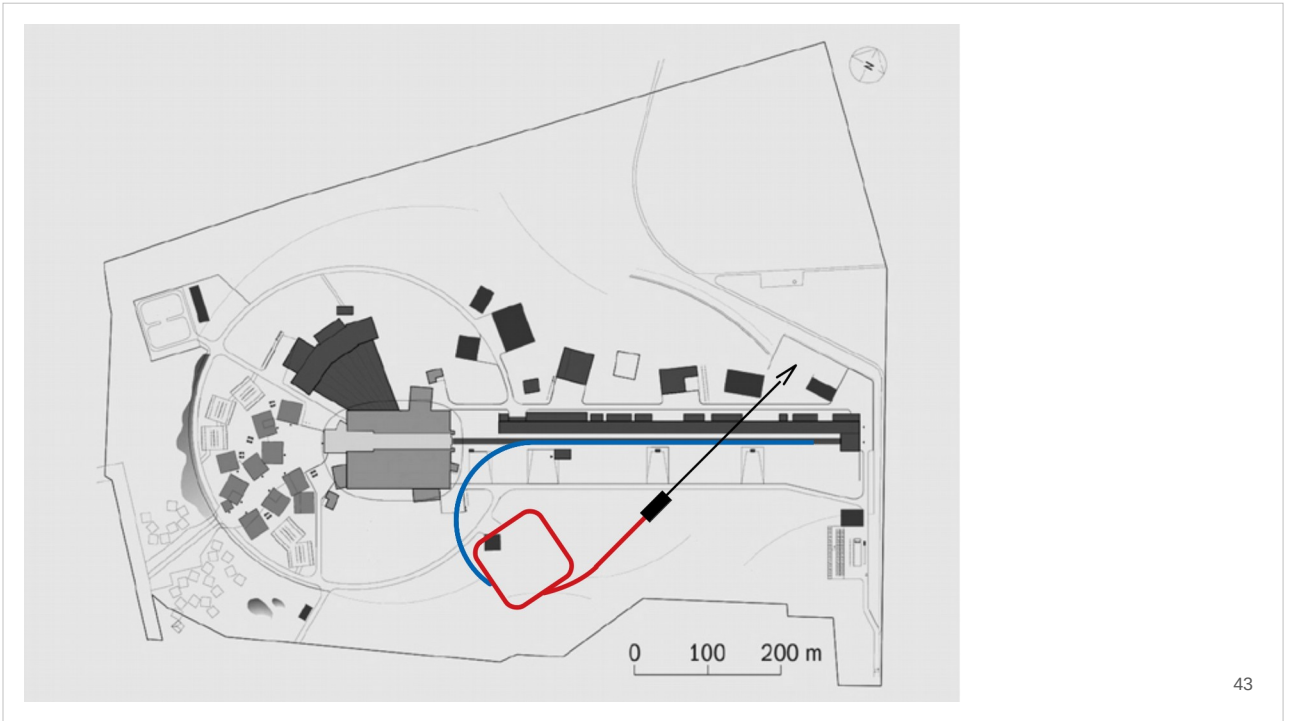


Nu har vi kommit fram till slutet och det vi faktiskt ville ta reda på: Varför vi finns.

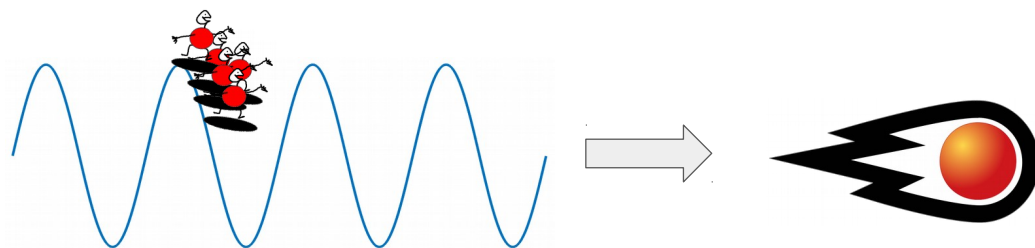
Vi kan nu använda vår detektor för att detektera myonneutriner och elektronneutriner. Vi gör det i ca 5 år. Vi räknar hur många myonneutriner vi fångar in. Vi kollar även vilken energi de hade. Vi gör samma sak med elektronneutrinerna och så kan vi rita en graf. Här ser vi hur många neutriner av varje sort i ett visst energi intervall.

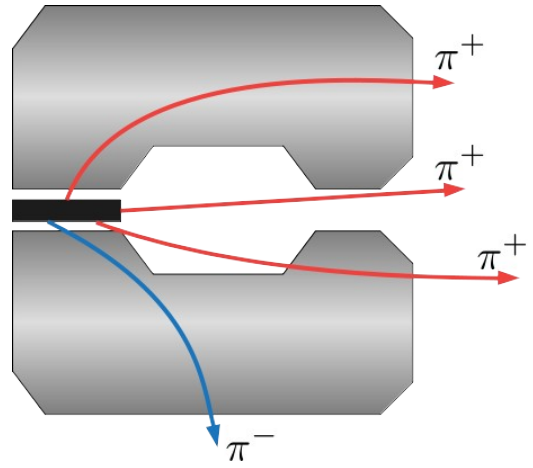
Kom ihåg att vi har gjort detta nu med vår styrstruktur inställd på positiva pi-mesoner vilket gav oss myon-neutriner.

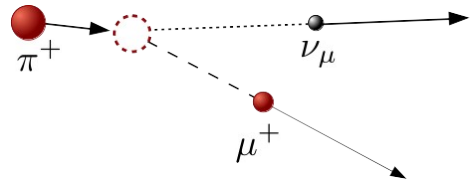
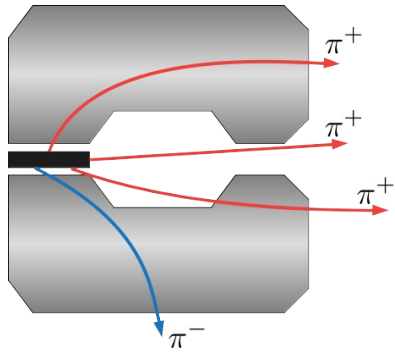
Sammanfattning



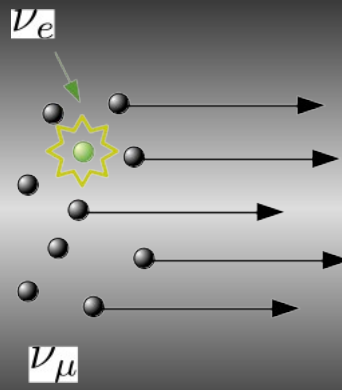
I Lund byggd just nu ESS som består av en linjär protonaccelerator och ett strålmål där neutroner bildas. Vi vill använda ESS-acceleratorn för att accelerera ännu fler protoner och sen plocka ut dem till ett annat strålmål för att producera neutriner av en särskild sort: myonneutriner.

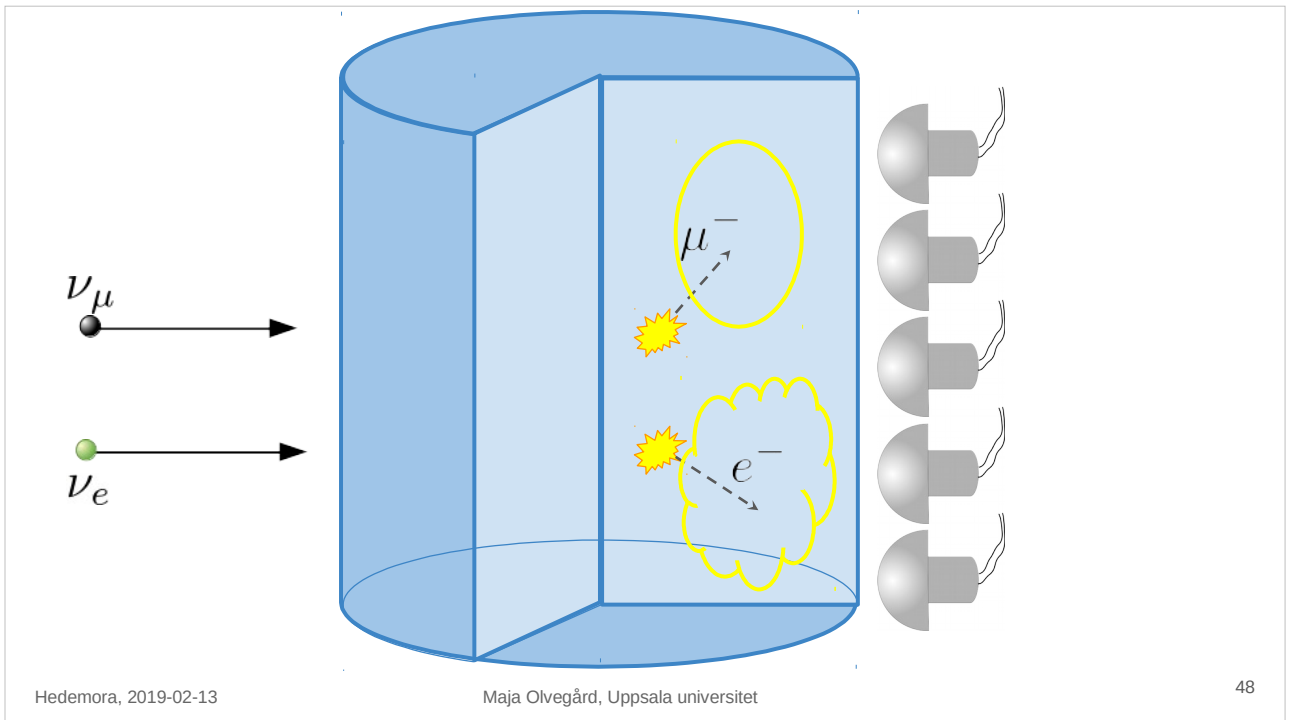




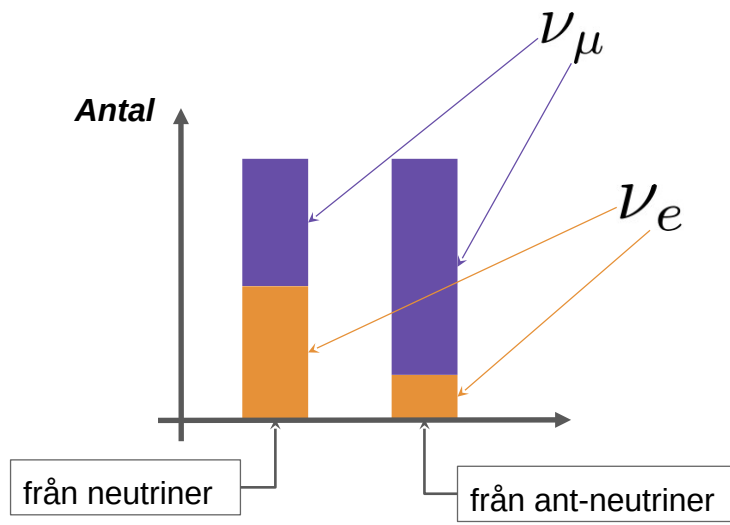


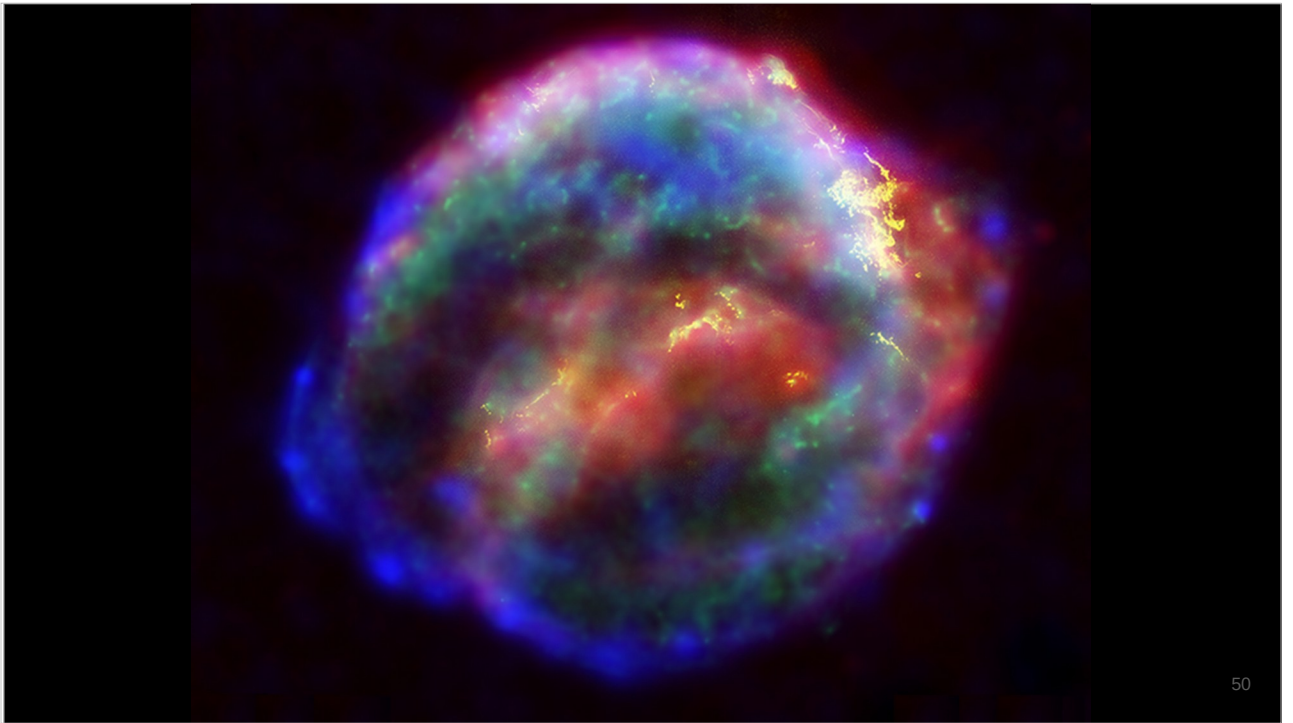
Mot Garpenberg





Vi zoomar ut igen för att titta på hur den fungerar. Här ser vi neutriner som kommer mot detektorn. När en neutrino träffar detektorn och faktiskt interagera med den så sker följande. Neutrino går in i atomkärnan och absorberas där. Då omvandlas kärnans beståndsdelar och sänder ut en laddad partikel. Beroende på vilken sorts neutrino som absorberades så skickas olika laddade partiklar ut. En myon om det var en myonneutrino, eller en elektron om det var en elektronneutrino.





Extra

essvnb ESS
NEUTRINO
SUPER BEAM

15 institut i 11 länder

