



Welkom bij CERN.

Waar het oneindig grote
en het oneindig kleine
elkaar ontmoeten.

Erik Bracke
Gepensioneerd technicus en nu gids van CERN
Presentatie gebaseerd op die van F. Briard

Show tijd over:
45minuten

- Welkom bij / namens CERN.
- Oneindig groot en oneindig klein.
Het is mijn bedoeling dat deze aankondiging in de loop van mijn presentatie voor U duidelijker zal worden.
- Persoonlijke presentatie:
 - Naam. Technicus.
 - Op 1 februari 1973 uit NL naar CERN gekomen; hobby kunnen uitoefenen en die mijn familie gevoed heeft en dak boven hun hoofd heeft gegeven.
 - Één jarig contract gekregen dat echter schijnbaar nog niet is afgelopen... Nu gepensioneerd sinds 1 november 2010 maar als officiële CERN gids nog altijd druk bezig met CERN.
 - Gewerkt bij SPS beaminstrumentation als electronicus: beam monitors en functie generatoren; daarna bij de RF groep electronica gemaakt o.a met microprocessors die ikzelf moest programmeren want we hadden destijds nog geen goed gereedschap daarvoor.
 - In de programmering gebleven tot het einde; voor ontwerp en verbetering van het RF Control System.



Uw **visite** vandaag op CERN

Agenda...

- Presentatie van 45 minuten
- Film (10 minuten)
- Visite op het terrein (2 uur)
 - SM18 Supra Magnets, Cavities ... Test laboratorium
 - ATLAS Experiment Visitors Center

Enige praktische zaken...

- Stel vragen!
- U kunt alles fotograferen en filmen wat U ziet
- Zijn dagelijks open (Ma-Za 11h00-17h00):
 - CERN souvenir winkel
 - Permanente exposities: Microcosm en Globe d'Innovation

Show tijd over:
44minuten

- Programma van de visite.



Show tijd over:
44minuten

- Begin presentatie van wat algemene CERN cultuur:
 - Geschiedenis.
 - Wat cijfer gegevens over CERN.
 - Daarna een beetje fysica en wat technische principes die een rol spelen op CERN...
 - Tenslotte voorbeelden voor wat directe 'spin-off' naar de maatschappij.

- Voorspel tot de oprichting van CERN.
 - **1949** Louis de Broglie, Frans fysicus en Nobel prijs winnaar (1929), stelt voor, in een brief aan de European Cultural Conference gehouden in Lausanne CH (December), om een Europees Wetenschaps laboratorium op te richten. Europa had geleden onder WO II (infrastructureel en menselijk gesproken) en hij maakte zich zorgen over de 'brain drain' van jonge Europese wetenschappers naar Amerika.
 - **1950** Dit had tot gevolg dat tijdens de 5^e Algemene UNESCO Conferentie in Florence IT (Juni) Isidor Rabi, Amerikaanse Nobel Fysica, een resolutie indiende en die vervolgens unaniem werd aangenomen, om de DG van UNESCO te autoriseren '*... om te helpen en aan te moedigen dat er regionale centra en laboratoria gesticht werden zodat internationale samenwerking van wetenschappers beter en efficiënter zou verlopen.*'

Opmerkingen Erik:

Dit was duidelijk een hint om via internationale wetenschappelijke samenwerking, een relatief 'ongevaarlijk' terrein dus, te proberen om een communicatie kanaal tussen landen en culturen te maken dat altijd 'open' kon blijven en om zo rampen zoals WO II in de toekomst te proberen vermijden.

Gedurende de koude oorlog bv. , en dat geloof ik stellig, hebben de USA en de Soviet Unie dankzij het CERN 'kanaal' altijd een vorm van 'diplomatiek' contact kunnen blijven houden, zelfs tijdens de ergste crises.

Tijdens WO II heeft Isidor Rabi, zoals veel wetenschappers, meegewerkt aan de bouw van de eerste atoombom. Een uitspraak van hem t.g.v. de oprichting van CERN in 1954 laat doorschemeren dat hij daar niet erg blij over was. Zoals veel wetenschappers...



Wat betekent « CERN » van origine?

Conseil
Européen pour la
Recherche
Nucléaire

1952

Show tijd over:
43minuten

- Wat betekent CERN van origine? Iemand een idee?
- **1951** In December, te Parijs, gedurende een intergouvernementale vergadering van de UNESCO werd een eerste resolutie aangenomen betreffende de oprichting van een 'voorlopige' (provisional; provisoire; vorläufige) studie raad, het 'Conseil pour la Recherche Nucléaire'.
- [<click>](#) CERN betekent dus 'Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire'.

1952 Twee UNESCO conferenties volgden, één in Genève (Februari) en één in Amsterdam (October). De eerste leverde de ondertekening op door 11 vertegenwoordigers van deelnemende landen met de opdracht voor de studie raad, genaamd **Conseil ERN** dus, om over de taakstelling van een te stichten laboratorium te onderhandelen en tijdens de 2^e vergadering in het gebouw van de KNAW aan de Kloveniersburgwal, waarvan U het filmpje ziet, zag, werd besloten om een kernfysich laboratorium te Genève op te zetten. Genève ratificeerde deze keuze tenslotte d.m.v. een referendum in Juni 1953.

Op het filmpje zag u enkele beroemdheden van het moment, oa.: DK: Niels Bohr, DE: Werner Heisenberg, FR: Francis Perrin, IT: Gustavo Colonnetti en voor NL: Cornelis Bakker en Hans de Groot.

- Uiteindelijk, op **1 Juli 1953**, hoofdkwartier van de UNESCO te Parijs, tijdens de 6^e zitting van de 'voorlopige' CERN raad, werd de oprichtings conventie voor onze organisatie getekend door 12 lidstaten, maar onder voorbehoud van de ratificatie door de resp. parlementen.

Conventie ondertekenaars waren: België, Denemarken, Frankrijk, Fed. Republiek Duitsland, Griekenland, Italië, Nederland, Noorwegen, Zweden, Zwitserland, United Kingdom, Joegoslavië.



Wat betekent «CERN» vandaag?

Organisation
Européenne pour la
Recherche
Nucléaire

1954

Show tijd over:
45minuten

- **29 September 1954** De **Organisation ERN** treedt in werking na de ratificatie door de parlementen van de 12 landen die de overeenkomsten van de UNESCO vergaderingen in Genève, Amsterdam en Parijs in 1952 en 1953 hadden ondertekend.
- Bij de stichting van de Organisatie werd automatisch de 'voorlopige' Raad, Conseil, CERN dus, ontbonden.
- Het acroniem voor de Organisatie zal echter toch 'CERN' blijven. Ook het hoogste bestuursorgaan van het laboratorium, bestaande uit afgevaardigden van de lidstaten, blijft Conseil (Council) heten.
- Het filmpje uit 1955 laat de constructie zien van het gebouw waarin CERN's eerste deeltjes versneller, een 600MeV Synchro Cyclotron, is gehuisvest.
- Het gebouw bestaat nog steeds; het is het eerste gebouw links bij het binnenkomen op het CERN terrein via de hoofdingang. Het Cyclotron staat er ook nog steeds in; het is niet meer in gebruik, ten dele zelfs ontmanteld, maar de Visits Service heeft het sinds Juli 2014 opgenomen in het bezoekers circuit.
- Cornelis Jan Bakker was benoemd door de eerste DG van CERN, Nobel fysicus Felix Bloch, als groepsleider voor de constructie van dit Cyclotron. Hij had ervaring met dit soort machines, want voordien was hij directeur van het Instituut voor Kernfysisch Onderzoek in de Watergraafsmeer, Amsterdam.
Bakker volgde F. Bloch op als DG van CERN in September 1955 tot zijn tragische dood bij een vliegtuig ongeluk in April 1960.
Het IKO bestaat fysiek nog steeds op dezelfde plek maar het is opgegaan in een nieuwe organisatie die NIKHEF heet. Ze zijn medewerkers in het samenwerkingsverband voor o.a. het ATLAS experiment van LHC.
- Het IKO is ook mijn eerste werkgever geweest vanaf 1966, na mijn eindexamen, en wel gedurende 6 jaar waarna ik naar CERN ben vertrokken...
- CERN's Synchro Cyclotron komt in 1957 in bedrijf en boekt vrijwel meteen een experimenteel succes door de lang verwachte observatie van het radioactieve verval van een pion in een electron en een neutrino.



U zegt «Nucléaire »?

« L'Organisation s'abstient de toute activité à fins militaires et les résultats de ses travaux expérimentaux et théoriques sont publiés ou de toute autre façon rendus généralement accessibles ».

Oprichtingsconventie van CERN

*Laboratoire européen pour la physique des particules
European laboratory for High Energy Particle Physics*

Show tijd over:
45minuten

Een verduidelijking van 'Nucléaire' in de CERN naam.

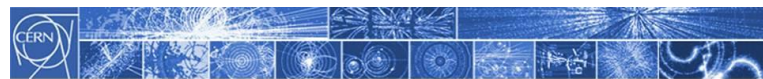
- Het woord 'nucleair' is vandaag de dag bijna een 'vies' woord geworden. We denken aan atoom- en waterstofbom proeven en aan kerncentrales.
- De WO II had de wereld geconfronteerd met het atoom op een uiterst negatieve wijze, maar het begrip was algemeen wel zo dat het ook een domein was aan de speerpunt (!) van de menselijke wetenschap van de natuur.
- De belofte van een bijna onuitputtelijke energie bron maakte bovendien dat de studie van het atoom uiterst interessant en lucratief leek.
- Voor CERN moeten we het woord echter in de letterlijke betekenis opvatten: nl. die van 'atoom kern', de 'nucleus'. En dus voor CERN: de 'studie daarvan'.
- Gezien in de context van de jaren 1950 was de nucleus zo'n beetje het kleinste deel van het atoom dat we in staat waren te bestuderen.
- **<click>**Ter geruststelling daarom: Extract uit de oprichtingsconventie van CERN.

NL vertaling door Erik:

« De organisatie houdt zich afzijdig van alle activiteiten die militaire doelstellingen hebben en de resultaten van haar experimentele en theoretische werkzaamheden worden gepubliceerd of via elke andere manier beschikbaar gemaakt voor het algemene publiek. »

Zie: <http://council.web.cern.ch/council/en/Governance/Convention.html>

- **<click>**Heden ten dage is de algemeen aanvaarde naam voor ons laboratorium daarom beter omschreven door:
Laboratoire européen pour la physique des particules
European laboratory for High Energy Particle Physics



Le plus grand laboratoire de physique de particules au monde


Budget annuel
1118.3 MCHF (2015)

21 Etats membres
Allemagne, Autriche, Belgique, Bulgarie, Danemark, Espagne, Finlande, France, Grèce, Hongrie, Italie, Israël, Norvège, Pays-Bas, Pologne, Portugal, République de Tchèque, Grande Bretagne, Slovaquie, Suède, Suisse


1 Candidat état membre
Roumanie

3 Etats associés
Pakistan, Serbie, Turquie

6 Observateurs auprès du Conseil
l'Inde, Japon, Fédération Russe, USA, Commission Européenne, UNESCO



Depuis 2013:



Show tijd over:
45minuten

- CERN is op dit moment boven zijn Europese afmeting uitgegroeid.
- **<click>**Dit is het jaarbudget.
- **Alleen** de CERN lidstaten brengen het jaarlijks budget op.
 - Het is voor elke lidstaat een fixed, onderhandeld / afgesproken percentuele bijdrage van zijn Interne Nationale Bruto Product (d.w.z. de geproduceerde jaarlijkse 'rijkdom', de waarde van alle activiteiten van het land).
Het is veel geld, maar ...
 - **<click>**Het komt per land neer op ong. de prijs van een kop koffie per inwoner dank zij de berekening van de bijdrage relatief aan het INBP.
 - Interessante vergelijkingsinfo van Jeff Wiener:
 - 1) 2 CHF pro Jahr & EinwohnerIn der CERN Mitgliedsstaaten
 - 2) Gleiches Jahresbudget wie Universität Wien (inklusive MedUni Wien)
 - 3) Gleiches Jahresbudget wie Universität Göttingen (inklusive MedUni Göttingen)
 - 4) Ein Fünfigstel(!) des Budgets der Olympischen Winterspiele 2014 in Sotchi
 - 5) Beitrag der Schweiz (ca. 3.5% = ca. 40 Mio CHF) entspricht den Ausgaben der ETH Zürich (1.5 Mrd CHF Budget) für Drucker und Papierkosten
 - Bovendien, de Europese industrie die voor CERN de speciale- en massa productie van installaties en apparaten maakt, werkt graag samen met CERN om 'know how' van de prototypes uiteindelijk in 'verkoopbare' goederen om te kunnen zetten.
Wij noemen dat 'Transfer of Technology' en het is eveneens één van CERN's doelstellingen. Een studie heeft uitgemaakt dat elke CHF belasting geld die aan het CERN budget wordt gegeven uiteindelijk als 3 CHF terugkomt in de maatschappij.
- **<cick>**En dat bedrag wordt dus opgebracht door de, op dit moment, 21 lidstaten van CERN.
- Roemenië is een kandidaat lid, het heeft lidmaatschap aangevraagd en is op dit moment bijna als zodanig geaccepteerd.
- De geassocieerde staten zijn van origine niet Europese staten (vroeger statutair niet mogelijk om lid te worden) maar heden ten dage kunnen zij eveneens in het proces van lidmaatschap aanvraag geaccepteerd worden. Sinds korte tijd is in deze categorie de republiek Cyprus erbij gekomen.
- Observatoren zijn staten of organisaties die eveneens meestal geen Europese staten / organisaties zijn en hebben te kennen gegeven voorlopig geen lidstaat te willen worden maar mogen bij de vergaderingen van het hoogste bestuur orgaan, de Council, aanwezig zijn. Ze hebben echter geen medebeslissing (stem-) recht.
- **<cick>**Merkop dat de 'E' van CERN (Européenne), zoals reeds gezegd, inmiddels een te klein jasje is geworden voor ons laboratorium en dat sinds half december 2013 het eerste niet Europese land, Israël, als lidstaat is geaccepteerd.



Show tijd over:
45minuten

Op de 2 sites van CERN komen zo'n 10000 mensen per dag om te werken. De volgende categorieën zijn te onderscheiden:

- Staf.
Deze mensen hebben een werkcontract met CERN. Ze ontvangen hun salaris en ze betalen premie voor de sociale verzekeringen van CERN: ziektekosten, werkloosheid, pensioen.
- Beursen en geassocieerden.
Mensen met een studie beurs of anderszins, projekt georiënteerd, geassocieerd. Ze ontvangen een CERN vergoeding en/of worden betaald door de instituten die ze naar CERN gestuurd hebben. Vaak zijn dit ook mensen die een doctoraal proefschrift studie maken.
- Studenten.
Zij brengen hier een praktisch jaar, stage, door. Ze ontvangen een CERN vergoeding om hier te kunnen wonen en leven. Gedurende de zomermaanden juli-augustus verdubbelt dit aantal (zomerstudenten, ongeveer half-half, lidstaten-rest van de wereld).

Deze groepen van werkers komen in het algemeen uit de lidstaten, hoewel de 'geassocieerden' ook wel uit de 'geassocieerde' staten kunnen komen.

- De gebruikers zijn veelal fysici en technici die bij een experiment werken. Ze worden niet door CERN betaald, maar door het instituut dat deel uitmaakt van de samenwerking van het betreffende experiment.
Voorbeeld: De grootste groep van gebruikers zijn op dit moment de Amerikanen: ca. 1775. De 'braindrain', zorg van Louis de Broglie in 1949, is nu dus volledig andersom!
- Contract werkers.
Deze mensen zijn in dienst van privé bedrijven die voor CERN op het terrein werk doen. Deze mensen werken vaak in de technische of administratieve afdelingen. In het algemeen worden dit soort collega's gewoon in de groepen als zodanig beschouwd en in het dagelijks contact is er nauwelijks verschil tussen hen en de staf op te merken. Ze worden betaald door het bedrijf dat ze geplaatst heeft.

<click>

Herkomst van al deze werkers laat zien dat CERN werkelijk een planetair instituut is geworden:

Kleur codes: Donker grijs: lidstaten; Blauw: observator landen; Donker rose: Geassocieerde landen



Show tijd over:
45minuten

CERN is te beschouwen als een echte kleine stad of wellicht wel als een landje. Door onze status van Internationale Organisatie (net zoals b.v. ESA, ESO, UNO, ITU etc.) zijn we onafhankelijk van de sociale voorzieningen van onze gastlanden. De Internationale Organisaties zijn daarom per statuut verplicht om hun eigen sociale voorzieningen te treffen voor het personeel in hun dienst.

Ter illustratie: op CERN vinden we daarom b.v.

- **<click>**Het onvermijdelijke discussie forum: het amfitheater.
- **<click>**Uitstekende openbare verbindingen naar vliegveld, station, en de stad.
- **<click>**Drie restaurants met een niet te onderschatten, belangrijk terras.
- **<click>**Een eigen busdienst, de Navette, aangezien afstanden van lab naar installatie groot kan zijn.
- **<click>**Vrijelijk beschikbare fietsen; ze zijn te verkrijgen in het CERN materialen magazijn.
- **<click>**Een specialitische brandweer brigade. Problematiek: Ondergrondse installaties, gevaarlijke gassen, cryogenie, hoogspanning, radioactiviteit etc.
- **<click>**Medische dienst, dokters, psycholoog, hemologie lab (controle radiologische werkers).
- **<click>**Een grote wetenschappelijke bibliotheek.
- **<click>**Werkplaatsen die soms heel grote, kwetsbare apparatuur maken en die b.v. vervoerd moet worden naar de experimenten.
- **<click>**Kleuterschool (ingedeeld bij het CH onderwijs) waar kinderen hun eerste internationale, multi culturele ervaringen kunnen opdoen.
- **<click>**We doen zelfs aan sport: jaarlijkse estafette race rond het terrein. Een tiental groepen meestal die om een trofee strijden!

En verder is er de Staff Association, onze personeelsvertegenwoordiger die bij de CERN directie over de arbeidscondities van het personeel onderhandelt, en eveneens ongeveer 50 clubs met diverse sociale en sportieve activiteiten subsidiëert.



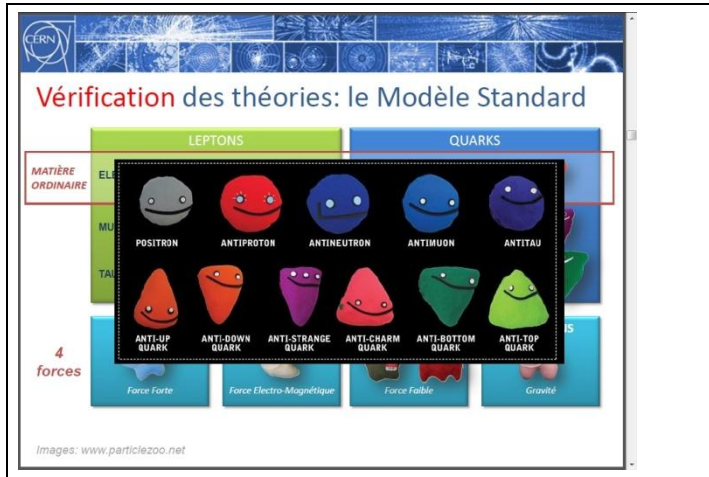
Show tijd over:
45minuten

Na de algemene situering komen we nu in het 'harde, serieuze deel' van deze presentatie!

Show tijd over:
45minuten

CERN's allereerste doelstelling: fundamenteel onderzoek doen.

- Wat zouden we daar onder kunnen verstaan? Heeft iemand een Idee?
Ik denk dat fundamenteel onderzoek behoort tot dezelfde culturele categorie als de 'existentiële vragen' die de mens, sinds hij bewust is dat hij bestaat, aan zichzelf stelt. 'Wie ben ik', 'Waar kom ik vandaan', 'Waar ga ik naartoe' en 'Waarom ben ik hier'... Het is het soort van vragen die men zich stelt waarop vaak geen eenduidig antwoord te krijgen is en waar je in het dagelijks leven ook niet meteen 'iets nuttigs' mee zou kunnen doen.
Fundamenteel onderzoek doen voldoet prima aan zo'n definitie...
- **<click>** Welnu...Dit lijkt ons niet veel verder te brengen, maar toch: ik bedoel hiermee dat in de wetenschap, in het algemeen, **niets** als voor **altijd** voor **waar** kan worden beschouwd. Aan **alles** wat we al weten moet '**getwijfeld**' kunnen worden en steeds opnieuw ondervraagd teneinde eventueel een nieuwe '**waarheid**' te kunnen vaststellen.
Dit is **de** essentie van fundamenteel onderzoek en vrijheid van gedachte en meningsuiting is daarbij een noodzakelijk ingrediënt!
- **<click>** Een voorbeeld hiervan. Materie, wat is dat? Typische fundamentele vraag van de mens die probeert te begrijpen hoe of de wereld waarvan hij deel uitmaakt in elkaar steekt.
- **<click>** Democritus in Griekenland had er reeds zijn gedachten over. Filosofie: er moet iets 'ondeelbaars' bestaan; ongeloofwaardig dat **alles** uit **niets** is opgebouwd. En iets wat niet meer te snijden is heet: 'atomos' in het Grieks. Deze waarheid heeft het heel lang vol gehouden.
- **<click>** Rutherford in Engeland ontdekte in 1909 dat het atoom er zo uit zag: harde, kleine positieve kern met negatieve electronen er omheen cirkelend, een groot volume van 'niets' omsluitend.
- **<click>** Dmitri Ivanenko (met E. Gapon) in Rusland beschreef in 1932 als eerste het model van de nucleus bestaande uit protonen en neutronen. Van twee andere fysica grootheden wordt ditzelfde en in hetzelfde jaar beweerd: Ettore Majorana (Italië) en James Chadwich (UK) die de Nobelprijs voor de ontdekking van het neutron kreeg (1935).
- **<click>** George Zweig en Murray Gell-Mann in de USA bedachten onafhankelijk van elkaar in 1961-64 dat protonen en neutronen een interne structuur hadden. Drie componenten elk, die uiteindelijk quarks werden genoemd en zo werd de nog steeds functionerende 'Standard Model' theorie gevormd.



Show tijd over:
45minuten

Zo komen we bij een tweede doelstelling van CERN: verificatie van theorieën.

- De huidige geldende theorie die de opbouw van alles wat we zien verklaart heet: het Standard Model. Het 'aan de tand voelen' van deze theorie is het dagelijkse werk van de CERN **Theorie en Experimentele Fysica** departementen.
- **<click>**Het Standard Model stelt dat er de familie van Fermions is die uit 2 sub-categorieën bestaat: de Leptons (lichte deeltjes) en de Quarks die de Hadrons (zware deeltjes) opbouwen. Ze vormen tezamen de **elementaire materie deeltjes**.
- **<click>**De Fermions zijn er in 3 generaties maar alleen de 1^e generatie is in ons huidige Universum nog (stabiel) aanwezig. De andere generaties zijn in de loop van het bestaan van het Universum (13.7 miljard jaar) vervallen tot uiteindelijk de 1^e generatie van Fermions.
Alle materie om ons heen, inclusief wij zelf, kan worden opgebouwd uit elementaire deeltjes van de 1^e generatie Fermions. Maar ... om het functioneren van de wereld om ons heen te kunnen begrijpen is de familie van Fermions alleen niet genoeg.
- **<click>** Er is daarom nog een tweede familie van elementaire deeltjes, genaamd de Bosons. De Bosons zijn verantwoordelijk voor de wisselwerkings krachten die tussen de deeltjes van de Fermion familie plaatsvinden.
Verklaren van krachten, van sterk tot zwak; relatieve sterkte t.o.v. de zwaartekracht.
 - **Sterke kernkracht:** bijhouden van quarks en protonen; overwinnen van de EM kracht daartussen. Draagwijdte van de sterke kernkracht is iets meer dan de diameter van een proton of neutron. Boson: **Gluon**.
 - **EM kracht:** elektrische fenomenen (licht, radio golven, transistor, chemie etc.). Draagwijdte van de EM kracht is oneindig. Boson: **Photon**.
 - **Zwakke kernkracht:** Radioactief verval processen. Draagwijdte van de zwakke kernkracht is kleiner dan de diameter van een proton of neutron. Bosons: **W⁻, W⁺, Z⁰**.
 - **Zwaartekracht:** probleem. We weten (nog) niet hoe deze kracht in het SM is in te passen. Draagwijdte van de zwaartekracht is oneindig. Boson: **Graviton**.

| | Gravitational Force | Weak Force | EM Force | Strong Force (quarks) | Strong Force (hadrons) |
|----------------------------------|---------------------|--------------------|------------------|-----------------------|------------------------|
| distance: 10 ⁻¹⁸ M | 1 | 8.10 ⁴⁰ | 10 ⁴¹ | 25.10 ⁴¹ | - |
| distance: 30.10 ⁻¹⁸ M | 1 | 10 ³⁷ | 10 ⁴¹ | 60.10 ⁴¹ | - |
| distance: ~10 ⁻¹⁵ M | 1 | 10 ²⁹ | 10 ³⁶ | - | 20.10 ³⁶ |

- **<click>**Aangezien we denken dat bij de Big Bang evenveel materie als anti-materie gecreëerd werd, bestaat dit model nog in enzelfde versie maar nu als anti deeltjes.



Fundamentele vragen

Waarom hebben deeltjes massa?
Newton kon het niet uitleggen,
maar wij ...
kunnen het bijna.



De Higgs Boson



Show tijd over:
45minuten

Fundamenteel onderzoek is dus het stellen van fundamentele vragen. Nu volgen enige voorbeelden van fundamentele vragen waarop bij CERN naar antwoord wordt gezocht.

- Het SM constateert dat de elementaire Fermions allemaal een verschillende massa hebben. Hoe dat komt is niet helemaal duidelijk. Er is een theorie uitgedacht door een zestal fysici (EN: Peter Higgs, Thomas Walter Bannerman Kibble, BE: Robert Brout, François Englert, US: Gerald Guralnik, Carl Richard Hagen):
- **<click>De Higgs boson.** Het is het verantwoordelijke deeltje dat aan alle andere Fermions hun massa geeft via de wisselwerking, die het vertegenwoordigd, tussen Fermions en het z.g. **Higgs krachtveld** dat zich overal in het Universum bevindt.
Naarmate de wisselwerking tussen de Higgs boson en de Fermion sterker is, is de massa van die laatste groter.
Het Higgs veld is te illustreren door het met een sneeuwveld te vergelijken waarin zich een snowboarder, een met sneeuwschoenen uitgeruste wandelaar en een wandelaar zonder enig hulpmiddel verplaatsen.
 - De snowboarder vliegt over het sneeuwveld; zijn wisselwerking met het sneeuwveld is gering; in het Higgs veld betekent het dat zijn massa gering zou zijn.
 - De met sneeuwschoenen uitgeruste wandelaar zakt enigszins in de sneeuw. Hij verplaatst zich daarom langzamer als de snowboarder; zijn wisselwerking met het sneeuwveld is groter; in het Higgs veld betekent het dat zijn massa groter zou zijn als die van de snowboarder.
 - De niet uitgeruste wandelaar zakt tot zijn heupen in de sneeuw. Hij verplaatst zich moeizaam, langzamer als de andere 2 wandelaars. Zijn wisselwerking met het sneeuwveld is zeer sterk; in het Higgs veld betekent dat dat zijn massa veel groter zou zijn als die van de andere twee wandelaars.
- Op **4 Juli 2012** hebben de LHC experimenten ATLAS en CMS signaturen van het vervallen van een 'Higgs-like boson' gedetecteerd. En op **14 Maart 2013** is door Atlas tijdens de 'Moriond Rencontres' (La Thuile; Italië) bevestigd dat inderdaad het vervallen van de Higgs was gedetecteerd. Verdere studie van de meetresultaten is echter nodig om te kunnen bevestigen dat het inderdaad Higgs bosons van het 'Standard Model' waren die vervielen.
De levensduur van de Higgs boson, voordat hij vervalt, wordt gedacht in de orde van $1E^{-23}$ sec. te zijn; dus nooit direct te zien door de experimenten - de afstand is te groot.



Fundamentele vragen

Waaruit bestaat de massa van het Universum?

We zien slechts...
... 5% van zijn
geschatte massa!

Zwarte Materie?
Zwarte Energie?



Show tijd over:
45minuten

Nog een fundamentele vraag. We stellen ons deze vraag want:

- Als we alle massa die we vinden bij elkaar rekenen, dan **kan** het Universum, volgens wat we weten (SM) **nooit werken** zoals we het **zien dat het werkt**... De galaxies zouden uit elkaar moeten vliegen en niet als enorme stelsels om een centraal punt draaien. Zwaartekracht alleen is niet genoeg. Ook de geconstateerde versnellende expansie van het Universum vereist aanzienlijk meer aanwezige energie dan we kunnen berekenen a.d.h. van wat we nu weten en zien.
- **<click>**Want we zien slechts 5% van de massa die ervoor nodig is zodat er overeenstemming is tussen waarneming en berekening. Er zou dus meer moeten zijn.
- **<click>**Aangezien we niet weten wat het is, hebben we het maar 'zwarte materie' en 'zwarte energie' genoemd.
- Gezamenlijk vertegenwoordigen deze twee dus een 'gemis' van 95% van de massa en energie in het Universum:
 - 25% Zwarte (of donkere) materie
 - 70% Zwarte (of donkere) energie
- Cosmologie en astronomie hebben al aanwijzingen voor een ev. bestaan van die zwarte materie en energie opgeleverd.
- We hopen dat CERN met LHC en vnl. zijn experimenten ATLAS en CMS eveneens een tip van deze sluier zal oplichten.

Fundamentele vragen

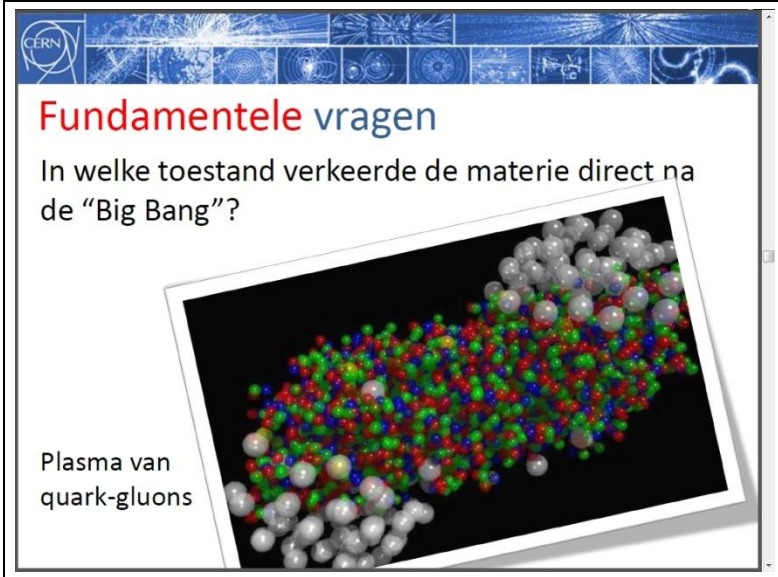
Waarom is er geen antimaterie in het Universum?

Alpha Magnetic Spectrometer – 02
Geassembleerd op CERN – Control Room op CERN
Gelanceerd voor ISS op 16 Mei 2011 met
space shuttle Endeavour. (Laatste vlucht)

Show tijd over:
45minuten

Wederom een vraag waarop we nu (nog?) geen antwoord kunnen geven.

- Bij het ontstaan van ons Universum, 13.7 miljard jaar geleden, werden materie en anti-materie in gelijke hoeveelheid gecreëerd.
- Waar we ook kijken, in welke richting dan ook, we zien slechts materie.
- **<click>**Materie en anti materie annihileren elkaar en gaan op in een flits van pure energie. Op dit moment is er daarom een experiment, AMS-02, dat **buiten** de dampkring zoekt naar een verklaring voor de afwezigheid van anti-materie via het analyseren van kosmische straling. Wellicht vindt men zelfs sporen van anti-He!
- **<click>**Het is geen echt CERN experiment, maar er is wel werk ervoor op CERN gedaan.
- Men denkt dat voor elke 10^8 anti materie deeltjes er $10^8 + 1$ materie deeltjes waren. Annihilatie deed 2×10^8 deeltjes verdwijnen; één deeltje materie bleef over en dat is wat het Universum uiteindelijk is geworden.
- Het LHC experiment LHCb is er speciaal voor uitgerust om een miniem verschil tussen materie en anti materie te onderscheiden. Dat verschil zou uitleggen waarom materie de strijd voor het bestaan heeft gewonnen.



Fundamentele vragen

In welke toestand verkeerde de materie direct na de "Big Bang"?

Plasma van quark-gluons

Show tijd over:
45minuten

Een laatste vraag.

- Direct na de Big Bang was was de totale energie van het Universum nog in een heel klein volume. De energie dichtheid op dat moment was dus enorm en kan worden uitgedrukt in de vorm van een temperatuur.
- Terug rekening levert ons zo een temperatuur van het toenmalige Universum op van ongeveer. 10^{16} K (graden); ca. 10^6 maal zo hoog als de temperatuur in het centrum van onze (huidige) zon.
- In zo'n environment denken we dat quarks en gluons zich vrij van hun 'proton of neutron gevangenis' kunnen bevinden.
- **<click>**We noemen deze staat een quark-gluon plasma.
- Het ALICE experiment van LHC is gemaakt om dit environment te recreëren en om 'druppeltjes' van deze 'primordial state of matter' te bestuderen.

Daartoe gebruikt het geen protonen maar lood kernen (ca. 208x zwaarder) die versneld worden door LHC in de laatste maanden van een operationeel jaar.



Verenigen van de Naties en scholing

- De grootste internationale wetenschappelijke samenwerking
- Verscheidene programma's voor studenten (alle niveau's)
- Meer dan 100 landen
- Honderden fysica instituten
- De helft van HE deeltjes fysici van de wereld



Show tijd over:
45minuten

Twee andere statutaire missies van CERN:

- Het bevorderen van samenwerking tussen verschillende naties en culturen door middel van wetenschappelijk onderzoek.
- Het verspreiden van wetenschappelijke kennis op een zo groot mogelijke schaal door onderwijs op alle niveaus en in veel disciplines: van leerlingstelsel tot post-doctoraal; in fysica, techniek (mechanica, electronica, programmering etc.), administratieve sector.
- CERN geeft regelmatig cursussen (meerdere malen per jaar) voor fysica leraren uit alle landen ter wereld om ze met de laatste ontwikkelingen in het fysica domein op de hoogte te brengen.
- Jaarlijks komen gedurende de zomervakantie maanden zo'n 300 'Summer students' van universiteiten en hogescholen uit vele landen (alleen lidstaten??) 2-3 maanden naar CERN waar ze 'meedoen' in het werk dat gedaan wordt in laboratoria die zich hebben bereidgesteld ze op te nemen en vorming te geven. Ze volgen bovendien colloquia die gegeven worden door specialisten (physici, technici) in alle disciplines die op CERN worden uitgevoerd (fysica, versneller techniek, electronica, informatica, cryogenie etc.).
- Er wordt een speciale inspanning gedaan om de landen van Afrika te interesseren voor CERN.



Show tijd over:
45minuten

We zullen het nu over de technische installaties hebben.

Heeft iemand een idee?



Show tijd over:
45minuten

We zouden b.v. appels kunnen nemen. Wat zou dat opleveren als we voortdurend de energie van de botsing zouden laten toenemen?

- Twee beurse plekken.
- Wegvliegende stukken van de appels.
- Appelmoes.
- Appelsap.

Maar als we echt heel veel energie in de appels zouden kunnen brengen, dan gebeurt er iets anders.

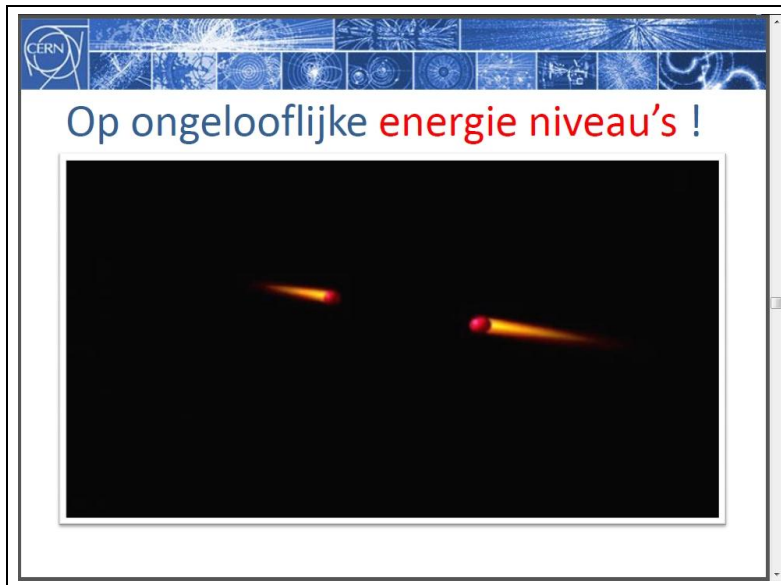
De regels van de fysica van het 'milieu' waarin wij leven zijn namelijk niet helemaal hetzelfde zoals die welke bestaan in een 'milieu' waarin de energie dichtheid heel veel hoger is. Een 'milieu' dat dus ontstaat naarmate er meer energie in de botsende objecten wordt gestopt.

Het is dus de 'energie dichtheid', de energie per volume eenheid, die een grote rol speelt wat betreft de geldende fysica regels.

Maar zelfs binnen de grenzen van ons leefmilieu constateren we eveneens een verschillend gedrag van materie als functie van de energie dichtheid van het milieu waarin het zich bevindt.

Dat van water b.v. als de energie dichtheid van het milieu waarin het zich bevindt, verandert. Vloeibaar onder 'normale' omstandigheden van het milieu, het wordt vast als de energie dichtheid onder een bepaalde waarde daalt en het wordt gasvormig als de energie dichtheid boven een bepaalde waarde uitstijgt. Vloeibaar, vast of gasvorming; de materie heeft in die toestand een ander gedrag en andere eigenschappen.

Het lager of hoger worden van de energie dichtheid van het 'milieu' ervaren we als de 'temperatuur' van ons milieu. Hogere energie dichtheid betekent een hogere temperatuur; lagere dichtheid een lagere temperatuur.



Show tijd over:
45minuten

De regel die in de door CERN bestudeerde fysica geldt is die van Einstein: $E = mc^2$. Hij leert ons:

- Dat **energie** en de **massa** van materie hetzelfde vertegenwoordigen; afgezien van een natuur constante (in het kwadraat), nodig om getalwaarden gelijk te maken links / rechts van het '=' teken.
- Dat energie daardoor vrijelijk in materie kan worden **omgezet en** dat materie vrijelijk in energie kan worden getransformeerd; **de formule werkt beide kanten op.**
- De formule doet geen uitspraak, nòch over de soort of origine van de materie of energie, nòch over de **werking** van het transformatie proces (die we overigens **niet** kennen...); het zegt alleen maar dat ze equivalent zijn in getal waarde!

<click>Het is deze eigenschap van materie / energie equivalentie die op CERN uitgebreid wordt bestudeerd **door ervan gebruik te maken**. Dit zijn de étappes die achtereenvolgens plaatsvinden:

- We laten materie deeltjes, na ze versneld te hebben, met elkaar botsen en transformeren zo de materie deeltjes **en** de hen toegeleverde bewegingsenergie om in pure energie.
- Uit het volume van pure energie 'condenseren' a.h.w. zich vervolgens nieuwe deeltjes; deeltjes die als zodanig **niets te maken hebben** met de originele deeltjes die aan hun ontstaan vooraf gingen. Appels kunnen zo bananen en peren opleveren!
- Ondertussen neemt het volume, waarin we de pure energie door de botsing creëerden, gestadig toe: de ontstane deeltje vliegen immers weg en nemen elk een beetje van de gecreëerde energie in de vorm van hun massa en hun beweging met zich mee.
- Aan het zo toenemende volume van het botsings theater kan een **afnemende temperatuur** worden toebemeten want de hoeveelheid totale energie waarmee we ons proces begonnen is constant: de botsingsenergie.
- In die '**koelere**' omgeving kunnen de eerst gecreëerde deeltjes **niet meer bestaan**, de omgeving is te 'koud' geworden, ze **vervallen** in andere deeltjes en wellicht energie.
- Dit (radio actieve) verval proces gaat voordurend door totdat uiteindelijk deeltjes in een **stabiele staat** wordt bereikt.
- Dit scenario is exact hetzelfde als wat er met ons Universum nu gebeurt of gebeurd is!

Op ongelooflijke energie niveau's !

7 TeV



100'000'000'000'000'000'000'000'000'000

Show tijd over:
45minuten

De energie die in LHC aan de botsende protonen gegeven wordt bedraagt maximaal 7TeV. Hoeveel is dat nu eigenlijk vergeleken met dagelijkse grootheden?

- Uitleg van de energie eenheid eV. Twee platen, 1.5V batterij, een proton wordt versneld tot 1.5eV als hij bij de negatieve plaat aankomt.
- 7TeV is 7000 miljard electron volt.
- Lijkt wel veel, maar wat moet ik mij daar bij voorstellen?
- **<click>** Welnu, 7TeV is een hoeveelheid energie die ligt in de orde van grootte van de bewegings energie, opgeslagen in de vlucht van een mosquito!
- Echter, met dit grote verschil, dat LHC die energie in **elke** proton die het versnelt stopt terwijl het bij de mosquito de gezamenlijke energie van **al** zijn ongeveer **<click>** 10^{26} protonen en neutronen vertegenwoordigt (Hmmm ... wat denkt Avogadro hiervan?).
In ieder geval: het is inderdaad op proton niveau een grote hoeveelheid energie!



Show tijd over:
45minuten

Hoe komen we tot die energie met de protonen in LHC? Het is als een meer traps raket:

- Waterstof gas wordt in een geregelde stroom in een ionisatie kamer opgewarmd en de electronen worden door een sterk electisch veld afgestriipt.
- Initiëel gebundeld en in 'plukjes' versneld in Linac2 tot 50MeV. De bereikte snelheid is dan ongeveer 31% van de lichtsnelheid: ca. 100.000km/Sec. Linac2, 30M lang, levert elke 1.2Sec een batch protons af.
- Splitsen van de batch in 4-en en injectie in elk van de 4 boven elkaar gesitueerde PS Booster secties van omtrek: 157M. PSB zorgt voor kortere bunches van hoge intensiteit. Circulaire versnelling heeft het voordeel dat de versnelsectie van de machine meerdere malen gebruikt wordt en zo in een gegeven fysieke ruimte een hogere eind energie wordt verkregen. Nadeel is dat een complexe magneet installatie nodig is voor het circulaire traject van de protonen. Na versnelling en bij ejectie naar PS wordt een nieuwe batch uit 4 of 2 versneller secties van PSB geformeerd. Eind energie: 1.4GeV en de snelheid is dan 91.6% van de lichtsnelheid: ca.275.000km/Sec. PSB levert elke 1.2Sec een batch protonen af.
- Tijdens de versnel fase van PS passeren de protonen de z.g. transitie energie waarbij het versnelproces zich, i.p.v. op snelheidstoename, meer toelegt op toename van de massa. Aan het einde van PS versnel fase is de proton energie 24GeV en de snelheid is 99.93% van de lichtsnelheid; de massa van de protonen is toegenomen tot 24x hun rust massa. PS levert iedere 3.6Sec een ejectie voor SPS en is 628M in omtrek. Het is CERN's meest flexibele machine en in bedrijf sinds 1959!
- SPS ontvangt 2, 3 of 4 PS bunchtrains alvorens ze te versnellen tot 450GeV. Aan het eind van de versnel fase hebben de protonen een 450x zo grote massa als in rust. De snelheid van de protonen is nu 99.9998% van de lichtsnelheid. SPS is 6.9km in omtrek en is in dienst sinds 1976.
- LHC wordt met 12 ejecties uit SPS per bundelpijp, CW and CCW, gevuld in 2x 4.32Min waarna de versnelfase van LHC plaatvindt die ong. 20Min duurt. Deze lange tijd is nodig vanwege de supra geleidende magneten. Aan het eind hebben de protonen een energie van 7TeV; hun snelheid is nu 99.9999998% van de lichtsnelheid en hun massa is toegenomen met een factor 7000 t.o.v. hun rust massa.
Nu kunnen de bundels op botsings traject in het centrum van de experimenten worden gestuurd!

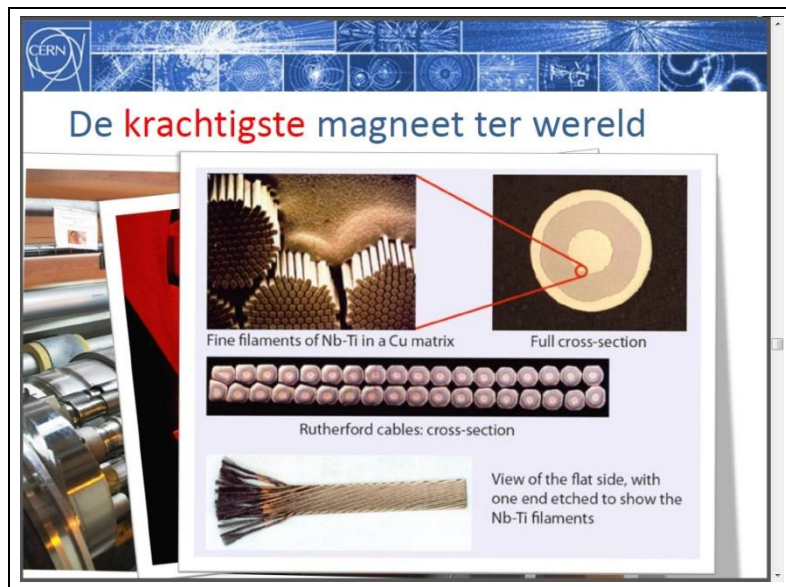


Show tijd over:
45minuten

Hier zien we een lucht opname van de geografische locatie van onze versnellers.

- Voorgrond: vliegveld van Genève, achtergrond: Jura gebergte.
- [<click>](#)En hier is de grens tussen CH en FR.
- [<click>](#)Dit zijn de 2 sites: Meyrin, waar we nu zijn en Prévessin waar ik b.v. mijn tijd doorbracht. Hier [<aanwijzen>](#) is het SM18 lab waaraan we straks een bezoek zullen brengen.
- [<click>](#)Hier ligt, 30-40M diep, CERN's voorlaatste grootste versneller, het SPS. Het is de machine waarvoor het Prévessin lab in eerste instantie werd gebouwd (door gebrek aan plaats in Meyrin).
- [<click>](#)En tenslotte ziet u hier de contour van LHC en zijn 4 grote experimenten: ATLAS, ALICE, CMS en LHCb. Op deze plaatsen kruisen de 2 LHC bundels elkaar. LHC ligt op een diepte van 40-130m onder een helling van 1.4% in de 'molasse', een soort van zand-en-klei-steen die goed te boren is (voor de tunnel) en zo ook tegelijkertijd als het stabiele fundament voor LHC dient.
- Anecdote: In NL weten we alles van eb en vloed. Die invloed van Maan en Zon op de aardkorst kennen wij hier ook: we hebben gemeten dat de aardkorst in onze buurt een beweging van ongeveer 4-5cm maakt, 2x per dag. Dit heeft invloed op de lengte van het magnetische pad van de protonen in LHC en er moet voor gecompenseerd worden.

In de nu volgende plaatjes wil ik laten zien dat LHC en zijn experimenten een installatie is van superlatieven, van overtreffende trap!



Show tijd over:
45minuten

Allereerst de magneten van LHC. Ze maken dat de protonen een cirkel vormig traject volgen i.p.v. gewoon rechthoekig gaan.

- Buigmagneten in de LHC tunnel. Twee magneten in één blok; voor de twee proton bundels, rondgaand CW en CCW richting. Een buigmagneet weegt 32ton.
De vereiste magnetische veldsterkte om een proton bundel van 7TeV te laten rondgaan in een cirkel van 27km omtrek bedraagt 8.3T.
In vergelijking, een magneet van een normale electromotor heeft een sterkte van ten hoogste 2T. Boven deze waarde gaat het ijzer in verzadiging; de magneetsterkte neemt niet meer toe als we de stroomsterkte in zijn spoel vergroten.
Om zo'n sterk magneetveld voor LHC te maken zijn dus grote elektrische stroomsterkten noodzakelijk en die slechts te maken zijn in in de relatief dunne draden indien we gebruik maken van supra geleidende materialen.
- **<click>**De spoelen: 40 windingen aan de bovenkant, 40 aan de onderkant van de vacuum buis.
Let op, benadrukken voor de volgende slide! We zien de Rutherford kabel waarmee de windingen van de spoelen gemaakt zijn.
- **<click>**Detail van die kabel: 36 draden van 1.065mm diameter tesamen gevlochten.
- Detail van een draad: Koperen matrix waarin tijdens het productie proces 8900 filamenten van 7µm diameter uit een Nb-Ti legering met een precisie van ca. 1-2µm gepositioneerd zijn. Alle stroom, max. 11.800A, vloeit uitsluitend door die filamenten.

De magneten van LHC zijn de krachtigste **dipool** magneten die de mensheid ooit in serieproductie heeft gebouwd. Potentieel zijn ze in staat om tot 9T te worden 'opgevoerd'. Operationeel blijven we echter binnen ruime veiligheidsmarges en gaan daarom niet verder dan max. 8.3T.

Indien bezoek aan SM18: Minder detail tijdens de conferentie; vermelden: 'We komen hierop in detail terug als we het lab zelf bezoeken waar een magneet in de expositie staat'.



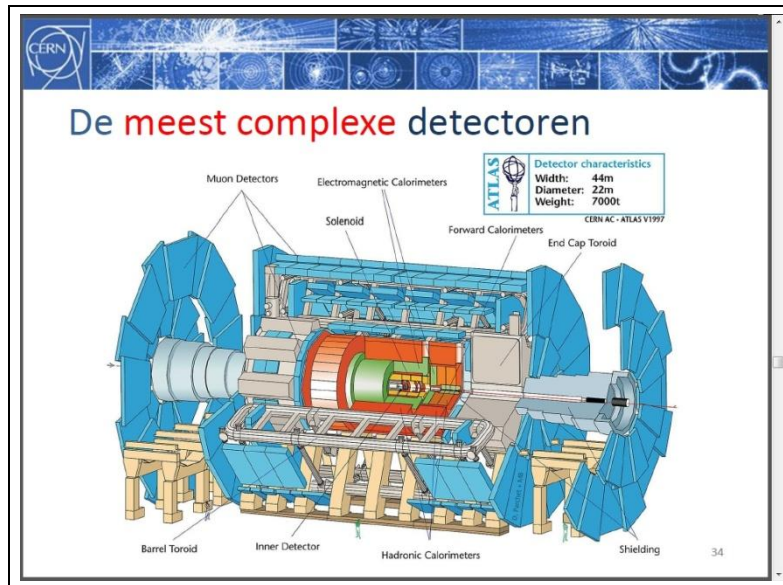
Show tijd over:
45minuten

Teneinde een zo sterk mogelijk magnetisch veld te verkrijgen maken we dus gebruik van super geleidende materialen.

- Als materiaal voor de windingen van de magneten wordt een legering van Nb-Ti gebruikt en die wordt super geleidend bij een temperatuur van 4.5K.
- In LHC gaan we zelfs nog lager, nl. tot 1.9K want op die temperatuur bevindt zich het koelmiddel, vloeibare Helium, in de zg. staat van super vloeibaarheid.
- Super vloeibaar Helium kan met gemak de kleine tussenruimten (0.2mM tussen de 'collars') van de magneet binnendringen, tot in de Rutherford kabel in contact komend met de individuele draden.
- Helium in super vloeibare staat heeft bovendien un zeer grote warmte geleidendheid (100x beter als koper) waardoor bij ev. 'hotspots', die de supergeleidendheid van de magneet zouden kunnen bedreigen, ogenblikkelijk de ontstane warmte kan worden afgeleid en zo een 'quench' wordt vermeden.
- In LHC is in totaal zo'n 120ton Helium voorhanden. Ongeveer 90ton daarvan bevindt zich in de magneten en de rest is te vinden in de toe- en afvoer leidingen en in de koelmachines. De koelinstallatie is rondom LHC gedistribueerd in 5 cryogenische 'eilanden'. Dit is één van die koel installaties.
- [<click>](#) En hier ziet U een opslagplaats voor gasvormig Helium in aanbouw (250m³; bij 20bar).

De operationele temperatuur van de super geleidende magneten van LHC is dus 1.9K en dat is kouder dan in het Universum... De achtergrond temperatuur van het Universum, overblijfsel van de Big Bang bedraagt ongeveer 2.7K!

Indien bezoek aan SM18 / ATLAS: Minder detail tijdens de conferentie; vermelden: 'We komen hierop in detail terug als we het lab/experiment zelf bezoeken waar een magneet/He opslag plaats in werkelijkheid te zien is'.



Show tijd over:
45minuten

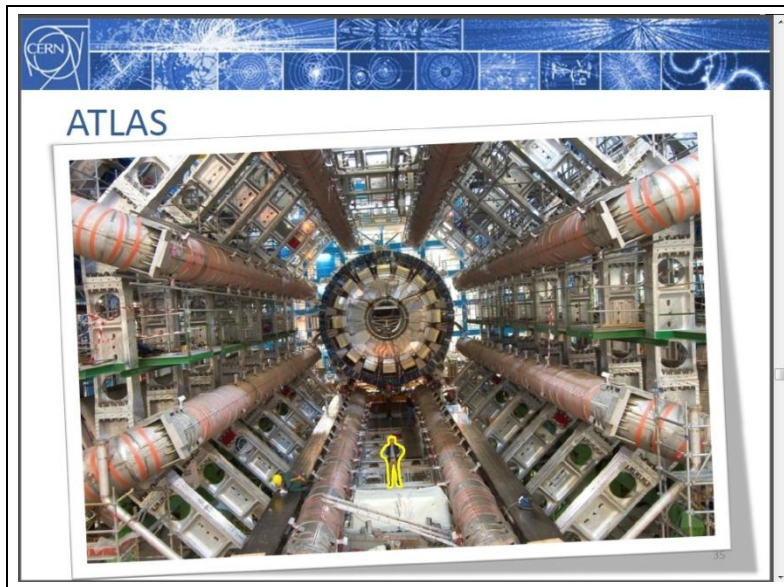
De experimenten van LHC zijn de meest complexe wetenschappelijke instrumenten die ooit door de mensheid gebouwd zijn. We laten achtereenvolgens wat foto's van de 4 experimenten van LHC zien: Atlas (LHC pt. 1), Alice (LHC pt. 2), CMS (LHC pt. 5), LHCb (LHC pt. 8).

Aan de hand van deze tekening van het Atlas experiment hier een korte beschrijving van de werking. Het principe van alle experimenten is ongeveer hetzelfde, de technologische keuze voor de uitvoering is afhankelijk van het specifieke doel, onderzoekings gebied, waarvoor de detector vooral bedoeld is.

We onderscheiden hier:

- Innerdetector: Silicium pixel- (80Mpixels), strip- (6Mstrips) en gasgevulde 'straw' (50k barrel + 300k endcap) detectors voor het registreren van de gevormde trajecten die de gecreëerde deeltjes door het magneetveld van de solenoïde maken.
- Super geleidende solenoïde magneet (7.7kA; 2T) voor het mogelijk maken van deeltjes identificatie t.g.v. gebogen trajecten.
- EM calorimeter. Stoppen van fotonen en electronen in een dunne afscherming (lood, RVS, vloeibaar Ar) hetgeen een flux van secondaire deeltjes creëert. Secondaire deeltjes dissiperen hun energie volledig (ionisatie) in de calorimeter. Deze detecteert zo de energie van de initiële fotonen (geen track in innerdetector) en electronen (wel een track in de silicon pixel/strip innerdetector).
- Hadronic calorimeter. Hadronen verliezen geen energie in de EM calorimeter. Stoppen van protonen (track in innerdetector), neutronen (geen track in innerdetector), pionen (track in innerdetector) in staal - scintillator sandwich constructie. Secundair gecreëerde deeltjes verliezen hun energie volledig in de calorimeter is een maat voor de energie van de initiële hadron.
- Muon spectrometer. Is gebouwd in en om de super geleidende toroïde magneet (20.5kA; 4T)

Indien bezoek aan ATLAS: Minder detail tijdens de conferentie; vermelden: 'We komen hierop in detail terug als we het experiment zelf bezoeken waar een tekeningen en in een 3D film de werkelijkheid te zien is'.



Show tijd over:
45minuten

De werkelijkheid tijdens de opbouw.

Atlas is een 'general purpose' detector.

Atlas onderzoekt vooral de Higgs boson, aanwijzingen voor het oplossen van het zwarte materie / zwarte energie probleem van het Universum. Ook het ontstaan van de elementaire krachten in het allereerste moment na de Big Bang is een studie onderwerp net als aanwijzingen voor eventuele hogere dimensies die in het Universum zouden kunnen bestaan volgens de String theorie; een andere dan de huidige, populaire, Standard Model theorie.

- Vraag: hoeveel mensen staan hier op de foto? Antwoord: 4!
- [click](#) Hier staat b.v. iemand. Heb zelfs gehoord van Ger-Jan Bobbink (van het NIKHEF dat in de Atlas collaboratie meewerkt) dat het een Nederlander zou zijn!



Show tijd over:
45minuten

De werkelijkheid tijdens de opbouw.

Alice heeft als specialiteits onderzoek terrein de studie van 'primordial matter' ofwel het quark-gluon plasma dat in de allereerste ogenblikken na de Big Bang ons Universum uitmaakte.

Voor dit experiment wordt speciaal aan het einde van elk operationeel jaar van LHC gedurende 2-3 maanden lood kernen i.p.v. protonen versneld. Lood kernen zijn ca. 200x zwaarder dan protonen. De vrijgekomen botsings energie wordt geacht voldoende te zijn voor de zeer hoge energiedichtheid die nodig is voor het creëren van zo'n quark-gluon plasma. In temperatuur uitgedrukt spreken we hier van 10^{16} K of wel 10^6 x hoger als die in het centrum van de zon.

In deze staat zou het mogelijk kunnen zijn dat de quarks en gluons vrij bestaan, los van hun gebruikelijke proton of neutron 'gevangenis'.



Show tijd over:
45minuten

De werkelijkheid tijdens de opbouw.

CMS is eveneens een 'general purpose' detector.

CMS heeft een soort gelijk onderzoeks programma als Atlas, maar omdat het een andere technologische oplossing heeft gekozen voor de constructie van de detector, geeft het een hoge geloofwaardigheid aan meetresultaten als zowel CMS en Atlas op een aantal onderzoeksgebieden tot dezelfde meetresultaten en conclusies komen.



Show tijd over:
45minuten

De werkelijkheid tijdens de opbouw.

LHCb is een experiment dat speciaal afgestemd is op het onderzoeken van kleine verschillen die tussen materie en anti materie zouden kunnen bestaan.

LHCb zoekt naar een aanwijzing waarom alle anti materie uit ons Universum is verdwenen.

LHCb is een asymmetrisch experiment. Terwijl de andere LHC experimenten het intersectie punt, waar de botsing tussen protonen plaatsvindt, volledig omsluiten, heeft LHCb zijn intersectie punt uiterst rechts op de foto. LHCb kan dus 'slechts' de helft van de gecreëerde deeltjes meten als die naar links op de foto vliegen.

LHCb heeft daardoor grofweg gesproken 2x zoveel plaats beschikbaar voor die meting als andere experimenten. De prijs die echter daarvoor betaald moet worden is dat ze slechts de halve reactie kunnen meten.

De deeltjes van interesse voor LHCb vliegen zeer dicht om de bundel; om ze te kunnen meten kost het derhalve wat moeite, en dus weglengte, ze daar vandaan te trekken voor de meting.

Voor het doel waarvoor LHCb is gemaakt is die prijs dus niet te hoog.

- [<click>](#)Voor het mannetje.



Show tijd over:
45minuten

Tijdens ontwerp van LHC en zijn experimenten was het duidelijk dat de geproduceerde hoeveelheid meet data enorm zou zijn en dat de bestaande infra structuur er niet mee overweg zou kunnen.

De oplossing was de creatie van een nieuw soort computer nu niet in één geografische plek, maar ontworpen als een combinatie van veel computers die tesamen, onderling verbonden met een zeer snel netwerk, reageren alsof het één machine is. Deze super computer wordt het 'Grid' genoemd en is in staat de LHC data generatie het hoofd te bieden.

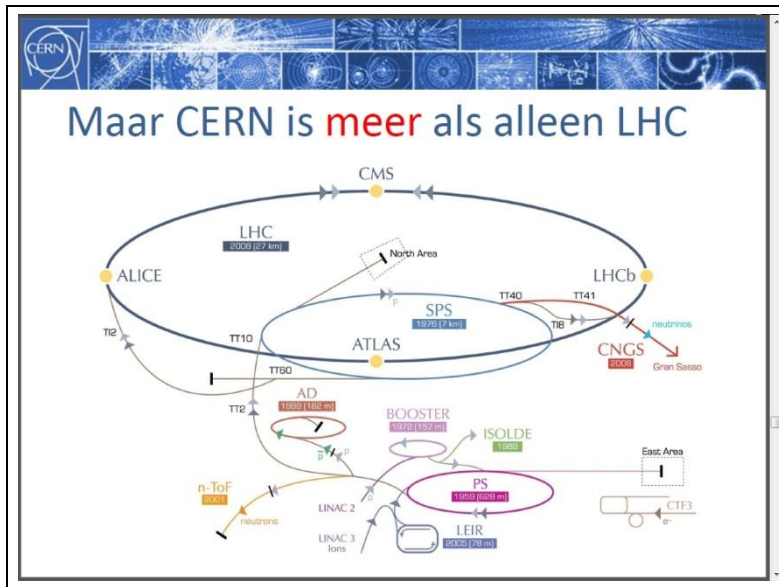
Vergeleken met b.v. het WWW, is dit een enorme verandering want het netwerk geeft niet alleen de mogelijkheid om informatie te vinden, maar het laat ook toe om 'werk' voor een gebruiker te doen, 'ergens' uit te besteden en daarna de resultaten terug te sturen. Net als een lokale computer.

Wat u op de foto ziet is één van de tape cassette robots. De robot managed tape cassettes (1Tbyte) waarop data staat die al enige tijd niet meer aangevraagd is en daarom van de harddisks is afgehaald.

Het ontwerp van het Grid bestaat uit 3 lagen, 'Tiers' geheten:

- **<click>** Tier 0: Dit is CERN, 20% Grid computing power, waar de data gegenereerd wordt. CERN stuurt na een eerste buffering de data direct door naar:
- **<click>** Tier 1: Dit zijn 11 grote academische rekencentra (30% power) verspreid over de wereld, bv. SARA in Amsterdam. De fiber data connectie van/naar CERN van Tier 1 heeft een snelheid van 10Gb/Sec. De Tier 1 centra nemen het volledige data volume van de LHC experimenten over en distribueren dat vervolgens naar:
- Tier 2: Dit zijn ong. 180 kleinere rekencentra (50% power) verspreid over de hele wereld. Vanaf de Tier 2 centra kan een fysicus ergens in de wereld zich lokaal aan het Grid verbinden en de volledige dataset van de LHC experimenten accederen.

Het op het CERN terrein gelegen Tier 0 rekencentrum gebouw kan niet verder worden uitgebreid vanwege gebrek aan electriciteit voor zowel de computer farm als voor de koeling daarvan (is binnenkort: 3.5Mwatt). Daarom wordt er met een 100Gb/Sec een fibre link een tweede centrum in Hongarije, het Wigner Centre, gebruikt zodat de reken en (opslag) geheugen capaciteit van de CERN Tier 0 met 20.000 cores en 5.5Pbytes toeneemt.



Show tijd over:
45minuten

Behoudens LHC met zijn experimenten kan gezegd worden dat praktisch elk van de versnellers zijn eigen cluster van experimenten om zich heeft. Als voorbeelden kunnen we onderscheiden:

- PS Booster: levert protonen voor het ISOLDE experiment dat al minstens 25 jaar zijn werk doet (radio actieve isotopen analyse). Populair in de Noordse landen.
- PS: FT experimenten in de Oost Hall, Neutronen experiment nTOF, productie van anti-protonen voor het Anti-matter Decelerator complex waar anti-materie (anti Waterstof) wordt bestudeerd (was de inspiratie voor "Angels and Demons").
- SPS: Verscheidene FT experimenten in de Noord zone, CNGS muon neutrino bundel (experiment staat in Gran Sasso; 735km ver weg).

LHC zelf heeft ook nog enkele kleinere experimenten die dezelfde botsingen gebruiken als de 4 grote experimenten:

- Bij ATLAS: LHCf heeft 2 detectors van 30 x 10 x 10cm [L x H x B] op 140m van het collision point.
- Bij CMS: TOTEM detector (Roman pots) 440 x 5 x 5m [L x H x B] dichtbij het collision point.



Show tijd over:
45minuten

De 'Ham' vraag!



Show tijd over:
45minuten

Er zijn hier soms oplossingen voor CERN problemen bedacht die interessant blijken te zijn voor de rest van de wereld...

De baas van Tim, Mike Sendal, had op het papier van zijn voorstel geschreven: "Exiting but vague...". Gelukkig vond hij het toch nog goed genoeg om Tim zijn gang te laten gaan.

Een verduidelijking voor het algemene publiek:

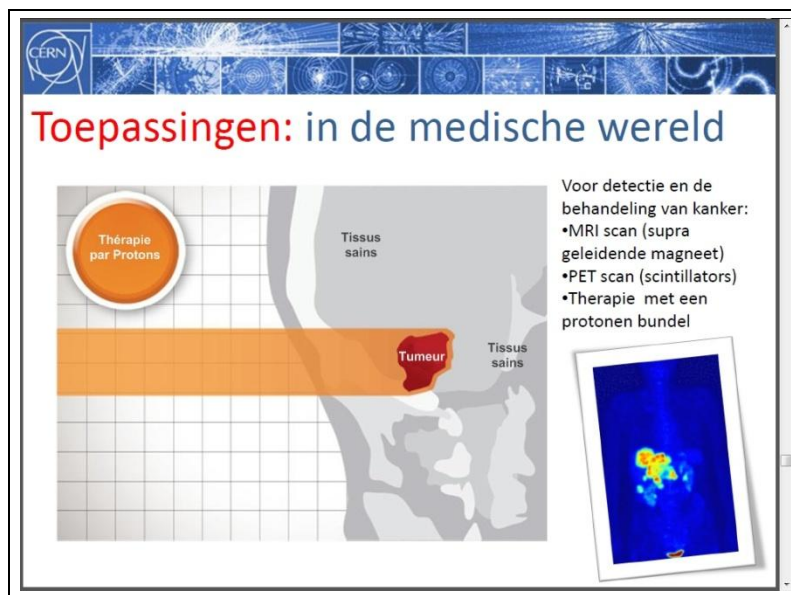
Internet (TCP/IP) is de "autobaan", de "infrastructuur", waarop de "vrachtauto" WWW (protocol http) rijdt die de informatie transporteert welke de gebruiker achter zijn PC wil ontvangen.

Er zijn nog andere "voertuigen", protocollen (de traditionele telnet, ftp en smtp, pop et imap voor e-mail bv.), die eveneens op de "autobaan" aanwezig kunnen zijn en die ieder hun eigen informatie meedragen, die geformuleerd is in ieder hun eigen "taal".

Het eerste Internet segment kwam tot leven in Amerika eind 1969 en de eerste WWW server kwam in leven op CERN in 1989.

Internet is uitgevonden door een aantal US universiteiten op verzoek van de militairen die een communicatie systeem tussen (ver van elkaar verwijderde) computers wilden hebben zonder dat er ergens een centrale computer nodig zou zijn die als gemeenschappelijke "brievenbus" dienst moest doen. Zo'n nieuw systeem zou de problemen van de kwetsbaarheid van de communicatie en de merken diversiteit van hun computers en programmeertalen (onderling incompatibel wat communicatie betreft) definitief moeten oplossen. Zie:

<http://en.wikipedia.org/wiki/Internet#History>



Show tijd over:
45minuten

Magnetic Resonance Imagery scanners maken gebruik van deeltjes fysica quantum eigenschappen van atomen zoals de 'spin'. Om die te manipuleren en om dan vervolgens de effecten te kunnen detecteren zijn sterke magneten nodig. Supra geleiding is de oplossing.

Er worden meer als 3000 supra magneten per jaar geproduceerd door de industrie. De know-how van die industrie voor het fabriceren komt oorspronkelijk uit laboratoria zoals CERN.

Positron Emission Tomography scanners gebruiken radioactieve tracers die positronen (anti materie) uitstralen. De tracers zijn uitgedacht met een hoge chemische affiniteit voor de tumor. De annihilatie van de positronen met materie elektronen vindt daarom vooral plaats in de tumor en treedt zeer snel na de emissie van het positron op. De annihilatie wordt zo in 3D gedetecteerd via scintillator kristallen die ook op CERN in gebruik zijn. Bovendien is de techniek van beeldvorming (de Imagery) via de ontvangen elektrische signalen precies hetzelfde als die voor fysica experimenten gebruikelijk is.

In klassieke gevallen van tumor bestraling met γ of Röntgen straling wordt ook veel stralingsenergie afgegeven in het voor liggende, gezonde, weefsel hetgeen beschadiging als resultaat heeft.

Bovendien is het moeilijk om de localisering van de bestraling precies te regelen. Sommige tumors, naast hersenstam of naast een oog, kunnen niet behandeld worden op deze manier.

Proton bundels daarentegen kunnen zeer nauwkeurig in plaats en energie geregeld worden. Hierdoor kunnen ze precies op de juiste plek worden gestuurd (met magneten) en op diepte van bestraling (hun energie) worden geregeld. Protonen verliezen het grootste deel van hun energie in het laatste deel van de afgelegde weg, vlak voordat ze gestopt worden. De 'tuning' van de bundel energie maakt zo dat vrijwel alle energie van de protonen wordt afgegeven in de tumor; het voorliggende weefsel zal niet of heel weinig beschadigd worden.

Op CERN is een samenwerkingsverband met het HUG gaande m.b.t. gebruik van protonen bundels voor therapeutische toepassing. CERN is ook de coordinator van 3 van de 4 EU gesubsidieerde projecten binnen het ENLIGHT netwerk (European Network for Light Ion Therapy), een samenwerkingsverband van 20 Europese landen voor research en uitwisseling op gebied van Hadrontherapie.



Toepassingen: voor beveiliging

Analyse van de inhoud van een vrachtauto zonder uitladen!



DETECTION DU CONTENU D'UN CONTAINER
AU MOYEN D'UNE CHAMBRE MULTIFIL DE
G. CHARPAK.

RECEPTE
DE
REN
SERVEN
PRE
RECHERC
ARCHIVE
CONT
SUSPECT
CEREN
TRA LOC
VOIR
TRADE
MARQUE
MARQUE

RADIOS
22225
0000
UP CONT
ED CONT
CONTAIN
PROVEN
DESTIN
DATE AC
22/02/20

Show tijd over:
45minuten

De uitvinding van CERN fysicus George Charpak, de draden kamer (MWPC) maakt het mogelijk om met heel kleine Röntgen straling doses grote oppervlakken te kunnen doorlichten.

Deze MWPC worden niet alleen gebruikt voor beveiliging; ze worden ook ingezet bij het nauwkeurig afregelen van een Röntgen apparaat in het ziekenhuis. De elektrische signalen uit zo'n detector kunnen gebruikt worden om direct een (synthetisch) beeld op een scherm te maken. Eenmaal goed ingesteld, wordt met de normale stralingssterkte een gedetailleerde Röntgen foto gemaakt.

**Toepassingen:
met het 'grid'**

Medicijnen/Gezondheid
Bioinformatica
Nanotechnologie
Technologie
Environnement
Etc...

Ultra snelle verwerking van satelliet foto's in geval van natuur rampen (overstromingen in Pakistan)

GridCafé
www.gridcafe.org

UNOSAT

Show tijd over:
45minuten

Het Grid is al sinds een paar jaar in gebruik voor verscheidene wetenschappelijke toepassingen. Hier een voorbeeld van het gebruik voor analyse van satelliet foto's om de gevolgen van overstromingen zo licht mogelijk te maken voor de bevolking. De overheid heeft de informatie direct kunnen gebruiken voor het inzetten op de juiste plaatsen van hulpdiensten.



Show tijd over:
45minuten

En natuurlijk werken er op CERN mensen die de Nobel prijs hebben gewonnen. Ik noem er hier, min of meer willekeurig, drie van. Behalve voor Jack Steinberger zijn hun verdiensten beloond voor werk op CERN.



Show tijd over:
45minuten

Ook Nederland heeft, zeker gezien zijn bescheiden afmetingen, grote bijdragen geleverd aan het mogelijk maken van de constructie van deeltjes versnellers.

Hier een paar beroemdheden die mij persoonlijk impressioneren:

- Hendrik Antoon Lorentz (Nobel prize 1902 met Pieter Zeeman).
Alle deeltjes versnellers en detectoren maken gebruik van zijn formulering voor de beweging van elektrisch geladen deeltjes in een gecombineerd elektrisch en magnetisch veld. Zonder hem geen deeltjes versnellers en dus geen CERN!
Einstein, die regelmatig bij hem op bezoek kwam, zei van Lorentz dat hij zijn geestelijke vader was.
- Heike Kamerlingh-Onnes (Nobel prize 1913).
Aan hem verdanken wij de ontdekking van de supra geleiding. Zonder hem geen LHC, ATLAS of CMS op CERN!
- Simon van der Meer (Nobel prize 1984 met Carlo Rubbia).
Hij heeft het mogelijk gemaakt om anti-proton bundels van voldoende intensiteit te kunnen produceren en die het vervolgens mogelijk hebben gemaakt om SPS om te bouwen in een proton-antiproton botsings machine.
Dankzij hard werken (bijna een jaarlang metingen) heeft SPS en het UA1 experiment van Carlo Rubbia het bestaan van de W^+ , W^- en Z^0 bosons kunnen aantonen. Die bosons verklaren waarom de EM kracht en de Zwakke Kernkracht van het Standard Model eigenlijk 2 kanten zijn van dezelfde medaille.



Show tijd over:
45minuten

Zelfs in de theorie is Nederland present (Nobel prize 1999)!



Show tijd over:
5minuten

Het laatste nieuws. Nou ja...



Botsingen in LHC sinds Maart 2010!



- Aankondiging van Higgs boson kandidaat: 4 Juli 2012 (ATLAS en CMS)
- Confirmatie: "Ja, het is een Higgs boson": 14 Maart 2013
- ~1 jaar technische stop in 2013-'14 sinds Februari (onderhoud - upgrade)
- Exploitatie met 6.5 TeV per bundel aanvang 2015?

Show tijd over:
5minuten

Ze zijn waargenomen in:

- [<click>Atlas](#)
- [<click>CMS](#)
- En natuurlijk ook in de andere experimenten.

Er is inmiddels al veel fysica gedaan sinds 2010 en er zijn meerdere conferenties in de wereld gehouden waar er over de (voorlopige) resultaten is gesproken.

Verder zijn dit de vooruitzichten voor het komende jaar.



Show tijd over:
45minuten

Alvorens te besluiten met de conclusie van deze conferentie eerst nog een uitspraak van een illustere bezoeker die bij ons was in 2009...



Conclusie

- Laboratorium voor fundamenteel onderzoek
- Grootste wetenschappelijke samenwerking ter wereld
- Vorming en onderwijs op alle niveaus
- Verzetten van de limieten van de technologie
- Verscheidene praktische toepassingen

Bezoek CERN en onze WWWeb sites:

| | |
|--------------|--|
| Informaties: | www.cern.ch |
| CERN TV: | www.youtube.com/cern |
| Recrutement: | www.cern.ch/jobs |

Show tijd over:
10 seconden

De conclusie...



Show tijd over:
10 seconden

Merci François!

Ik wil u danken voor uw aandacht. Wij gaan nu samen naar de bus die ons naar het vervolg van Uw bezoek zal brengen.