



Lise Meitner-dagarna

24-25 november 2017

Lise Meitner-dagarna

24 - 25 november

i samarbete med



VETENSKAPENS HUS



Stockholms
universitet

Innehållsförteckning

Upplysningar	sid 4
Vägbeskrivning	sid 5
Boende och middag	sid 7
Program	sid 8
Lise Meitner	sid 9
Svenska Fysikersamfundet	sid 10
Arrangörsgruppen	sid 11
Föredragssammanfattningar	sid 12
Deltagarlista	sid 19
Svar på fysikfrågor	sid 24

Upplysningar

I år anordnas Lise Meitner-dagarna för tredje gången. Du hjälper oss att få allt att fungera om du följer informationen som finns här. Tack! Upplysningar får du av oss i arrangörgruppen genom att maila info@lisemeitnerdagarna.se eller genom att ringa Lara, 0707959129.

AlbaNova

Lokalen för dagarna heter AlbaNova och ligger mellan Kungliga Tekniska Högskolan och Stockholms Universitet. Närmaste tunnelbanestation heter Tekniska Högskolan och ligger ca. 15 min promenad bort. Närmaste busshållplats heter Ruddammen och ligger precis vid AlbaNova.

Hotellet

Du bor på Hotel Birger Jarl, Tulegatan 8. Du bor i delat två- eller trebäddsrums med elever av samma kön och frukost ingår. Frukost kommer att serveras på restaurangen i hotellet, från kl 06:30 på fredag och 07:00 på lördag.

Incheckning

Du bor på hotellet som en helt vanlig gäst vilket innebär att det är viktigt att följa reglerna som finns där. Hälsa artigt på dina rumskamrater.

Utcheckning

På lördagen ska du checka ut innan du lämnar hotellet på morgonen. Ta sedan med ditt bagage till AlbaNova.

Ankomst på torsdagen

Om ni anländer på torsdagen går det bra att checka in på hotellet från och med 15:00. Vi i arrangörgruppen kommer att finnas på plats för att registrera din ankomst. Frukost serveras på hotellet. Registreras du på torsdagen behöver du inte anmäla dig på nytt i AlbaNova på fredagsmorgonen.

Ankomst på fredagen

Åk direkt till AlbaNova och registrera din ankomst. Från klockan 09:00 serveras frukost för dem som inte bor på vandrarhemmet. Första punkten på programmet börjar kl 09:45.

Namnskylt

Du får en namnskylt när du registrerar dig. Det är viktigt att ni har på er era skyltar, **ni får bara lunch om ni har på er namnskyltarna.**

Måltider

Följande måltider ingår i Lise Meitner-dagarna:

- Frukost, förmiddags- och eftermiddagsfika samt lunch både på fredag och på lördag
- Middag på fredag kväll, Hotel Birger Jarl.

Frukosten på fredagen serveras på AlbaNova, checkar man in kvällen innan får man frukost på hotellet. Eftermiddagsfikat på lördagen består av smörgås + frukt och ges i en påse så man lätt kan ta med det som matsäck på vägen hem. Övriga måltider i anslutning till resan kan inte bekostas av Svenska Fysikersamfundet.

Klädsel

Valfri. Vid middagen på fredag kväll gäller klädsel: kavaj. Är detta oklart så kan ni besöka fliken Middag på vår hemsida.

Tunnelbana och buss

Vi har skickat hem två engångskort från SL till dig. Med dessa kommer du att kunna resa två gånger. Du använder det för att resa till och från Stockholm Centralstation. Ladda gärna ner appen "Res i Sthlm" till din telefon för realtidsinfo om kollektivtrafiken. Glömmer du dina SL-kort hemma får du själv köpa nya på Pressbyrå eller 7-Eleven i Stockholm, de kostar ca 29 kr styck (uppge att ni är under 20 år).

Utställning

Ett antal universitet och högskolor samt föreningar finns på plats i utställningen. Passa på att besöka dem och ställ frågor om framtida utbildning.

Tack till sponsorn

Tanken är att Lise Meitner-dagarna ska bygga på donationer från företag, stiftelser, föreningar och skolor. Det är viktigt att du efter dagarna framför ett tack till sponsorn, och gärna berättar om vad du varit med om under konferensen. På så vis hjälper du din skola att få stipendier till elever även kommande år. Har du problem att nå fram till din sponsor kan du också kontakta oss så hjälper vi dig.

Försenad

Det kan hända att tåg och flyg försenas av omständigheter som inte ens vi på Lise Meitner-dagarna kan kontrollera. Var uppmärksam på information från tågpersonal och stationer. Din tågbiljett är giltig för transport till Stockholm, även om du missar ett byte – prata med tågpersonalen om hur du kan lösa det.

Är du försenad får du jättegärna kontakta oss, maila till info@lisemeitnerdagarna.se eller ring Lara, 0707959129.

Sjuk?

Blir du akut sjuk? Försök få någon fysikintresserad kompis åka istället. Maila eller ring Lara så fort som möjligt och meddela så kan vi boka om tåg och boende.

Vägbeskrivningar

Ni ansvarar själva för att hitta till alla lokaler och byggnader, men för att motverka vilsna stipendiater i underjorden finns här en liten guide till hur du hittar i Stockholm under dagarna. SL-korten vi har skickat hem till dig räcker **endast till två resor**, till och från Stockholm Centralstation. Mellan hotellet och AlbaNova kan man gå, det tar ca. 20 minuter.

Vid spärrarna i tunnelbanan ska du "blippa" kortet mot den blå ytan så öppnas spärren och du kan passera.



Förklaringar Key to symbols
Tunnelbana Röda linjen Metro Red Line
Tunnelbana Gröna linjen Metro Green Line
Tunnelbana Blå linjen Metro Blue Line
Lokalbanor Light rail
Pendeltåg Commuter rail
Fjärrtåg Rail
O Slutdestination för vissa tåg. Använd om möjligt reseplaneraren på sl.se.
Some trains will terminate here. We recommend you to use the Journey planner online at sl.se.

Från Stockholm Central till hotellet:

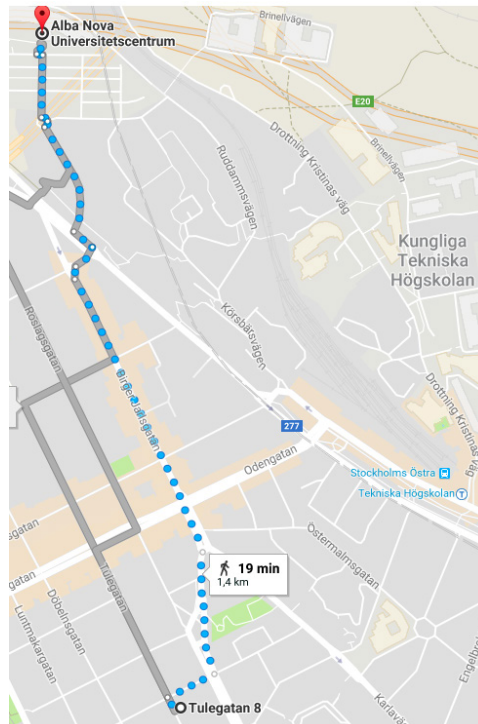
Från Centralstationen går man mot tunnelbanestationen. Därifrån tar man den gröna linjen mot **Rådmansgatan**. Se kartan ovan för en karta över tunnelbanestationerna.

Har man tid och vill man utforska Stockholm kan man även gå till hotellet från T-Centralen vilket tar 30-40 minuter. Vi råder er då att använda mobilappar eller egna kartor för att hitta vägen.

Från Hotel Birger Jarl till AlbaNova:

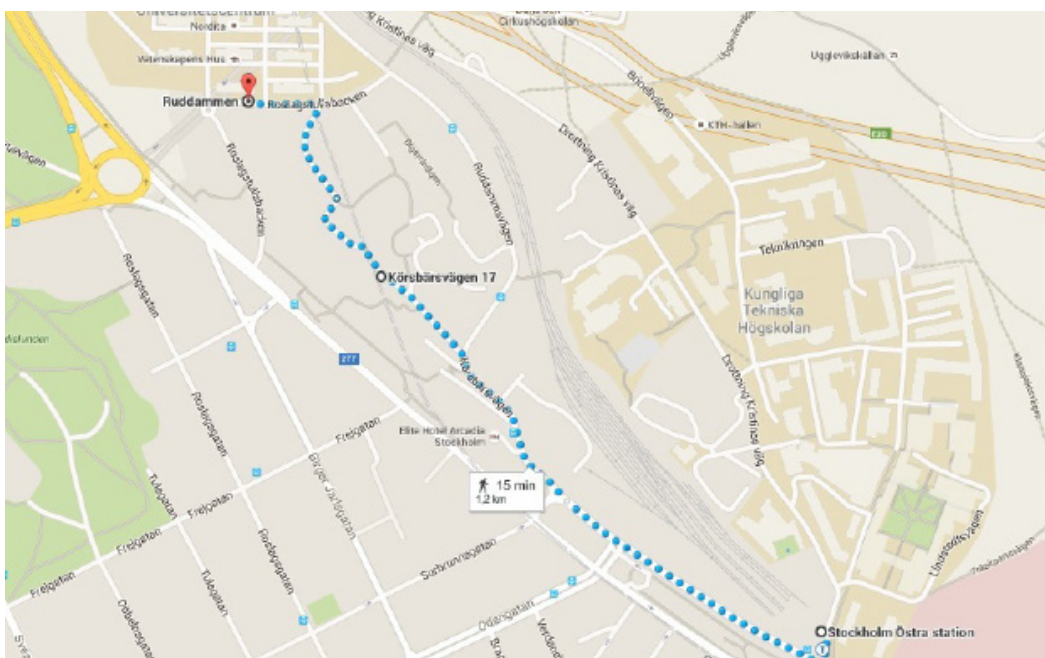
Gå ner mot Kungsgatan och sväng mot Birger Jarlsgatan. Fortsätt rakt fram längs gatan tills du går förbi ICA. Har du kommit rätt ska du se en kiosk som heter Tullfritt. Bakom kiosken finns det en brant backe, gå upp för den och fortsätt rakt fram till AlbaNova.

Gångväg från hotellet till AlbaNova



Från Stockholm Centralstation till AlbaNova:

Ta dig till tunnelbanestationen "T-Centralen" som ligger i källaren på Stockholm Centralstation (följ skyltar). När du passerat spärrarna ska du ta Röd linje 14 mot Mörby Centrum, åk 3 stationer och kliv av vid Tekniska Högskolan. Därifrån kan du promenera i ca. 15 min till AlbaNova, alternativt ta buss 61 som går vid Körsbärsvägen.



Gångväg till
AlbaNova från
Tunnelbanestationen

Boende

Vi kommer att bo på hotellet Birger Jarl, som nära tunnelbanestationen Rådmansgatan. Restaurangen finns vid entrén, där man kan gå och äta frukost.



Middag

Var: Hotel Birger Jarl, Tulegatan 8

När: Fredag 24 november 2017, kl 19:00

Hur: Med bestick(?)

Klädkod: Kavaj

Vi kommer äta middagen i lokalen i hotellet. Fördrink serveras 19:00. Middagen är alkoholfri.

Snabb guide till klädkoden:

Kvinna: Klänning/kjol/byxdress som är elegantare än vanlig vardagsklädsel. Gärna knälångt.

Man: Hel kostym, ljus skjorta samt slips eller fluga.

Program

Fredag 24/11-2017

- 08.00-09.45:** Ankomst till AlbaNova
- 09.45-10.15:** Invigning av Lise Meitner-dagarna 2017
- 10.15-11.00:** Datortomografi - förr, nu och i framtiden
Kristina Ydström
- 11.00-11.30:** Lise Meitner: En världsberömd nobelpristagare - om hon varit man
Julia Järlebark
- 11.30-11.45:** Bensträckare
- 11.45-12.45:** Vad kan miljarder protonkollisioner lära oss om universum?
Sara Strandberg
- 12.45-14.15:** Lunch och utställning
- 14.15-15.00:** 2-dimensionella material, bara en tunn historia?
Mikael Fogelström
- 15.00-16.00:** Utställning
- 16.00-16.45:** Fotonik: ljusvetenskap och teknik
Katia Gallo
- 16.45-16.55:** Bensträckare
- 16.55-17.40:** Solcellers inre liv
Ellen Moons
- 19.00:** Middag
Hotel Birger Jarl

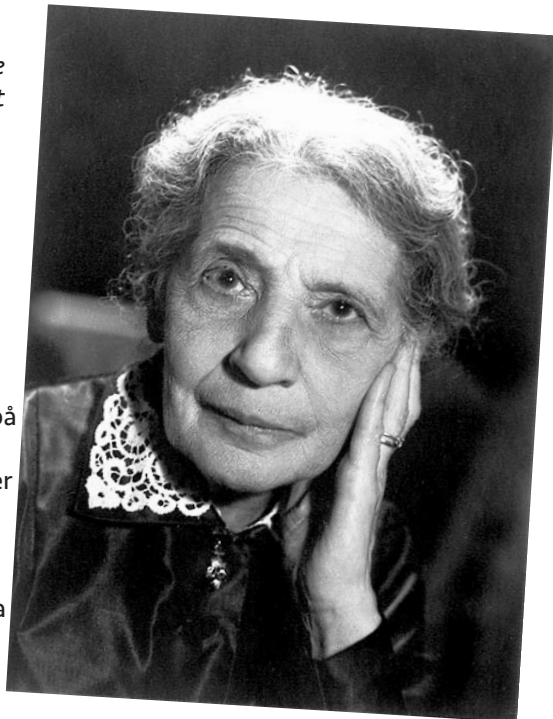
Lördag 25/11-2017

- 08.45:** Samling vid AlbaNova
- | Grupp 1 | Grupp 2 |
|--|--|
| 09.00-11.00: Labb med Wallenbergs fysikpris | 09.00-10.30: Labb med Vetenskapens hus |
| 11.00-11.30: Paus och byte | 10.30-11.00: Paus och byte |
| 11.30-13.00: Labb med Vetenskapens hus | 11.00-13.00: Labb med Wallenbergs fysikpris |
- 13.00-14.00:** Lunch
- 14.00-15.30:** Hidden Realities: from the neutron to the universe
Lawrence Krauss
- 15.30-16.00:** Avslutningscermoni

Lise Meitner

Lise Meitner, känd för sitt arbete inom kärnfysik, föddes år 1878 i Österrike och avled 1968 i Cambridge, England. Under sin livstid fick hon bland annat mottaga titeln "Woman of the year" av the National Women's Press Club 1946, Max Planck-medaljen av Tyska fysikersamfundet 1949 och Enrico Fermi-priset som hon belönades med 1966.

Lise Meitners studier började vid fjorton års ålder i syfte att utbilda sig till fransklärarinna för att kunna försörja familjen efter sin fars död. Karriären som lärarinna blev dock inte långlivad då Lise beslutade sig för att påbörja privata gymnasiestudier för att komma in på Wiens universitet, trots att detta var väldigt svårt och ovanligt för en kvinna på den tiden. Gymnasiestudierna som normalt sett skulle ta åtta år gjorde Lise klart på två år, och efter sin examen 1901 påbörjade hon sina studier i fysik på Wiens universitet som en av de första kvinnliga studenterna. Under tiden på universitetet inspirerades hon mycket av Ludwig Boltzmanns föreläsningar, och efter hennes disputation 1907 reste hon till Berlin för att ta del av Max Plancks föreläsningar. Dock fick hon söka tillstånd för att ta del av föreläsningarna i och med att det normalt sett inte var tillåtet för kvinnor att ta del i undervisningen, såvida inte föreläsaren hade empati för kvinnan.



Lise eftersträvade även mer gedigen experimentell erfarenhet och frågade därför Heinrich Ruben som var professor i experimentell fysik om hon kunde få en forskarplats. Genom honom fick hon kontakt med Otto Hahn som hon började arbeta med efter att de fått tillstånd av professor Emil Fisher som ägde institutionen. Fisher var generellt strikt emot att kvinnor skulle få arbeta på hans institution, bortsett från städerskor, och svarade därför först med "på inga villkor får en kvinnlig forskare börja här". Till slut gick Fischer med på att ge dem plats att arbeta, så länge Lise enbart skulle hålla sig till källaren på institutionen. I och med att det inte fanns någon toalett där fick hon springa till en restaurang längre ner på gatan för att uträtta sina behov.

År 1912 flyttade de till Kaiser Wilhelm Institutet (KWI) som inte ägdes av staten vilket gav dem mer frihet. Dock fick Lise Meitner arbeta oavlönat som gäst i ett helt år innan hon fick en permanent plats på institutionen. Under åren på institutionen gjorde de en rad upptäckter, bland annat den långlivade isotopen av protaktinium och Augereffekten. År 1926 anställdes Lise Meitner vid Berlins universitet och blev därmed Tysklands första kvinnliga professor. Otto och Lise fortsatte då med sin forskning på universitetet och under 1930-talet upptäcktes neutronen av Ernest Rutherford vilket gav dem möjligheten att skapa tyngre ämnen än uran 92, vilket var det tyngsta ämnet man kände till då. Den här upptäckten ledde till en kapplöpning mellan Ernest Rutherford, Irene Joliot-Curie, Enrico Fermi och Meitner-Hahn-duon.

Efter att Hitler tog makten blev det svårare för Lise att fortsätta praktisera i och med att hon var judinna och 1 juli 1938 blev hon tvungen att flytta för sin egen säkerhet. Den 1:a augusti anlände hon till Kungälv i Sverige där hon mötte sin väninna Eva von Bahr. Lise och Otto Hahn höll kontakten genom brevväxling. I ett av breven frågar Otto henne om hjälp med att analysera resultatet som han fick då han bestrålade uran med neutroner. I Lises svar till Otto lade hon fram en hypotes om att neutronerna gör att urankärnorna blir instabila och delar sig till två mindre delar, nämligen barium och krypton. Hennes hypotes beskrev också att den frigjorda energin i reaktionen går att beräkna med $E=mc^2$. Hypotesen, som hon var först i världen med att formulera, bekräftades av Otto Frisch (Lise Meitners brorson) 1939. För Lise Meitners hypotes om kärnklyvning fick Otto Hahn Nobelpriset i kemi 1944.

Lise Meitner stannade i Sverige och arbetade på KTH och Stockholms universitet, och hon var delaktig i byggandet av reaktorn R1. Hon flyttade senare till Cambridge där hennes systerson var verksam som teoretisk fysiker och fortsatte att föreläsa, resa och gå på konserter fram till sin död. Det var först under hennes senare år som hon blev belönad för sina insatser.

Välkommen till Lise Meitner-dagarna och Svenska Fysikersamfundet!

Vi hoppas att du trivs och inspireras på Lise Meitnerdagarna som nu för tredje året välkomnar fysikintresserade gymnasister från hela landet! Bakom arrangemanget står Svenska fysikersamfundet som är en ideell förening grundad 1920 av "den fysiska vetenskapens utövare, främjare och vänner". Samfundet har som mål att främja fysikalisk forskning och fysikens tillämpningar. Vi vill också sprida information om fysik och fysikutbildning och stimulera intresse för naturvetenskap. Samfundet är till för att öka samverkan mellan fysiker och andra grupper i samhället, och vi verkar nationellt - och internationellt - i samarbete med andra fysikersamfund.

Det är Svenska fysikersamfundet som arrangerar Wallenbergs fysikpris, den svenska uttagningen till Fysikolympiaden. Här får de 18 gymnasieelever som tar sig till final tillbringa en vecka i Göteborg, helt fylld av fysik: Föreläsningar, laborationer, studiebesök i forskningslab på Chalmers och Göteborgs universitet. Huvuddelen av finalen äger sedan rum i Tallinn, som en del av en nordisk-baltisk fysikolympiad. Fem av deltagarna väljs då ut för att representera Sverige i Fysikolympiaden som brukar samla ungefär 400 deltagare från fler än åttio länder. Kvalificeringstävlingen äger rum den 25 januari, och det är till din fysiklärare du ska anmäla att du vill delta. Mer information, se: <http://www.fysikersamfundet.se/wallenbergs-fysikpris/>.

Nytt är att de fem som får bäst resultat i kvalificeringstävlingen erbjuds delta i Europeiska fysikolympiaden som 2018 hålls i Moskva.

Vi stödjer även en annan internationell fysiktävling för gymnasister, International Young Physicists' Tournament (IYPT). Denna tävling passar särskilt dig som har funderingar på att ägna ditt gymnasiearbete åt att experimentellt och teoretiskt undersöka ett fysikproblem. Läs mer om IYPT här: <http://www.iypt.se>.

Vi vill gärna ha med dig och de andra deltagarna i Lise Meitner-dagarna som medlemmar i Fysikersamfundet. Därför låter vi alla studerande som anmäler att de vill vara medlemmar nu före årsskiftet få ett gratis medlemskap under resten av året, och under 2018. Därefter betalar du, om du vill fortsätta att vara medlem, ordinarie studerandeavgift som för närvarande är 100 kr per år. Som medlem får du vår tidning Fysikaktuellt som utkommer med fyra nummer per år hemskickad till dig, och med sista numret följer Kosmos, vår årsskrift. Dessutom skickar vi dig Europeiska fysikersamfundets tidskrift European Physical News som kommer ut med fem nummer per år. Anmäl medlemskap genom att fylla i formuläret här: <http://www.fysikersamfundet.se/ansokan-om-medlemskap/>, och sätt ett kryss i rutan för "student".

Lise Meitner-dagarna kan genomföras tack vare hårt och engagerat arbete från Maja Arvola, Julia Järlebark, Lara Sheik och Oskar Vallhagen som utgör den svenska sektionen av Young Minds, ett europeiskt nätverk för unga fysikintresserade. Stockholms universitet och Kungliga tekniska högskolan har ställt upp som generösa värdar, och vi har fått outhärligt ekonomiskt stöd från Marcus och Amalia Wallenbergs stiftelse, Kungl. Hvitfeldtska stiftelsen, Bertil Wollerts stipendiefond samt Tage Swahns stiftelse.

Stort och varmt tack till er alla!

Anne-Sofie Mårtensson

Ordförande i Svenska fysikersamfundet

Arrangörsgruppen

Undrar ni över något, gått vilse eller bara vill prata är det bara att komma fram till oss (vi är galningarna som kommer springa omkring i limegröna pikétröjor). Vårt mål med dessa dagar är att ni ska ha så roligt som möjligt, och vi ska göra vårt bästa för att det ska hända.

Nedan är en bild på alla oss, kontaktinformation och en liten kort beskrivning om vad vi sysslar med.

Namn: Maja Arvola

Mobil: 0735865804

Email: maja.arvola@lisemeitnerdagarna.se

Sysselsättning: Studerar teknisk fysik vid Uppsala
Universitet



Namn: Oskar Vallhagen

Mobil: 0767766464

Email: oskar.vallhagen@lisemeitnerdagarna.se

Sysselsättning: Studerar teknisk fysik vid Chalmers

Namn: Julia Järlebark

Mobil: 0730599347

Email: julia.jarlebark@lisemeitnerdagarna.se

Sysselsättning: Studerar teknisk fysik vid Chalmers



Namn: Lara Sheik

Mobil: 0707959129

Email: lara.sheik@lisemeitnerdagarna.se

Sysselsättning: Studerar datateknik vid KTH

Föredragssammanfattningar

Datortomografi - förr, nu och i framtiden

Kristina Ydström,

fil.dr i strålningsfysik och leg. sjukhusfysiker

Datortomografi är ett av våra viktigaste verktyg inom röntgendiagnostik

Datortomografen introducerades i början av 1970-talet av Hounsfield och Cormac, som båda fick nobelpris för sina insatser 1979.

I början tog en undersökning 4 minuter per rotation av en rad med detektorer, 8-10 mm upplösning i bilden (80x80-matris) och undersökning av en skalle tog 5 minuter.

Utvecklingen har gått snabbt framåt och nu har vi detektorsystem med 64 och ända upp till 256 detektorrader, bilder med upp till 1024x1024-matriser, upplösningen är förbättrad till 0,2 – 0,3 mm, rotationstid på ner mot 0,3 s. Vi kan göra snabbare och bättre undersökningar.

Stråldoserna från datortomografiundersökningar har varit relativt höga i jämförelse med vanliga röntgenundersökningar.

På senare år har man introducerat nya rekonstruktionsmetoder, s.k. iterativa metoder, som ger bättre bildkvalitet och gör att man kan sänka stråldosen till patienterna.

Man har också genom att scanna med två olika energier introducerat möjligheten att göra bilder på ett nytt sätt och inte bara mäta tätheten i organ utan kan beräkna materialsammansättning i kroppen eller förbättra skillnaden mellan grå och vit substans i hjärnan och därmed hjälpa radiologerna att få bättre information och bättre diagnos för patienterna.

oss om universum?

Sara Strandberg,

universitetslektor vid Stockholms Universitet

Den stora partikelacceleratorn LHC vid CERN levererade sitt första banbrytande resultat i och med upptäckten av Higgspartikeln i juli 2012. Sedan dess har acceleratorsystem genomgått en uppgradering för att fördubbla kollideringsenergin. Men vad är det egentligen CERN:s partikelfysiker hoppas finna i dessa högenergetiska kollisioner? Hur kan mänsklighetens största och mest avancerade vetenskapliga instrument föra oss närmare svaret på frågan om vad vårt universum består av och hur det fungerar?

I den här föreläsningen får vi lära känna Standardmodellen för partikelfysik och några av de många utvidgningar som föreslagits för att kunna förklara t.ex. universums mörka materia. Vi tittar även närmare på ATLAS-experimentet och den forskning som bedrivs där. Varför behövs så höga energier, så mycket data och så stora detektorer för att leta efter universums allra minsta beståndsdelar?

This image shows a blank sheet of white paper with ten horizontal dashed lines, typical of primary-ruled notebook paper. The lines are evenly spaced and extend across the width of the page. There is no handwriting or other markings on the paper.

2-dimensionella material, bara en tunn historia?

Mikael Fogelström

professor i teoretisk fysik vid Chalmers tekniska högskola

Genom historien har våra teknologiska framsteg i mångt och mycket varit en konsekvens av att vi lärt oss hantera och använda nya material. Ser vi bakåt i tiden har vi historielektionens succession av åldrar; stenålder blir bronsålder som övergår i järnålder. I och med varje ålder har livsvillkoren för människan förbättrats genom att ny teknologi utvecklats, möjliggjord av det nya material man lärt sig hantera. I dag namnger vi inte längre epoker efter material men trots det så är upptäckten av nya material en konstant motor för en hållbar teknologisk utveckling. Skulle vi ha smartphones utan kisel och kiselteknologi?

I mitt föredrag kommer jag tala om hur en enkel nyfiken fråga, hur tunt kan man skiva grafit, leder till upptäckten av grafen och senare en hel familj av tvådimensionella material. Att ett material är tvådimensionellt betyder att det bara består av yta med en en-atom hög kant. I familjen av 2D-material har medlemmarna olika egenskaper beroende av sin kemiska sammansättning, egenskaper vilka man ofta kan variera med yttre medel som t.ex. elektiska fält. Deras sammantagna egenskaper gör att helt nya teknologiska koncept utvecklas. Jag kommer i mitt föredrag visa på flera olika frågor forskarsamfundet arbetar med för att utveckla helt nya tillämpningar med dessa 2D-material.

Fotonik: ljusvetenskap och teknik

Katia Gallo

professor i tillämpad fysik vid Kungliga Tekniska högskolan

Fotonik är ett teknikvetenskapligt område som handlar om att generera, överföra och behandla information med hjälp av ljus. Det är ett område som har stor användning idag, då nästan alla internettjänster bygger på optiska fibrers oslagbara kapacitet för att snabbt överföra enorma mängder information. Fotoniktekniken ingår i många olika komponenter som präglar vår vardag, såsom superkänsliga sensorer för miljö-monitorering, biologi och tekniker som flitigt används inom medicin, trafik och kommunikation, försvar och tillverkningsindustri. Fotonernas kvantegenskaper förväntas dessutom bli nyckeln till morgondagens kvantkrypteringssystem och kvantdatorer.

[illegible]

Solcellers inre liv

Ellen Moons

professor i fysik vid Karlstads universitet

I en solcell omvandlas ljus till elektrisk ström. Vi kommer att följa fotonernas omvandling till elektroner i solcellens inre för att bättre förstå hur olika sorters solceller fungerar och hur vi kan förbättra deras egenskaper. Halvledare som kisel är välkända från elektroniken och är basen för att åstadkomma den fotovoltaiska effekten som sker i en solcell. Men halvledande material kan också göras av molekyler. I min forskning tillverkar vi polymersolceller från en lösning av elektriskt ledande polymerer, som vi sprider ut som ett tunt lager på en yta. En komplex struktur bildas i det tunna skiktet på grund av att polymererna fasseparerar när lösningsmedlet avdunstar, som vi undersöker med hjälp av atomkraftmikroskopi och röntgenspektroskopi. I världens laboratorier undersöks nya materialkombinationer för att göra effektiva, lätta, och hållbara organiska solceller som kan massproduceras.

Hidden Realities: From the neutron to the Universe

Lawrence Krauss

professor i fysik vid Arizona State University

Lise Meitner was a remarkable physicist whose work on nuclear fission led to both the development of nuclear energy and nuclear weapons. In a broader context, the effort to understand the workings of the atomic nucleus led physicists on a remarkable adventure of exploration, with twists and turns that would lead them in directions they had never anticipated. At a nuclear scale two new forces were at work. The so-called Weak Force governs the conversion of neutrons into protons, while the Strong Force governs the binding of the constituents of neutrons and protons, quarks, into these, and other strongly interacting particles. But the simple differentiation of these two forces is only simple in hindsight. For physicists during the period from the 1930's until the 1960's confusion about whether these forces were in fact distinct reigned. In a remarkable series of realizations that culminated in what is now known as the standard model of particle physics, we came to realize that the world of our experience, with four well defined forces, binding massive particles into nuclei and atoms, is in a very real sense an accident, with the underlying physics hidden from us. The story of these discoveries is part of what I have called The Greatest Story Ever Told... So Far, and I will describe key aspects of this story, along with its implications for our understanding of ourselves and our future, in this lecture.

Deltagarlista 2017

Namn: Adam Berglund
Skola: Timrå gymnasium
Ort: Fagervik
Mobil: 0705108520
Email: adam.berglund@telia.com

Namn: Alicia Thersthöl
Skola: LM Engström
Ort: Göteborg
Mobil: 0738565742
Email: alicia.thersthöl@hotmail.com

Namn: Carl Thorell
Skola: Hulebäcksgymnasiet
Ort: Öjersjö
Mobil: 0761912477
Email: ct17001@harryda.se

Namn: Adam Warnerbring
Skola: S:t Petri skola
Ort: Abbekås
Mobil: 0722443196
Email: adam.warnerbring@abbekas.se

Namn: Alva Kinman
Skola: Bäckängsgymnasiet
Ort: Borås
Mobil: 0720085240
Email: alva.kinman@gmail.com

Namn: Caroline Forsman Andreis
Skola: Klara gymnasium
Ort: Karlstad
Mobil: 0727341701
Email: caroline.f.andreis@gmail.com

Namn: Agnes Boberg
Skola: Hvitfeldtska gymnasiet
Ort: Torslanda
Mobil: 0703859245
Email: aboberg99@gmail.com

Namn: Amanda Alm Lagerby
Skola: Vasaskolan
Ort: Gävle
Mobil: 0703810308
Email: amanda.alagerby@gmail.com

Namn: Christoffer Möller
Skola: Kitars gymnasium
Ort: Göteborg
Mobil: 0707661963
Email: christoffer.moller.99@gmail.com

Namn: Albin Edemyr
Skola: Östrabo 1
Ort: Uddevalla
Mobil: 0729758133
Email: 0009aled@gapp.uddevalla.se

Namn: Andreas Dölerud
Skola: Älvkullgymnasiet
Ort: Kil
Mobil: 0702728552
Email: andreas.dolerud@hotmail.se

Namn: Christopher Larsson
Skola: Gullmarsgymnasiet
Ort: Kungshamn
Mobil: 0707632208
Email: ctdl1999@gmail.com

Namn: Albin Jakobsson
Skola: Nolaskolan
Ort: Bjästa
Mobil: 0730344524
Email: James.albin.j@gmail.com

Namn: Annie Csomor
Skola: Ängelholms gymnasieskola
Ort: Ängelholm
Mobil: 0702728552
Email: andreas.dolerud@hotmail.se

Namn: Ebba Jernmark Burrows
Skola: Östrabo 1
Ort: Ljungskile
Mobil: 0738182566
Email: ebba.jernmark@gmail.com

Namn: Alexandra Granqvist
Skola: Finnvedens gymnasium
Ort: Vaggeryd
Mobil: 0723693333
Email: deniceg99@hotmail.com

Namn: Astrid Stokkeland
Skola: Wisbygymnasiet
Ort: Visby
Mobil: 0769000353
Email: astrid.stokkeland@hotmail.com

Namn: Eelis Pankolainen
Skola: Tornedalsskolan
Ort: Haparanda
Mobil: 0701400774
Email: eelis.pankolainen@gmail.com

Namn: Ali Ezzeddine
Skola: Prins Wilhelmgymnasiet
Ort: Hälleforsnäs
Mobil: 0701669955
Email: ali.ezzeddine@skola.flen.se

Namn: Astrid Welin
Skola: Katedralskolan
Ort: Uppsala
Mobil: 0762979922
Email: astridwelin@gmail.com

Namn: Elias Kenneryd
Skola: Finnvedens gymnasium
Ort: Vittaryd
Mobil: 0706531214
Email: eliaskenneryd@gmail.com

Namn: Alice Knutas
Skola: Fredrika Bremergymnasiet
Ort: Segersång
Mobil: 0706763058
Email: alice999@live.se

Namn: Berit Küssner
Skola: Fridagymnasiet
Ort: Trollhättan
Mobil: 0706723307
Email: beku0313@fridaskolan.se

Namn: Elias William
Skola: Platengymnasiet
Ort: Motala
Mobil: 0760401360
Email: elias.william@hotmail.com

Namn: Alice Selberg
Skola: Björknäsgymnasiet
Ort: Boden
Mobil: 0725768574
Email: aliceselberg99@gmail.com

Namn: Cajsa Fägerhag
Skola: Hulebäcksgymnasiet
Ort: Mölndal
Mobil: 0702416302
Email: Cajsa.fagerhag@gmail.com

Namn: Ellinor Nyman
Skola: VBU Högbergskolan
Ort: Söderbärke
Mobil: 0702556516
Email: ellnym@telia.com

Namn: Elsa Arnberg
Skola: Minervagymnasium
Ort: Umeå
Mobil: 0702749443
Email: elsaarnberg@hotmail.com

Namn: Elsa Danielsson
Skola: Älvkullegymnasiet
Ort: Grums
Mobil: 0730238335
Email: elsa19@digsys.se

Namn: Elvedin Mesic
Skola: NFU
Ort: Svedala
Mobil: 0735445415
Email: 00elme@skola.svedala.se

Namn: Emanuel Enberg
Skola: Midgårdsskolan
Ort: Umeå
Mobil: 0722121270
Email: isakemanuel@gmail.com

Namn: Emelina Wirebro
Skola: Platengymnasiet
Ort: Motala
Mobil: 0723104361
Mobil: emelinawirebro@hotmail.com

Namn: Emil Ingelsten
Skola: Hvitfeldtska gymnasiet
Ort: Pixbo
Mobil: 0768468896
Mobil: emil.ingelsten@telia.com

Namn: Eric Dahl
Skola: Fridagymnasiet
Ort: Trollhättan
Mobil: 0725432410
Email: Eric.ga.dahl@gmail.com

Namn: Erica Elgcrona
Skola: Södra Latins gymnasium
Ort: Täby
Mobil: 0707700395
Email: erica@elgcrona.com

Namn: Erik Berger
Skola: Södra Latins gymnasium
Ort: Huddinge
Mobil: 0707798075
Email: erik.berger.se@gmail.com

Namn: Erik Eldh
Skola: ProCivitas Privata Gymnasium
Helsingborg
Ort: Helsingborg
Mobil: 0766443880
Email: erel.pch@procivitas.se

Namn: Fatima Azhar
Skola: Mediagymnasiet
Ort: Södertälje
Mobil: 0701699686
Email: fatimazhar@hotmail.com

Namn: Felicia Eriksson
Skola: Nils Ericsonsgymnasiet
Ort: Trollhättan
Mobil: 0761739750
Email: fille.eriksson@live.se

Namn: Filip Weinestedt Tidlund
Skola: Katedralskolan
Ort: Uppsala
Mobil: 0736190359
Email: ikeasalesman@gmail.com

Namn: Fredrik Wiker
Skola: Tycho Braheskolan
Ort: Helsingborg
Mobil: 0730298943
Email: fredrik.wiker@live.se

Namn: Hanna Källstig
Skola: Europaskolan
Ort: Strängnäs
Mobil: 0720067180
Email: hanna.kallstig@europaskolan.com

Namn: Ida Söderberg
Skola: Polhemskolan
Ort: Lund
Mobil: 0723258577
Email: ida@soderberg.one

Namn: Isak Drevander
Skola: Kitars Gymnasium
Ort: Göteborg
Mobil: 0725739700
Email: isak.drevander@gmail.com

Namn: Isak Wallace
Skola: Klara Gymnasium Karlstad
Ort: Karlstad
Mobil: 0706748881
Email: Isak.Wallace@gmail.com

Namn: Jesper Olsson
Skola: Björknäsgymnasiet
Ort: Boden
Mobil: 0706816727
Email: j.j.o@icloud.com

Namn: Johan Karlsson
Skola: Gymnasieskolan Spyken
Ort: Bjärred
Mobil: 0707999142
Email: jkarlsson12199@gmail.com

Namn: Johanna Lundin
Skola: ProCivitas Privata Gymnasium Lund
Ort: Stehag
Mobil: 0761918218
Email: johanna.lundin0602@gmail.com

Namn: Julia Franzén
Skola: Vilhelm Mobergsgymnasiet
Ort: Vissefjärda
Mobil: 0707234033
Email: jullan.franzen.jf@gmail.com

Namn: Kajsa Eliasson Apelqvist
Skola: Tornedalsskolan
Ort: Sesarö
Mobil: 0706055975
Email: kajsaeliassonapelqvist@gmail.com

Namn: Karim Golestaneh
Skola: Sjölin's gymnasium Nacka
Ort: Tyresö
Mobil: 0729769299
Email: karim.golestaneh@elev.ga.sjolinsgymnasium.se

Namn: Kasper Persson Palmqvist
Skola: Kullagymnasiet
Ort: Nyhamnsläge
Mobil: 0704210780
Email: kasper.persson.palmqvist@gmail.com

Namn: Katarina Lindmark
Skola: Sandbackaskolan
Ort: Arvidsjaur
Mobil: 0730393259
Email: katarinalindmark@gmail.com

Namn: Kawsar Ibrahim
Skola: Prins Wilhelm gymnasium
Ort: Flen
Mobil: 0720029139
Email: kawsar.ibrahim.ahmed.ibrahim@skola.flen.se

Namn: Kiana Souzani
Skola: Gymnasieskolan Spyken
Ort: Lund
Mobil: 0721577223
Email: kiana.souzani@gmail.com

Namn: Louise Lundgren
Skola: Johannes Hedberggymnasiet
Ort: Helsingborg
Mobil: 0707313240
Email: louiselundgren00@gmail.com

Namn: Martin Due
Skola: Bäckängsgymnasiet
Ort: Sexdrega
Mobil: 0703986141
Email: martindue@live.com

Namn: Lara Taha
Skola: Täljegymnasiet
Ort: Södertälje
Mobil: 0769086051
Email: lara0099@gmail.com

Namn: Lovisa Norlin
Skola: Ebersteinska gymnasiet
Ort: Norrköping
Mobil: 0702771174
Email: norlin.lovisa@gmail.com

Namn: Martin Kantola
Skola: Nils Ericsonsgymnasiet
Ort: Trollhättan
Mobil: 0709489927
Email: m.kantola99@gmail.com

Namn: Leo Hjernquist
Skola: Wisbygymnasiet
Ort: Visby
Mobil: 0703126751
Email: leo.hjernquist1@gmail.com

Namn: Lucas Karlsson
Skola: Möckelngymnasiet
Ort: Degerfors
Mobil: 0722268091
Email: lucas.emanuel.karlsson@gmail.com

Namn: Matilda Ahl
Skola: Kullagymnasiet
Ort: Viken
Mobil: 0722494417
Email: matilda.ahl@gmail.com

Namn: Leon Orellana
Skola: Klara Norra Gymnasium
Ort: Stockholm
Mobil: 0760625196
Email: Leono@live.se

Namn: Maja Norman
Skola: Nolaskolan
Ort: Örnsköldsvik
Mobil: 0703000647
Email: Maja.Norman@live.se

Namn: Merna Iskander
Skola: Täljegymnasiet
Ort: Södertälje
Mobil: 0739352363
Email: Nessimamin66@gmail.com

Namn: Linda Lundevaller
Skola: Midgårdsskolan
Ort: Umeå
Mobil: 0761307490
Email: lundevaller.linda@gmail.com

Namn: Majd Dakkouri
Skola: Vilhelm Mobergsgymnasiet
Ort: Emmaboda
Mobil: 0737330120
Email: majd.dakkouri@edu.emmaboda.se

Namn: Mia Nilsson
Skola: Johannes Hedbergsgymnasiet
Ort: Fleninge
Mobil: 0042205146
Email: mianilsson12@gmail.com

Namn: Linnea Allander
Skola: Ehrensårdiska gymnasiet
Ort: Karlskrona
Mobil: 0738564654
Email: linall482@gmail.com

Namn: Mara Matti
Skola: Värmdö Gymnasium
Ort: Gustavsberg
Mobil: 0737872357
Email: maramatosh@hotmail.com

Namn: Micaela Mirzajanzadeh
Skola: LM Engströms gymnasium
Ort: Göteborg
Mobil: 0707199171
Email: micaela.m@hotmail.se

Namn: Linnea Nilsson
Skola: Nyköpings gymnasium
Ort: Nyköping
Mobil: 0730527435
Email: linnart99@gmail.com

Namn: Marcus Sundin
Skola: Sandbackaskolan
Ort: Arvidsjaur
Mobil: 0725200467
Email: marcussundinn@gmail.com

Namn: Mikaela Lindkvist
Skola: Nyköpings Enskilda gymnasium
Ort: Nyköping
Mobil: 0705790035
Email: mikaela.lindkvist1999@gmail.com

Namn: Linnéus Karlsson
Skola: Alléskolan
Ort: Kumla
Monil: 0702747355
Email: linneus99@gmail.com

Namn: Maria Hagelin
Skola: Mediagymnasiet
Ort: Gustavsberg
Mobil: 0761845542
Email: mthagelin@gmail.com

Namn: Mikaela Thordson
Skola: ProCivitas Privata Gymnasium i Helsingborg
Ort: Helsingborg
Mobil: 0723979732
Email: mith.pch@procivitas.se

Namn: Liv Hök
Skola: Sjölns gymnasium Nacka
Ort: Bandhagen
Mobil: 0707550003
Email: livellen@live.com

Namn: Markus Videfors
Skola: Värmdö gymnasium
Ort: Rönninge
Mobil: 0736667623
Email: markus.videfors@outlook.com

Namn: Nermin Skenderovic
Skola: Rönnegymnasiet
Ort: Ängelholm
Mobil: 0700464856
Email: nermin18@live.se

Namn: Nicklas Botö
Skola: Gullmarsgymnasiet
Ort: Smögen
Mobil: 0763161249
Email: nicklas.boto@gmail.com

Namn: Pashtrik Godeni
Skola: Celsiusskolan
Ort: Knivsta
Mobil: 0723866655
Email: pashtrik.godeni@gmail.com

Namn: Tova Stroeven
Skola: Viktor Rydberg Gymnasium Odenplan
Ort: Värmdö
Mobil: 0702652096
Email: tova.stro-2018@vrg.se

Namn: Nicolas Hammar
Skola: VBU högbergskolan
Ort: Ludvika
Mobil: 0760237423
Email: nico.hammar@gmail.com

Namn: Pontus Johansson
Skola: Fredrika Bremergymnasiet
Ort: Ösmo
Mobil: 0708730501
Email: pontus@gerab.se

Namn: Viktor Nevelius Wernholm
Skola: Alléskolan
Ort: Hallsberg
Mobil: 0765927426
Email: viktorwernholm@yahoo.se

Namn: Nour Albalawi
Skola: Timrå gymnasium
Ort: Timrå
Mobil: 0761028870
Email: nourbalawy@gmail.com

Namn: Raffay Abrar
Skola: Polhemskolan
Ort: Malmö
Mobil: 0732677003
Email: Raffay_jedi@hotmail.com

Namn: William Laius Lundgren
Skola: Kungsholmens gymnasium
Ort: Stockholm
Mobil: 0727304322
Email: williamll@hotmail.se

Namn: Olof Boman
Skola: Möckelngymnasiet
Ort: Karlskoga
Mobil: 0738200052
Email: hoeb123@gmail.com

Namn: Rieke Meijering
Skola: Vasaskolan Gävle
Ort: Ockelbo
Mobil: 0730790404
Email: rieke.meijering@gmail.com

Namn: Wilma Kristiansson
Skola: NFU
Ort: Svedala
Mobil: 0738400131
Email: 00wivr@skola.svedala.se

Namn: Oscar Rosman
Skola: Nyköpings Enskilda Gymnasium
Ort: Nyköping
Mobil: 0707872320
Email: oscar.rosman@hotmail.com

Namn: Sandra Boström
Skola: Celsiusskolan
Ort: Uppsala
Mobil: 0767915331
Email: sandra.bostrom99@hotmail.se

Namn: Yalda Nasrin Ataie
Skola: Tannbergsskolan
Ort: Lycksele
Mobil: 0722509659
Email: ataie.na98@gmail.com

Namn: Oskar Häggström Germann
Skola: Minerva gymnasium
Ort: Umeå
Mobil: 0705806545
Email: oskar@germann.se

Namn: Sebastian Montén
Skola: Viktor Rydbergs Gymnasium
Ort: Bromma
Mobil: 0733242491
Email: sebastianmonten@gmail.com

Namn: Yasin Zahedi
Skola: Tannbergsskolan
Ort: Lycksele
Mobil: 0702111298
Email: yasin.bakhshi36@gmail.com

Namn: Oskar Rune
Skola: Kungsholmens gymnasium
Ort: Bromma
Mobil: 0760505038
Email: oskarrune@gmail.com

Namn: Simon Söderqvist
Skola: Europaskolan
Ort: Strängnäs
Mobil: 0704041160
Email: simon.soderqvist@europaskolan.com

Namn: Oskar Öjstedt
Skola: Tycho Brahe-skolan
Ort: Helsingborg
Mobil: 0768647348
Email: oskar.ojstedt@telia.com

Namn: Talitha Nauta
Skola: S:t Petri skola
Ort: Malmö
Mobil: 0767033756
Email: utbtalnau@skola.malmo.se

Namn: Otto Lundqvist
Skola: Nyköpings Gymnasium Gripen
Ort: Nyköping
Mobil: 0768072488
Email: otto.lundqvist@gmail.com

Namn: Tim Salomonsson
Skola: Ehrensvärdska gymnasiet
Ort: Karlskrona
Mobil: 0768173600
Email: tsalomonsson11@gmail.com

Svar på fysikfrågor

Introduktion

Lise Meitner-dagarna har som bekant som syfte att uppmuntra och främja fysikintresse hos unga studerande och därför hoppas vi såklart att så många som möjligt av de fysikfrågor våra deltagare kommer dit med ska bli besvarade. Möjlighet att ställa dessa frågor kommer såklart ges under föreläsningar och labbtillfällen under dagarna, men utöver det har vi som ni vet öppnat upp för möjligheten att tjuvstarta med att ställa frågor redan i anmälan, och våra svar på dessa frågor finner ni här. Flera av svaren är mycket förenklade och inte på långa vägar fullständiga och i en del fall antingen saknas ett fullständigt svar helt eller så kräver ett fullständigt svar långt mycket mer förkunskaper än vad som är rimligt att en gymnasieelev ska kunna förstå. Istället har vi försökt ge kvalitativa beskrivningar av de fenomen frågorna handlar om med minimerat krav på förkunskaper, ibland följt av någon form av fördjupande svar eller relaterat sidospår. Detta innebär att en del säkert redan är bekant för vissa deltagare och kan hoppas över medan det är helt nytt för andra. Förhoppningsvis ska de av er som någon gång undrat över dessa frågor finna dessa svar upplysande på åtminstone något sätt.

Med detta sagt vill vi i arrangörsggruppen önska er en härlig upplevelse på Lise Meitner-dagarna och hoppas att ni ska finna läsningen av dessa svar lika spännande som det varit att svara på era frågor!

1 Finns det endast ett universum?

Det finns inga entydiga bevis för förekomsten av flera universum. Det finns dock spekulativa teorier, eller åtminstone varianter av teorier, från vilka förekomsten av flera (till och med oändligt många) universum är en logisk följd. Förekomsten av parallella universum är exempelvis en följd av en möjlig förklaring till mekanismen bakom den kosmiska inflationen, dvs att universum tros ha expanderat explosionsartat i ett tidigt skede i dess utveckling. Följande är en mycket förenklad förklaring av detta.

Enligt denna inflationsmodell bestod det som kom att bli vårt universum från början av ett slags "inflationssubstans"¹, som genomgick inflation både i bemärkelsen att volym och energi ökade. Kort sagt är detta möjligt genom tillförande av energi hämtad från gravitationen. En del av denna substans sönderföll, inflationen avstannade och den del av inflationsubstansen som sönderföll bildade vårt universum. Men för att denna inflationssubstans överhuvudtaget ska kunna genomgå inflation måste dess "dubblingstid" vara kortare än dess "halveringstid", vilket innebär att mängden av denna substans hela tiden ökar.² Av denna anledning brukar denna teori refereras till som "evig inflation-teorin". Allt kan alltså inte ha sönderfallit när vårt universum bildades. En del substans kommer dock då och då att sönderfalla och ge upphov till oändligt många universum på samma sätt som vårt bildades, enligt teorin.

En annan typ av parallella universum förekommer enligt en alternativ tolkning av kvantmekaniken. Enligt kvantmekaniken har inte en partikel en entydigt bestämd position förrän den observeras, utan har istället en vågfunktion som beskriver sannolikheten att finna partikeln på en viss position. Enligt den tolkning av kvantmekaniken som vanligtvis lärs ut störs partikeln när den observeras så att vågfunktionen kollapsar och partikeln får en bestämd position medan den observeras. Enligt den ovan nämnda alternativa tolkningen, kallad flervärldstolkningen, kollapsar aldrig vågfunktionen utan partikeln fortsätter att befinna sig på flera ställen samtidigt, men i olika parallella universum. I vart och ett av dessa olika universum kommer partikeln observeras på olika positioner fördelade enligt den sannolikhetsfördelning som beskrivs av vågfunktionen.

Hur säkert kan vi då svara på frågan om huruvida det finns parallella universum eller inte? Att vårt universum genomgått en inflationsfas är ganska allmänt accepterat och förekomsten av en inflationsfas har givit ett flertal förutsägelser som visat sig överensstämma med observationer och ge förklaringar till dessa som hittills ingen annan teori åstadkommer. Detsamma kan sägas om kvantmekaniken, men ingen av de ovan nämnda tolkningarna har visat sig förklara våra observationer bättre än den andra. Även mekanismen bakom inflationen är fortfarande omtvistad och likaså även förekomsten av parallella universum.

2 Hur expanderar universum? Är universum oändligt stort och expanderar, eller finns det någon existerande metod eller metod i utveckling som kan komma att motbevisa denna teori?

Att universum expanderar är man tämligen säker på och det finns observationer som stödjer denna teori. Dessa observationer bygger på att oavsett åt vilket håll vi tittar ser vi att avlägsna galaxer rör sig bort från oss. Samtidigt, vilket kanske kan verka lite motsägelsefullt vid första anblick, finns det inget som tyder på att universum skulle vara ändligt. En av de kanske mer träffsäkra analogier man kan tänka sig är att jämföra universum med en gummimatta med oändlig utsträckning som töjs ut i alla riktningar. Trots att gummimattan redan är oändligt stor expanderar den. Ritar vi ut två punkter på denna gummimatta kommer töjningen få dessa att röra sig bort från varandra, och på samma sätt får universums expansion

¹I teorin som den lanserades av Alan Guth var denna "inflationssubstans" ett tillstånd av så kallat falskt vakuum. Vakuum definieras som ett tillstånd med lägsta möjliga energidensitet, och ett falskt vakuum är ett slags lokalt minima, med en energibarriär mellan sig och det globala minimat, dvs det sanna vakuumet. Denna energibarriär kan liknas vid att man kan behöva tillföra en viss aktiveringsenergi även till exoterma reaktioner inom kemin. Ett sönderfall av detta vakuum innebär en övergång till sant vakuum.

²En naturlig fråga här är om detta inte strider mot energiprincipen. Kort sagt förklaras detta med att gravitationsfältets energi ses som negativ. När energi överförs från gravitationsfältet minskar dess energi, dvs blir mer negativ, och inflationssubstansens energi blir mer positiv. På detta sätt förblir den totala energin oförändrad.

galaxer att avlägsna sig från varandra. Ju längre bort från varandra två galaxer är desto snabbare blir avlägsnandet på grund av universums expansion, och för avlägsna galaxer dominerar denna rörelse.

Vad som mer är intressant är att rörelsen på grund av universums expansion faktiskt är vad man grundar uppskattningen av universums ålder på. Genom att mäta avlägsna galaxers rörelse som funktion av deras avstånd till oss (och försumma rörelse som inte beror på universums expansion) kan man genom en ganska enkel räkning komma fram till att universum var samlat i en punkt för ca 14 miljarder år sedan. För denna uppskattning har man approximerat universums expansion som konstant, vilket tros vara en ganska bra approximation under större delen av universums livstid.

Universums expansion är dock inte helt konstant och dess beteende är till viss del fortfarande ett mysterium. För det första bidrar gravitationen till att bromsa ner expansionen. Är universums densitet högre än ett visst kritiskt värde kommer expansionen till slut stanna av helt. För det andra accelereras expansionen av mörk energi, vilket är en okänd energiform som används som förklaring till att våra observationer visar att universums expansion accelererar istället för att avta på grund av gravitationen. Som togs upp i svaret på föregående fråga tros även universum ha genomgått kosmisk inflation i ett tidigt skede av dess utveckling. Mekanismen bakom universums expansion är alltså fortfarande inte klarlagd.

3 Varför stavas inte laser med z?

Laser är en förkortning för "Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation", vilket är en kortfattad beskrivning av hur en laser fungerar.

4 Hur kan vi se stjärnorna när de är så långt bort och varför ser vi dem bara på natten?

Stjärnorna är egentligen synliga även på dagen, men solens ljus är så mycket starkare och sprids i atmosfären på ett sådant sätt att stjärnornas ljus ger en så liten skillnad i ljusstyrka jämfört med solens ljus att våra ögon inte kan registrera dem.

Det som avgör vad vi kan se, åtminstone med blotta ögat, är intensiteten på ljuset som når oss från det vi betraktar. På ett längre avstånd har ljuset hunnit spridas över en större yta vilket minskar intensiteten, men för så ljusstarka objekt som stjärnor fortsätter intensiteten att vara tillräckligt stark för att vi ska kunna se dem med blotta ögat även på många ljusårs avstånd. Det mest avlägsna objekt som under goda förhållanden kan skådas med blotta ögat är triangelgalaxen som befinner sig på ett avstånd av 2,9 miljarder ljusår.

5 Finns det något som kan påverka gravitationen på jorden?

Om frågan syftar på huruvida det är möjligt att skärma sig från ett gravitationsfält är svaret att det inte finns något som tyder på att detta är möjligt. Enligt den allmänna relativitetsteorin är gravitationen en konsekvens av en krökning i rumtiden, vilken man inte kan skärma sig ifrån, så om man kunde skärma gravitationsfält skulle det strida mot den allmänna relativitetsteorin.

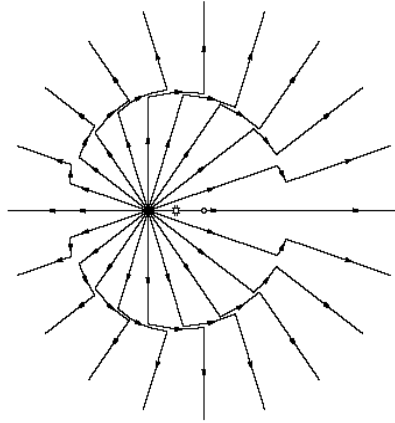
6 Varför inträffade Big Bang?

Det är en mycket svår fråga som det ännu inte finns något entydigt svar på. Den teori som är vanligast att man lär ut om universums utveckling, som refereras till som den kosmologiska standardmodellen, ger inget svar alls. Enligt denna teori betedde sig alla de fyra fundamentala naturkrafterna under ett kort ögonblick i universums början som en enda kraft (eller växelverkan). Detta beror på att de partiklar som verkar som förmedlare för de fyra krafterna enligt teorin får liknande egenskaper över en viss energinivå, som tros ha rått i universums början på grund av extremt tryck och temperatur. Ett sådant tillstånd har vi inte någon teori som beskriver. Att fotoner och W^- , W^+ och Z^0 -bosoner (budbärarpartiklar för den svaga kärnkraften) får liknande egenskaper över en viss energinivå har både förutsagts teoretiskt och observerats experimentellt och det finns en teori som beskriver ett tillstånd där även den starka kärnkraften beter sig likadant som elektromagnetiska kraften och svaga kärnkraften. En sådan teori brukar refereras till som en Grand Unification Theoryfförkortat GUT. Denna teori förutser bland annat existensen av protonsförfall och magnetiska monopoler, varför dessa fenomen är av stort intresse. Dock finns än så länge ingen "Theory Of Everything" (TOE) som man ibland benämner en teori som beskriver ett tillstånd där även gravitationen vävts ihop med de övriga krafterna. För att få till en sådan teori är det ett viktigt steg på vägen att beskriva gravitationen ur ett kvantmekaniskt perspektiv, vilket är vad exempelvis strängteori och dess kanske största konkurrent loopkvantgravitation försöker åstadkomma. Innan någon av dessa eller någon annan teori ger oss ett svar på hur ett tillstånd där alla fyra fundamentala krafter vävts ihop beter sig kan den kosmologiska standardmodellen inte beskriva universum då det var yngre än en plancktidsenhet, dvs ca 10^{-43} sekunder.

7 Varför sänder accelererande partiklar ut elektromagnetisk strålning?

Detta kan förklaras genom att man ser på den elektromagnetiska strålningen just som en våg av ett svängande elektriskt fält vinkelrätt mot ett svängande magnetfält. Själva vågfronten uppkommer för att ändringar i det elektriska och magnetiska fältet inte kan utbreda sig snabbare än ljushastigheten.

Vi tänker oss en laddad partikel som under en kort tid ändrar hastighet och därmed accelererar. För en laddad partikel som rör sig med konstant hastighet pekar det elektriska fältet helt i radiell led, dvs rakt utåt från partikeln (eller rakt inåt om det är en positiv laddning). Betraktar vi partikeln tiden t efter att hastigheten ändrades kommer fältet inom en radie ct (c är ljushastigheten) att peka utåt från partikeln verkliga position, men utanför denna radie har inte fältet hunnit reagera på att partikeln ändrat hastighet utan pekar utåt från den punkt partikeln skulle ha befunnit sig på om den inte ändrat hastighet. Det elektriska fältet är kontinuerligt, vilket kan illustreras i modellen med fältlinjer med att fältlinjerna alltid hänger ihop. Detta innebär att vid gränsen mellan där fältet har hunnit reagera på hastighetsändringen och inte kommer fältet ha en tangentiell komponent, såsom illustrerat i figur 1. Då tiden t ökar kommer denna gräns utvidga sig med ljushastigheten och ger på så vis upphov till en transversell vågfront.



Figur 1: Illustration av hur det elektriska fältet ser ut en viss tid efter att partikeln genomgått en hastighetsändring

För magnetfältet gäller att det är riktat cirkulärt runt partikeln bana och har en styrka som är proportionell mot hastigheten. Detta innebär att det uppstår en liknande vågfront för magnetfältet som utgörs av gränsen mellan var fältet har ändrat styrka för att hastigheten ändrats och inte. Denna vågfront utvidgar sig i samma riktning och med samma hastighet som den för det elektriska fältet men själva fältlinjerna är vinkelräta mot de tangentiella fältlinjer som det elektriska fältets vågfront utgörs av. Sammantaget har alltså en elektromagnetisk våg uppstått.

Tänker vi oss nu en partikel som oscillerar kommer accelerationen hela tiden ändra både storlek och riktning, och därmed kommer både den tangentiella komponenten av det elektriska fältet samt magnetfältet i den våg som utbreder sig oscillera motsvarande partikeln oscillation. Exempelvis i en radiosändare uppstår vågorna på detta sätt genom att elektroner oscillerar i en ledare.

8 På vilka sätt kan den speciella relativitetsteorin experimentellt bekräftas?

Det finns flera sätt att påvisa de faktiska effekterna av speciella relativitetsteorin. Ett vanligt exempel är det höga antalet detekterade myoner per ytenhet vid jordytan. Myoner bildas högt upp i atmosfären som en produkt av interaktioner mellan atmosfärens partiklar och högenergipartiklar från den kosmiska strålningen. Dock är deras halveringstid så kort att utan tidsdilatation skulle de flesta ha hunnit sönderfalla innan de når jordytan. Eftersom de har hastigheter nära ljusets kommer tiden som passerat i myonernas referenssystem vara betydligt kortare än vad en observatör på jorden mäter, vilket förklarar varför en oväntat hög andel av myonerna tar sig ned till jordytan utan att sönderfalla.

I partikelacceleratorer som de på CERN är relativistisk påverkan på partiklars rörelsemängd mycket påtaglig. Ju större rörelsemängd en partikel har när den rör sig i sin bana desto större kraft krävs för att hålla partikeln i sin bana, och därför måste man känna till partikeln rörelsemängd för att kunna kalibrera magnetfälten som håller partiklarna i sina banor. Eftersom speciella relativitetsteorin säger att rörelsemängden i själva verket växer snabbare än linjärt med hastigheten, som i det klassiska fallet, så får man vid de rådande mycket höga hastigheterna att den nödvändiga flödestätheten på magnetfältet blir alldeles för liten om man bortser från relativistiska effekter.

För att avsluta med ett mer vardagligt exempel kan även nämnas att räkning med tidsdilatation används för att öka precisionen vid positionsmätning med GPS. GPS fungerar så att ett antal satelliter kretsar kring jorden och hela tiden skickar ut signaler innehållande information om position och tid då signalen sändes ut. GPS-mottagaren mäter sedan hur lång tid det tagit för signalen att komma fram till mottagaren från flera olika satelliter och får därmed information om avståndet till flera olika satelliter med känd position, vilket kan användas för att räkna ut mottagarens position. Eftersom satelliterna rör sig relativt mottagaren kommer tidsdilatation att få satelliternas och mottagarens tidsmätning att hamna ur synk om inte detta kompenseras för, vilket försämrar noggrannheten.

9 Kan man framställa antimateria?

Positroner, elektronens antipartikel, bildas i radioaktiva processer vid β^+ -sönderfall, och vid β^- -sönderfall bildas även antineutrino. Det finns naturligt förekommande isotoper som strålar med både β^+ - och β^- -strålning. Tyngre antipartiklar såsom antiprotoner och antineutroner framställs i partikelacceleratorer i kollisioner med tillräckligt hög energi för att den tillgängliga frigjorda energin efter kollisionen ska räcka till att omvandlas till antiprotoner och antineutroner. Man har även lyckats framställa antideuteriumkärnor, antitritiumkärnor, antihelium-3-kärnor och antihelium-4-kärnor genom kollisionsprocesser där både antineutroner och antiprotoner bildats och sedan fusionerat. Genom att kyla ner de mycket energirika antiprotoner som bildas i de använda framställningsprocesserna och sedan blanda dessa med positroner har man även lyckats skapa antiväte, dvs en antiproton som bundit en positron.

10 Har gravitationen partiklar?

Enligt standardmodellen inom partikelfysik finns en hypotetisk partikel kallad graviton som fungerar som budbärarpartikel för gravitationen på motsvarande sätt som exempelvis fotoner gör för den elektromagnetiska kraften. Denna partikel förväntas vara masslös, sakna laddning och ha spinn 2. Partikeln har dock aldrig observerats och man har inte heller kunnat förena standardmodellen med den allmänna relativitetsteorins beskrivning av gravitationen, varför det fortfarande är okänt om partikeln existerar eller ej.

Intressant relaterat sidospår: Anledningen till att gravitonen förväntas vara masslös är att gravitationen tycks ha oändlig räckvidd. När man säger att en partikel verkar som budbärarpartikel för en växelverkan innebär det att växelverkan sker genom ett utbyte av så kallade virtuella partiklar av den aktuella typen, vilket är partiklar av samma typ som budbärarpartikeln men som endast existerar temporärt med en energi ΔE och livstid Δt som satisfierar Heisenbergs osäkerhetsprincip, som lyder

$$\Delta E \Delta t \geq \frac{\hbar}{2}.$$

Avståndet växelverkan kan nå är avståndet som kan nås av sådana virtuella partiklar. Finns det en undre begränsning $E_0 > 0$ på beloppet av ΔE på grund av att partikeln har en vilomassa kommer antalet partiklar med livstid större än $\Delta t \geq \frac{\hbar}{2E_0}$ minska mycket snabbt, vilket gör att vid ett visst avstånd klingar växelverkan snabbt av. Eftersom detta inte sker med gravitationen förväntas alltså gravitonen vara masslös.

11 Varför är ljusets hastighet just den hastigheten som den är?

Man kan visa att fältkonfigurationen som gäller hos en elektromagnetisk våg, med ett elektriskt fält vinkelrätt mot ett magnetfält, endast uppfyller samtliga Maxwells ekvationer om fältet utbreder sig med en hastighet

$$c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}}$$

om fälten är i vakuum. ϵ_0 , den så kallade permittiviteten i vakuum, är ett mått på vakuums motstånd mot bildandet av elektriska fält, och eftersom det krävs en nollskild laddning för att skapa ett elektriskt fält i vakuum har denna konstant ett nollskilt värde i vakuum. μ_0 , permeabiliteten i vakuum, är ett mått på vakuums förmåga att upprätthålla ett magnetfält, och eftersom det går att upprätthålla ett magnetfält i vakuum måste även denna konstant ha ett nollskilt värde. Sammantaget ger detta att ljushastigheten också är ändlig.

Frågan om varför ljushastigheten är just den hastigheten den är, är dock en i någon mening irrelevant fråga, då ljushastigheten i vakuum är *definierad* till värdet 299792458 m/s. Med den tidigare definitionen av metern visade det sig att man kunde mäta ljushastigheten med större noggrannhet än noggrannheten i definitionen av en meter tillät, varför man valde att istället ge ljushastigheten ett definierat värde och låta längden av en meter följa ur definitionerna av ljushastigheten och sekunden. Även μ_0 har ett definierat värde, $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ (och ur detta följer också ett definierat värde på ϵ_0).

12 Vad händer om man åker snabbare än ljusets hastighet? Om man färdas snabbare än ljusets hastighet (om det vore möjligt) åker man då bakåt i tiden?

Först och främst bör understrykas att man är tämligen säker på att det är omöjligt att färdas snabbare än ljusets hastighet. Om man kunde färdas snabbare än ljushastigheten kan man dock göra en räkning med den så kallade Lorentztransformationen, som relaterar rums- och tidskoordinater mellan två referenssystem som rör sig med konstant hastighet relativt varandra enligt den speciella relativitetsteorin, som ger att man skulle upplevas färdas bakåt i tiden i vissa referenssystem som rör sig med vissa hastigheter. Tittar vi istället på vad tidskoordinaten transformeras till i ett system som följer en farkost som rör sig snabbare än ljushastigheten får vi dock istället ett imaginärt värde på tiden i detta referenssystem vilket saknar fysikalisk tolkning och är en anledning till varför det antas vara omöjligt att färdas snabbare än ljushastigheten.

13 Hur vet man att man bara accelererar en enda partikel i en partikel accelerator som CERN?

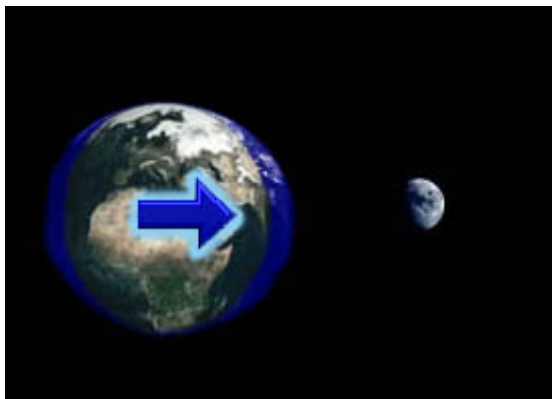
Man accelererar inte en enda partikel, utan i exempelvis LHC accelererar man protonstrålar indelade i strålnippen mot varandra, med ca 2800 strålnippen om ca 10^{11} protoner i acceleratorringen samtidigt. Inte alla partiklar i strålarna kolliderar varje gång strålarna möts, utan de två strålarna cirkulerar åt varsitt håll under en längre tid så att några partiklar kolliderar varje gång strålarna möts.

14 Finns det någon motsats till svarta hål (så kallade vita hål)?

Vita hål är benämningen på de teoretiska objekt som uppvisar ett beteende som kan sägas vara motsatsen till ett svart hål, i den meningen att de har en händelsehorisont som inte kan passeras utifrån av varken materia eller ljus på motsvarande sätt som varken materia eller ljus kan passera ett svart håls händelsehorisont från insidan. Under rätt teoretiska förhållanden existerar de som en lösning till Einsteins fältekvationer, vilka beskriver den resulterande gravitationen som uppstår när massa och energi kröker rumtiden, men det finns inga kända fysikaliska processer genom vilka vita hål kan bildas.

15 Vad händer vid flod och ebb?

Ebb och flod, eller snarare fenomenet tidvatten, uppstår på grund av månens gravitation, eller närmare bestämt att månens gravitation på jorden är starkare på ena sidan jorden än den andra. En elastisk massa som befinner sig i ett inhomogent gravitationsfält kommer deformeras, och i fallet med jorden och månen kommer skillnaden i gravitation på sidan av jorden närmast månen och sidan längst bort från månen resultera i att vattenmassorna på jorden dras ut längs linjen mellan jorden och månen, så att det uppstår två "bulor" på var sin sida jorden, se figur 2. Ett sätt att se på det som gör fenomenet mer intuitivt kan vara att se månens inhomogena gravitationsfält som summan av ett homogent gravitationsfält lika med månens gravitation vid jordens centrum och ett som är riktat mot månen på sidan av jorden närmast månen (eftersom gravitationen mot månen ska vara starkare där) och riktat bort från månen på andra sidan jorden (eftersom gravitationen mot månen ska vara svagare där). Detta fält vi lägger till utöver det tänkta homogena gravitationsfältet pekar alltså på båda sidor bort från jorden, vilket får vattenmassorna att dras utåt från jordytan utmed linjen mellan jorden och månen. Vid dessa "bulor" på linjen mellan jorden och månen får vi flod, och på en linje vinkelrätt mot denna sjunker vattenmassorna undan så att vi får ebb.

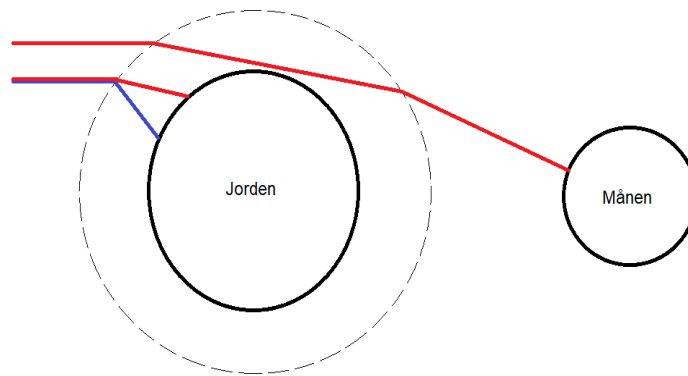


Figur 2: Illustration av hur vattenmassor på jorden höjs på grund av tidvattenkraften från månen.

16 Varför är solnedgången röd?

Att himlen är röd vid solnedgång och soluppgång beror på att ljus med olika färg bryts olika mycket då det passerar genom jordens atmosfär. Ljus med kortare våglängd, dvs blåare ljus, bryts mer in mot mitten av den yta av jorden som solen belyser än ljus med längre våglängd, dvs rödare ljus, såsom illustreras i figur 3. På kanterna av den yta av jorden som solen belyser, dvs vid soluppgång och solnedgång, som träffas mer av ljus som inte brutits så mycket i atmosfären, kommer himlen därför att se rödaktig ut.

Ett intressant relaterat sidospår: En del av det röda ljuset från solen bryts såpass lite att det aldrig ens träffar jordytan utan kommer ut ur atmosfären igen och fortsätter vidare. Vid en total månförmörkelse kommer månen stå så att den belyses av detta ljus och får därför en rödaktig färg, se figur 3. Detta fenomen kallas ibland blodmåne.



Figur 3: Illustration av hur ljus med olika färg bryts i jordens atmosfär.

17 Hur fungerar det när man utvinner vätgas ur havsvatten, för till exempel vätgasmotorer?

För det första bör nämnas att största delen av den vätgas som produceras inte utvinns ur havsvatten utan ur metangas. Metangas reagerar med vattenånga under närvaro av en nickelkatalysator vid en temperatur på ca 800°C , varvid kolmonoxid och vätgas bildas. Kolmonoxiden kan sedan i sin tur reagera med vattenånga vid närvaro av en järnoxidkatalysator under en något lägre temperatur så att vätgas och koldioxid bildas.

Den vanligaste metoden att ändå utvinna vätgas ur vatten är genom elektrolys, dvs att man använder en spänningskälla för att driva en redoxreaktion, genom vilken vatten delas upp i syrgas och vätgas. En redoxreaktion består i två halvreaktioner, en oxidationsreaktion, där elektroner frigges, och en reduktionsreaktion, där elektroner absorberas. Den i detta fallet önskade reaktionen sker inte spontant, men genom att sänka ner två elektroder i en saltvattenlösning med en tillräckligt stor potentialskillnad mellan sig kan man få elektroner att avges från lösningen vid anoden så att man får en oxidationsreaktion, i vilken syrgas bildas, samtidigt som elektroner tillförs vid katoden och resulterar i en reduktionsreaktion, i vilken vätgas bildas. Nettoreaktionen blir att vatten delas upp i syrgas och vätgas. Ni kommer med säkerhet att stöta på mer om detta i gymnasiekemin, om ni inte redan gjort det.

18 Vilken är den mest allmänt accepterade tolkningen av kvantmekanik? Hur funkar de Broglie-Bohm teorin? Varför är inte den mer välkänd för sin deterministiska tolkning av universum?

Den vanligast använda tolkningen av kvantmekaniken är den så kallade Köpenhamnstolkningen. Enligt denna tolkning har inte en partikel en bestämd position förrän den observeras, utan istället finns det en vågfunktion, som fås genom att lösa Schrödingerekvationen, som beskriver en sannolikhetsfördelning för partikelns position. När partikeln observeras kollapsar denna vågfunktion och partikeln får en bestämd position medan den observeras.

Enligt de Broglie-Bohm-teorin har istället partiklar hela tiden bestämda positioner, men även en associerad vågfunktion som styr partikelns rörelse (matematiskt samma vågfunktion som ovan men utan samma fysikaliska tolkning). När denna vågfunktion interagerar med omgivande objekt kan detta ge upphov till interferensmönster i vågfunktionen och partikeln styrs då av vågfunktionen så att den undviker områden med interferensminima och dras mot områden med interferensmaximum. Detta ger exempelvis en förklaring av resultatet man får vid utförande av dubbelspaltexperimentet. Varje enskild partikels slutliga position förutsägs dock enligt teorin helt och hållet av dess ursprungliga position, och att partiklarna vid ett dubbelspaltexperiment samlas vid olika områden på skärmen beror på små skillnader i partiklarnas startpositioner.

Hur uppkommer då den upplevda slumpmässigheten som påvisats vid experiment på en skala där kvantmekanikens lagar är påtagliga? Enligt Köpenhamnstolkningen är verkligen inte en partikels egenskaper såsom position och rörelsemängd bestämda förrän respektive storhet mäts och inte heller då är de bestämda samtidigt utan det råder en osäkerhet som bestäms av Heisenbergs osäkerhetsprincip. För det konjugerade variabelparet position x och rörelsemängd p säger Heisenbergs osäkerhetsprincip att

$$\Delta x \Delta p \geq \frac{\hbar}{2}.$$

Heisenbergs osäkerhetsprincip följer i sig av en rent matematisk härledning för hur noggrant vi kan känna till exempelvis position och rörelsemängd samtidigt och kan även härledas inom ramen för de Broglie-Bohm-teorin men har då en annan fysikalisk tolkning än Köpenhamnstolkningen. De Broglie-Bohm-teorin säger istället att partiklar hela tiden har

väldefinierade egenskaper men att Heisenbergs osäkerhetsprincip helt enkelt sätter en gräns för hur noggrann information vi kan utvinna om dessa, vilket förklarar den upplevda slumpmässigheten.

Att teorin förklarar denna upplevda slumpmässighet med att det finns "gömd" information om partiklarnas egenskaper och inte en faktisk fysikalisk osäkerhet i dessa gör att teorin faller under kategorin dolda variabler-teorier. I enighet med Bells teorem kan man visa att en teori som förutser samtliga våra observationer vid kvantmekaniska experiment antingen måste hävda att partiklar inte har entydigt bestämda egenskaper även när de inte observeras eller hävda att partiklar kan interagera med varandra ögonblickligen över avstånd, dvs med en interaktion som fortplantar sig med obegränsad hastighet. De Broglie-Bohm-teorin menar som sagt att partiklarna hela tiden har bestämda egenskaper utan hävdar det sistnämnda. Detta strider mot den speciella relativitetsteorin, som säger att ingen information kan utbreda sig snabbare än ljushastigheten, vilket torde vara en viktig anledning till varför teorin inte är särskilt uppmärksam i dagsläget.

19 Finns det en förståelse för hur svarta hål fungerar?

På en makroskopisk nivå vet vi en hel del om svarta håls egenskaper. Vi vet exempelvis att svarta hål bildas när massa kompakteras ihop innanför en viss radie, den så kallade Schwarzschild-radien, som beror på massans storlek. Vi vet också att denna radie utgör en så kallad händelsehorisont som varken ljus eller materia kan passera från insidan samt att en utomstående observatör kommer uppfatta det som att tiden står stilla på händelsehorisonten. Det finns även teori som beskriver upplösning av svarta hål genom att de svarta hålen avger elektromagnetisk strålning motsvarande en temperaturstrålning som är omvänt proportionell mot det svarta hålets massa (kallad Hawkingstrålning). Det sistnämnda är dock inte bekräftat och för svarta hål i en storlek vi vet existerar är strålningen för svag för att kunna detekteras.

Vi har dock inte full förståelse för hur svarta hål fungerar. Enligt lösningen till Einsteins fältekvationer har svarta hål en singularitet i sitt centrum där all dess massa är samlad i en punkt och där rumtidens krökning är oändlig. När singulariteter dyker upp inom en teori är det ofta ett tecken på att teorin inte är fullständig och de (åtminstone skenbara) singulariteternas egentliga natur är än så länge okänd. Detta hoppas man att en framtida kvantmekanisk beskrivning av gravitationen ska kunna ändra på.

Även teorin om Hawkingstrålning ger upphov till ett par mysterier som än så länge är ouppklarade. Ett sådant är att teorin tycks innebära att information om det ursprungliga tillståndet för materia som faller in i ett svart hål tycks gå helt förlorad. Detta innebär en paradox, då bevarande av information är kopplat till bevarande av summan av sannolikheten för samtliga möjliga utfall. Så länge materien är kvar i det svarta hålet måste inte nödvändigtvis informationen vara förlorad, bara otillgänglig från utsidan. Enligt teorin om Hawkingstrålning kommer dock de svarta hålet till slut att lösas upp genom att avge en elektromagnetisk strålning och Hawkingstrålningen kommer vara allt som är kvar av materien. Denna strålning verkar dock inte kunna innehålla den ursprungliga informationen. Denna paradox är man inte överens om en lösning på.

20 Hur pass noga vet vi hur tiden beter sig på andra platser i universum? Hur tiden beter sig i närheten av extrem gravitation såsom svarta hål? Jag funderar på filmer som Interstellar och liknande och undrar hur mycket av det som förekommer i dessa filmer som faktiskt är verklig- hetsbaserat i fysikforskning.

Vad gäller Interstellar var denna film konsulterad av Kip Thorne, som passande nog var en av tre som fick dela på årets nobelpris i fysik, så har man bara lyssnat på honom bör det mesta vara fysikaliskt korrekt...

Det är känt och experimentellt bekräftat att gravitationell tidsdilatation existerar. Den allmänna relativitetsteorin ger en beskrivning av detta fenomen, vilken resten av detta svar grundar sig på. Om en observatör i ett gravitationsfält på avstånd r från masscentrum på en sfärsymmetrisk icke-roterande massiv kropp med massa M mäter att en händelse tar tiden t_0 mäter en observatör utanför gravitationsfältet³ att samma händelse tar tiden t_f enligt

$$t_0 = t_f \sqrt{1 - \frac{2GM}{c^2 r}} = \sqrt{1 - \frac{r_s}{r}} = t_f \sqrt{1 - \frac{v_{esc}^2}{c^2}},$$

där r_s är kroppens Schwarzschildradie, dvs radien av den sfär massan behöver komprimeras till för att bli ett svart hål, och v_{esc} är flykthastigheten från kroppen från avståndet r . Värt att notera är att detta är precis tidsdilatationen enligt den speciella relativitetsteorin i en gravitationsfri omgivning för en hastighet lika med flykthastigheten från avstånd r från den massiva kroppen. Notera även att $t_f \geq t_0$, dvs tiden går snabbare långt bort från kroppen, och att då $r = r_s$ är $t_0 = 0$, dvs tiden stannar helt på ett svart håls händelsehorisont enligt en observatör långt från kroppen. Befinner man sig tillräckligt nära ett svart hål kan man alltså få en given tid man själv mäter att motsvara en hur lång tid som helst enligt en observatör långt från det svarta hålet. En tidsdilatation som i Interstellar, där en timme nära ett supermassivt svart hål motsvarar sju år på jorden, är alltså möjligt.

³Detta kan endast realiseras på oändligt avstånd från kroppen, men ger en godtagbar approximation om den ena observatören är mycket längre från kroppens masscentrum än den andra.

