



Lise Meitner-dagarna

16-18 november 2018

Lise Meitner-dagarna

16 - 18 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 20
Svar på fysikfrågor	sid 25

Upplysningar

I år anordnas Lise Meitner-dagarna för fjärde gången. Du hjälper oss att få allt att fungera om du följer informationen som finns här. Tack! Upplysningar får du av oss i arrangörsguppen genom att maila info@lisemeitnerdagarna.se eller genom att ringa Stefan, 0706320990.

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 trebäddsrum 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.

Utcheckning

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

Namnskylt

Du får en namnskylt när du registrerar dig. Den färgade randen på skylten indikerar vilken labbgrupp du tillhör. 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 på fredag, lördag och söndag
- Middag på fredag kväll, AlbaNova
- Middag på lördag kväll, Hotel Birger Jarl.

Frukosten på fredagen serveras på AlbaNova, checkar man in kvällen innan får man frukost på hotellet. Eftermiddagsfikat på söndagen 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 30 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.

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-kortet vi har skickat hem till dig är laddat med endast två resor. Dessa är tanken att användas för resa till och från Stockholm Central.** Mellan hotellet och AlbaNova kan man gå.

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
 - Lokalbuss Light rail
 - Pendeltåg Commuter rail
 - Fjärrtåg Rail
- 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:

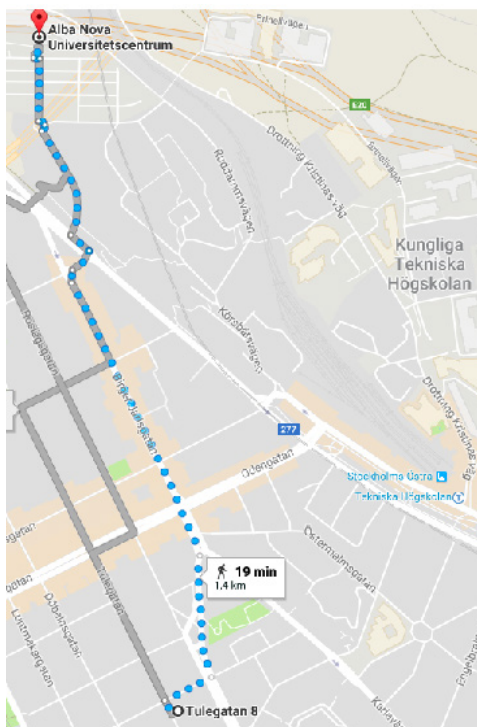
Om du reser till Stockholm på torsdagen ska du ta dig till Hotel Birger Jarl från centralstationen. Ta dig till tunnelbanestationen T-centralen (följ skyltar mot tunnelbanan från perrongen om du kommer med tåg, du kommer förmodligen att märka den våg av människor som rör sig ned mot trapporna och upp mot tunnelbanestationen). Följ skyltarna mot grön linje, mot Alvik/Åkeshov/Hässelby strand, linje 17/18/19. Ta tåget och kliv av vid Rådmansgatan. Därifrån är det 5 minuters promenad till hotellet. Sväng nordöst upp på Rådmansgatan och sväng sedan vänster på Tulegatan. Bra jobbat, du är framme!

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

Från Hotel Birger Jarl till AlbaNova:

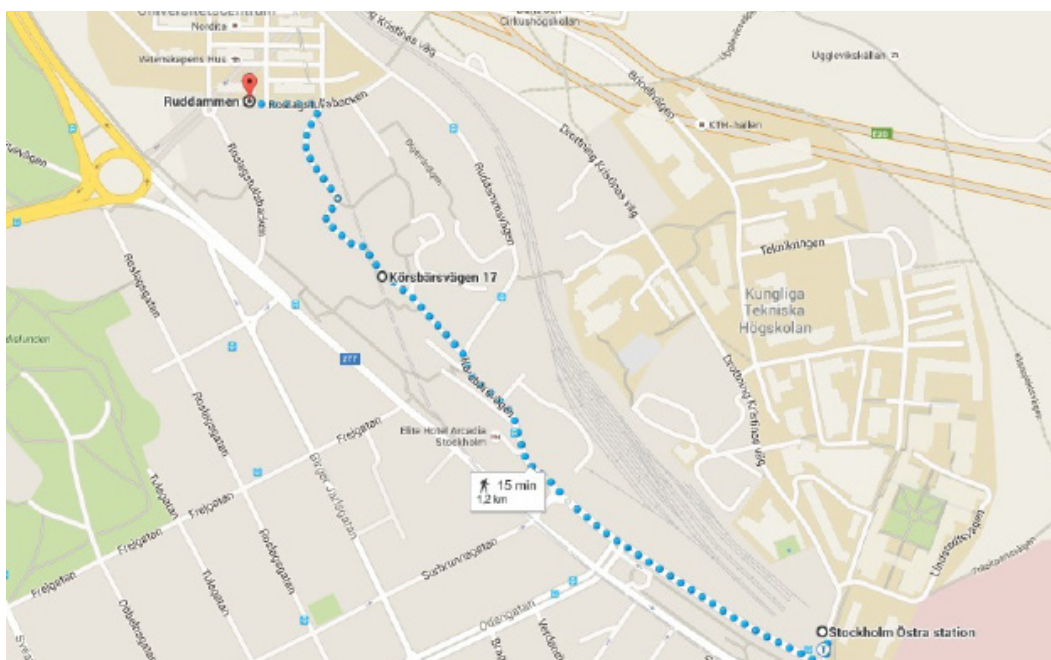
Gå ner mot Kungsgatan och sväng mot Birger Jarlsgatan. Fortsätt rakt fram längs gatan tills du går förbi ICA. Har du kommit rätt ska du se en kiosk som heter Tullfritt. Bakom kiosken finns det en brant backe, gå upp för den och fortsätt rakt fram till AlbaNova.

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, åka tre stationer och kliva av vid Tekniska Högskolan. Därifrån kan du promenera i ca 15 minuter till AlbaNova.



Gångväg till
AlbaNova från
Tunnelbanestationen

Boende

Vi kommer att bo på hotellet Birger Jarl, som ligger nära tunnelbanestationen Rådmansgatan. Restaurangen där frukosten serveras finns vid entrén.



Middag

Var: Hotel Birger Jarl, Tulegatan 8

När: Lördag 17 november 2018, 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 16/11-2018

- 08.00-10.15:** Ankomst till AlbaNova
- 10.15-10.45:** Invigning av Lise Meitner-dagarna 2018
- 10.45-11.15:** Lise Meitner – vem var hon och hur har man sett på hennes insatser?
Karl Grandin
- 11.15-12.15:** Rymdresor
Christer Fuglesang
- 12.15-13.45:** Lunch och utställning
- 13.45-14.30:** Lasern som redskap för kommunikation, lärande och underhållning
Sheila Galt
- 14.30-15.30:** Utställning
- 15.30-16.30:** Aktivitetspass 1
Sveriges Unga Akademi & Arrangörsgruppen
- 16.30-16.45:** Bensträckare
- 16.45-17.45:** Aktivitetspass 2
Sveriges Unga Akademi & Arrangörsgruppen
- 18.30:** Middag
Alba Nova

Lördag 17/11-2018

- 09.00-09.15:** Information Wallenbergs fysikpris
- 09.30-11.00:** Laborationspass I
- 11.00-11.30:** Fika
- 11.30-13.00:** Laborationspass II
- 13.00-14.15:** Lunch
- 14.15-15.15:** Stjärnor på Jorden
Tünde Fülöp
- 15.15-15.30:** Bensträckare
- 15.30-16.30:** Stjärnor på Jorden
Gabriella Stenberg
Wieser
- 16.30-16.45:** Bensträckare
- 16.45-17.30:** Vågkraft - idag och i framtiden
Malin Göteman
- 19.00:** Finmiddag
Hotell Birger Jarl

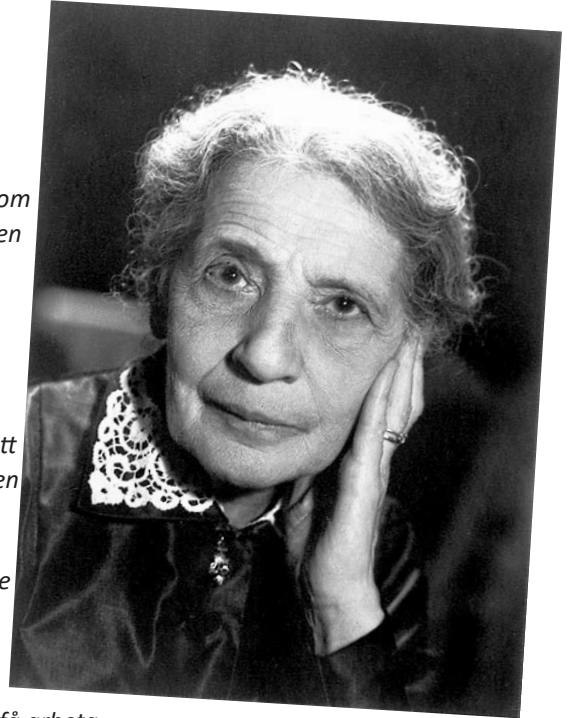
Söndag 18/11-2018

- 09.00-10.00:** Fysikshow
- 10.00-11.00:** Vad är kvantfysik, och varför är den så konstig?
Sören Holst
- 11.00-11.15:** Bensträckare
- 11.15-12.15:** Second Youth of Quantum Mechanics
Frank Wilczek
- 12.30-13.15:** Avslutning och prisutdelning

Lise Meitner

Lise Meitners studier började vid fjorton års ålder i syfte att utbilda sig till fransklärarinna för att säkert kunna försörja sig. Karriären som lärarinna blev dock inte långlivad då hon 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 hon 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 kom att disputerar i fysik 1905 med en avhandling om värmeledning. Efter sin disputation reste hon till Berlin 1907 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 delta i undervisningen, såvida inte föreläsaren tillät det.

Meitner eftersträvade mer erfarenhet av experimentellt arbete och frågade därför Heinrich Rubens, som var professor i experimentell fysik i Berlin, om hon kunde få en forskarplats. Via honom fick hon kontakt med Otto Hahn som hon började arbeta tillsammans med efter att de fått tillstånd av kemiprofessorn Emil Fischer. Fischer var emellertid emot att kvinnor skulle få arbeta på institutionen, bortsett från städerskor, och svarade därför först med "på inga villkor får en kvinnlig forskare börja här". Till slut gav han dock med sig och Hahn och Meitner fick arbeta på kemiinstitutionen, så länge Meitner lovade att enbart uppehålla sig i källaren, vilket hon var tvungen att acceptera. I och med att det inte fanns någon toalett där nere fick hon istället gå till en restaurang längre ner på gatan.



År 1912 flyttade Meitner och Hahn till det nyinrättade och fristående Kaiser Wilhelm Institutet (KWI) vilket gav dem större frihet. Dock fick Meitner arbeta där oavlönad som gästforskare i ett helt år innan hon fick en fast anställning. Under åren på denna institution gjorde Meitner och Hahn en rad upptäckter, bland annat av den långlivade isotopen av proaktinium och Augereffekten. År 1926 blev Meitner anställd som professor vid Berlins universitet och därmed Tysklands första kvinnliga professor. Hahn och Meitner fortsatte då med sin forskning på universitetet och efter det att neutronen upptäckts 1932 av James Chadwick, trodde man sig kunna skapa tyngre ämnen än uran (vilket var det tyngsta ämnet man kände till då). Meitner och Hahn gav sig då (med hjälp av den tyske kemisten Fritz Strassmann) in i en kapplöpning med Ernest Rutherford, Irene Joliot-Curie och Enrico Fermi på detta spännande område.

Efter att Hitler tog makten blev det svårare för Meitner att arbeta i och med att hon var född judinna och efter det att Nazityskland hade inkorporerat hennes hemland Österrike våren 1938 blev hon till slut tvungen att fly. Den 1:a augusti anlände hon till Kungälv i Sverige där hon återsåg sin väninna och tidigare fysikerkollega svenskan Eva von Bahr-Bergius. Meitner och Hahn höll kontakten genom brevväxling. I ett av breven frågar han henne om hjälp med att hitta en fysikalisk förklaring på de resultat som han fick då han bestrålade uran med neutroner. I Lises svar lade hon fram en förklaring som baserade sig på vätskedropsmodellen av atomer som bland annat Niels Bohr låg bakom. Meitners förklaring beskrev också att den frigjorda energin i reaktionen gick att beräkna med $E=mc^2$. Denna förklaring jobbade Meitner fram i samarbete med sin brorson Otto Frisch, som sedan bekräftade den 1939. Dock var det Otto Hahn ensam som fick 1944 års Nobelpris i kemi för upptäckten av kärnklyvning, fission.

Lise Meitner stannade i Sverige efter kriget och arbetade på KTH och Stockholms universitet (som då hette Stockholms Högskola) och hon var delaktig i byggandet av kärnreaktorn R1, belagd under KTH. (Själva reaktorn är idag borttagen, men reaktorhallen och kontrollrummen finns fortfarande kvar och används av KTH i olika syften.) Hon flyttade senare till Cambridge där hennes systerson var verksam och fortsatte att föreläsa, resa och gå på konserter fram till sin död. Det var först under sina 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 fjärde året i rad 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 bland annat som mål att främja fysikforskning, att stimulera intresse för naturvetenskap och att sprida information om fysik och fysikutbildning.

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 finaltävlingen 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 nästa år arrangeras i Tel Aviv, och som brukar samla ungefär 400 deltagare från fler än åttio länder. Kvalificeringstävlingen äger rum den 24 januari, och det är till din fysiklärare du ska anmäla att du vill delta. Mer information, se: <http://www.fysikersamfundet.se/wallenbergs-fysikpris/>.

De fem som får bäst resultat i kvalificeringstävlingen erbjuds delta i Europeiska fysikolympiaden som år 2019 hålls i Riga.

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 Meitnerdagarna 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 2019. 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 Julia Järlebark, Stefan Sigurdsson, Lara Sheik, 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, Sven och Dagmar Saléns stiftelse, Beijerstiftelsen, Jakob Wallenbergs stiftelse 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: Lara Sheik

Mobil: 0707959129

Email: lara.sheik@lisemeitnerdagarna.se

Sysselsättning: Studerar datateknik vid KTH



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: Stefan Sigurdsson

Mobil: 0706320990

Email: stefan.sigurdsson@lisemeitnerdagarna.se

Sysselsättning: Studerar fysik vid Stockholms Universitet



Föredragssammanfattningar

Lise Meitner – vem var hon och hur har man sett på hennes insatser?

Karl Grandin

Föreståndare för Centrum för vetenskapshistoria vid Kungl.
Vetenskapsakademien

Lise Meitner är en av de allra mest välkända kvinnliga fysikerna som verkade under 1900-talet och hon lämnade flera viktiga bidrag till fysikens utveckling. Särskilt brukar hennes tolkning av kemisten Otto Hahns experiment framhållas, där hon formulerade teorin för atomkärnors klyvning utifrån hans experimentella resultat. Men hon bedrev omfattande forskning på flera andra områden främst inom kärnfysiken. Hennes liv blev väl så dramatiskt som de två världskrigen hon genomlevde och hon tvingades fly undan Hitlers raslagar till Sverige. Hon kom att stanna över 20 år i Sverige trots att hon inte upplevde att hon fick det stöd hon hade önskat här. Välkänt är också att många menar att hon borde ha fått ett Nobelpris i fysik, men det fick hon inte. Föredraget kommer kort ta upp några aspekter ur hennes vetenskapliga liv och ställa frågor om varför hon hamnade i Sverige och varför hon inte tilldelades Nobelpriset.

Lasern som redskap för kommunikation, lärande och underhållning

Sheila Galt

Professor, mikroteknologi & nanoteknologi, Chalmers tekniska högskola

Vi använder oss av lasern som kommunikationsredskap dagligen, då vi skickar osynliga blinkande ljussignaler genom ett nätverk av optiska fibrer i det vi kallar internet. Med synligt laserljus och lite vardagsföremål kan vi lära oss rätt mycket om ljus, och demonstrera fenomen som brytning, spridning, absorption, totalreflektion, diffraktion, polarisation m.m. Vilken modell gillar du bäst för ljus – elektromagnetiska vågor eller fotoner (ljuspartiklar)? Vi kommer att använda partikelmodellen ihop med en modellatom med elektroner som fastnar på olika energinivåer med hjälp av små klädnypor! Förhoppningsvis kan vi få till en förståelse av hur en laser fungerar med dessa redskap. Sedan är det alltid uppskattat att busa lite med laserljuset – så länge man gör det på ett säkert sätt. Vi pratar lite om vad det innebär med lasersäkerhet, och har lite kul med att bomba laserstrålen med några droppar mjölk! Och naturligtvis pratar vi lite om utvecklingen inom området fotonik, som man kan säga är kombinationen av fotoner och elektronik ihop, där man t.ex. strävar efter bättre och bättre halvledarlasrar som kan moduleras med högre och högre frekvenser, för överföring av ännu mer data på internet.

Stjärnor på Jorden

Tünde Fülöp

Professor i plasmafysik vid Chalmers tekniska högskola

Solens och andra stjärnors energikälla är kärnfusion, sammansmältning av lätta atomkärnor till tyngre. Samma process skulle kunna bidra till att på ett miljömässigt riktigt sätt lösa världens växande energiproblem. För att skörda stjärnornas energi på Jorden behöver man kontrollera en het gas - ett så kallat plasma där elektroner och atomkärnor inte är bundna till varandra - som är mer än 100 miljoner grader varmt. Hur går man tillväga för att göra det? Vilka är utmaningarna som behöver lösas för att kunna utvinna nettoenergi på ett kontrollerat sätt?

[illegible]

Rosetta - den vilda jakten på kometen

Gabriella Stenberg Wieser

Rymdforskare och panelexpert

De fluffiga snöbollar som mestadels håller sig i solsystemets utkant och som vi kallar kometer bär förmodligen på information om hur vårt solsystem bildades. Den europeiska rymdsonden Rosetta som nådde kometen 67P/Tjurjumov-Gerasimenko 2014 gjorde det möjligt att studera en komet i detalj under lång tid och till och med landa på den.

Den här föreläsningen handlar om Rosettas resa, de tekniska utmaningarna med expeditionen och vilka nya saker vi lärt oss om kometer sedan Rosetta nådde sitt mål. Men den handlar också om att ha ont i magen av oro, hur man designar om ett vetenskapligt instrument som redan skickats iväg och avslöjar varför det är viktigt med stora Excelblad.

Vågkraft - idag och i framtiden

Malin Göteman

Docent i teknisk fysik vid Uppsala universitet

En av samhällets största utmaningar är hur världens elektricitetsbehov ska kunna tillgodoses på ett hållbart och tillförlitligt sätt. Men hur skapar vi elektricitet, och hur gör vi det på ett sätt som inte påverkar miljön eller klimatet negativt? Hur ser samhällets elektricitetsbehov ut och vad är utmaningarna med att utvinna elektricitet ur förnybara energikällor?

Havsvågor är en förnybar energikälla med potential att bidra till 10 % av världens elektricitetsproduktion. Sedan ett antal decennier pågår forskning och utveckling av vågkraft, vilket har resulterat i en mängd olika angreppssätt för att omvandla energin i havsvågor till elektricitet. Många av de utvecklade metoderna är lovande, men flera svåra problem kvarstår.

Om vågkraftens olika tekniker samt om dess potential och utmaningar kommer jag berätta under föredraget. Jag kommer även berätta om min krokiga väg till där jag är idag, och varför jag valde bort att jobba inom samtidskonst för att vara verksam inom något minst lika kreativt: fysik och teknik.

Vad är kvantfysik, och varför är den så konstig?

Sören Holst

Forskare i teoretisk fysik

Kvantfysiken utarbetades under 1900-talets första årtionden, och beskriver de naturlagar som gäller på den allra minsta skalan, för enskilda partiklar eller atomer. Dessa lagar visar sig vara drastiskt annorlunda än den fysik som vi är vana vid från en makroskopisk nivå, och som beskrivs av till exempel klassisk mekanik eller elektromagnetism.

Kvantfysiken är faktiskt så konstig att – trots att den alltså ligger till grund för modern fysik – ibland nämns även i helt andra sammanhang: när det gäller att rättfärdiga tro på andar, helande krafter eller i samband med tveksamma självhjälpsteorier. Logiken tycks vara att det som är konstigt och överkligt bäst förklaras av något annat som ter sig konstigt. Naturligtvis bygger sådana resonemang på missuppfattningar av kvantfysiken. Men vad är det som gör teorin så lockande inom nyandliga kretsar? Hur konstig är kvantfysiken egentligen, och varför?

Under föredraget ska vi försöka besvara dessa frågor med utgångspunkt i såväl tankeexperiment som verkliga experiment. Bland annat ska vi se vad ett så kallat superpositionstillstånd är för något, varför det är centralt inom kvantfysiken, och vad man skulle kunna använda det till.

Second Youth of Quantum Mechanics

Frank Wilczek

Professor i teoretisk fysik vid Stockholms universitet och MIT

Although modern quantum mechanics is almost 100 years old, recent developments have rejuvenated it. We've gone from admiring the quantum world to actively sculpting it. I'll review developments in technology and ideas which have powered that rejuvenation, and describe some activity at today's frontier.

[illegible]

Deltagarlista 2018

Namn: Adyan Aziz
Skola: Johannes Hedberggymnasiet
Ort: Ödåkra
Mobil: 0720035922
Email: adam.berglund@telia.com

Namn: Charbel Nemer
Skola: Fridagymnasiet
Ort: Mellerud
Mobil: 0765609451
Email: Charbelnimer@gmail.com

Namn: Edvin Morin
Skola: Nolaskolan
Ort: Örensköldsvik
Mobil: 0727221171
Email: edvin.morin@gmail.com

Namn: Albin Andersson
Skola: Ebersteinska Gymnasiet
Ort: Petterslund
Mobil: 0723637443
Email: ajs.andersson13@gmail.com

Namn: Christian Hoas
Skola: Wisbygymnasiet
Ort: Romakloster
Mobil: 0725380455
Email: pixyr@hotmail.com

Namn: Elin Hiljemark
Skola: Hvitfeldtska gymnasiet
Ort: Mölnlycke
Mobil: 0768768704
Email: elin.hiljemark@telia.com

Namn: Albin Edegran
Skola: Östrabo 1
Ort: Uddevalla
Mobil: 0729320762
Email: albinedegran@gmail.com

Namn: Christoffer Damsgaard Falck
Skola: ABB industrigymnasium
Ort: Västerås
Mobil: 0703532124
Email: Christoffer.falck@abbindustrigymnasium.se

Namn: Ellen Rebas
Skola: LM Engströms gymnasium
Ort: Göteborg
Mobil: 0703304219
Email: ellen.m.rebas@gmail.com

Namn: Alexandra Möller
Skola: Sandbackaskolan
Ort: Arvidsjaur
Mobil: 0730766149
Email: alex.moller@hotmail.com

Namn: Claudia Skoglund
Skola: Kungsholmens Gymnasium
Ort: Enskededalen
Mobil: 0762108665
Email: claudia.skoglund@elev.stockholm.se

Namn: Ellinor Jönsson
Skola: Timrå Gymnasium
Ort: Timrå
Mobil: 0702997675
Email: ellinor.j@outlook.com

Namn: Alma Martinsson
Skola: Värmdö Gymnasium
Ort: Enskededalen
Mobil: 0760461596
Email: alma.ina.martinsson@gmail.com

Namn: Daniel Perlkvist
Skola: Timrå gymnasium
Ort: Sörberge
Mobil: 0767949200
Email: daniel.perlkvist@gmail.com

Namn: Elliott Lie
Skola: Tannbergsskolan
Ort: Lycksele
Mobil: 0738129345
Email: lieelliott128@gmail.com

Namn: Ashkan Okhovvatian
Skola: Värmdö Gymnasium
Ort: Älvsjö
Mobil: 0736767438
Email: saiedi.ashkan@gmail.com

Namn: Daria Martynova
Skola: Polhemskolan
Ort: Lund
Mobil: 0722631563
Email: madama2001@gmail.com

Namn: Elsa Johansson
Skola: Gullmarsgymnasiet
Ort: Lysekil
Mobil: 0703076922
Email: elsacjohansson@hotmail.com

Namn: Benjamin Jiang
Skola: Vasaskolan
Ort: Gävle
Mobil: 0760442173
Email: benjaminjiang2000@hotmail.com

Namn: Denise Nilsson
Skola: Hulebäcksgymnasiet
Ort: Lindome
Mobil: 0760441800
Email: Denisenilsson16@gmail.com

Namn: Elsa Råborg Jacobson
Skola: Mediagymnasiet
Ort: Tyresö
Mobil: 0725751412
Email: 17elrabo@mediagymnasiet.se

Namn: Caroline Ekelund
Skola: ProCivitas
Ort: Helsingborg
Mobil: 0760178800
Email: caroline.ekelund@telia.com

Namn: Ebba Molinder
Skola: Hulebäcksgymnasiet
Ort: Kullavik
Mobil: 0767749404
Email: ebba.molinder@me.com

Namn: Elsa Svantesson
Skola: Gymnasieskolan Spyken
Ort: Genarp
Mobil: 0707662627
Email: elsaemelinda@hotmail.se

Namn: Edvin Kronfelt
Skola: Rönnegymnasiet
Ort: Vejbystrand
Mobil: 0766452982
Email: edvin.kronfelt@outlook.com

Namn: Emil Wiklund
Skola: Sandbackaskolan
Ort: Arvidsjaur
Mobil: 0730530948
Email: fewd65@arvidsjaur.se

Namn: Emma Sjöndin
Skola: Wisbygymnasiet
Ort: Visby
Mobil: 0700287997
Email: emma_sturevik@icloud.com

Namn: Ghaith Ghadri
Skola: Högbergsskolan
Ort: Ludvika
Mobil: 0735852065
Email: g1h2gogo@hotmail.com

Namn: Joel Martinsson Budillon
Skola: Hvitfeldska gymnasiet
Ort: Göteborg
Mobil: 0793493910
Email: joelmabu@gmail.com

Namn: Emma Tidare
Skola: Celsiusskolan Uppsala
Ort: Uppsala
Mobil: 0768486392
Email: emma@tidare.se

Namn: Hanna Lockley
Skola: ABB Industrigymnasium
Ort: Västerås
Mobil: 0762657469
Email: hanna.lockley@gmail.com

Namn: Joel Stensson Skretting
Skola: Klara Teoretiska Gymnasium
Ort: Ämtervik
Mobil: 0702311215
Email: joelskretting@gmail.com

Namn: Eric Dannetun
Skola: Katedralskolan Linköping
Ort: Linköping
Mobil: 0761996461
Email: eric.dannetun@gmail.com

Namn: Hanna Strand
Skola: Ehrensvärdska Gymnasiet
Ort: Ramdala
Mobil: 0722475500
Email: hanna.strand@skola.karlskrona.se

Namn: Johannes Lidberg
Skola: Bäckängsgymnasiet
Ort: Borås
Mobil: 0702876924
Email: johanneslidberg@gmail.com

Namn: Erik Bångsbo
Skola: Bäckängsgymnasiet
Ort: Sandhult
Mobil: 0733602904
Email: erik.bangsbo@gmail.com

Namn: Harald Nilsson
Skola: ProCivitas
Ort: Allerum
Mobil: 0705893053
Email: hani2.pch@procivitas.se

Namn: John Benio
Skola: Täljegymnasiet
Ort: Södertälje
Mobil: 0735871604
Email: johnbenio250@gmail.com

Namn: Erik Mejsjö
Skola: Möckelngymnasiet
Ort: Karlskroga
Mobil: 0767875664
Email: erik.mejsjo@gmail.com

Namn: Hibatollah Mohnna
Skola: Prinswilhelm Gymnasiet
Ort: Malmköping
Mobil: 0761675705
Email: hibatollah.gamal.mohnna@skola.flen.se

Namn: Jonas Strandberg
Skola: Gymnasieskolan Spyken
Ort: Lund
Mobil: 0793499044
Email: elev.jonas.strandberg@skola.lund.se

Namn: Erik Nicklasson
Skola: Katedralskolan Uppsala
Ort: Uppsala
Mobil: 0702030108
Email: eriknicklasson@gmail.com

Namn: Hugo Lindquist
Skola: Södra Latin
Ort: Stockholm
Mobil: 0766101610
Email: hugolind2000@gmail.com

Namn: Jonas Wretblad
Skola: Finnvedens Gymnasium
Ort: Forsheda
Mobil: 0722454685
Email: jonas.wretblad@hotmail.com

Namn: Filippa Olsson
Skola: Östrabo 1
Ort: Uddevalla
Mobil: 0768644436
Mobil: 0104fiol@gapp.uddevalla.se

Namn: Isak Apelqvist
Skola: Johannes Hedberggymnasiet
Ort: Rydebäck
Mobil: 0706776740
Email: Isak.apelqvist@jhg.nu

Namn: Jonathan Gustafson
Skola: Fredrika Bremergymnasiet
Ort: Vendelsö
Mobil: 0702285112
Email: gurrage2011@hotmail.com

Namn: Fredrik Wikberg
Skola: Tornedalsskolan
Ort: Haparanda
Mobil: 0703018843
Mobil: fredde.wikberg@gmail.com

Namn: Jana Bergqvist
Skola: Tornedalsskolan
Ort: Haparanda
Mobil: 0768358921
Email: Jana12@live.se

Namn: Julia Gavelin Olsson
Skola: Sjölns Gymnasium
Ort: Vendelsö
Mobil: 0705498871
Email: Juliagavelin@icloud.com

Namn: Gabriela Miranda Romero
Skola: Väsby Nya Gymnasium
Ort: Upplands Väsby
Mobil: 0739829489
Email: mirandaromerogabriela@gmail.com

Namn: Joel Lindau
Skola: Eberstienska Gymnasiet
Ort: Norrköping
Mobil: 0733983104
Email: lindau.joel@gmail.com

Namn: Julia Hansson
Skola: Nils Fredriksson Utbildning
Ort: Oxie
Mobil: 0708250992
Email: 00juha1@skola.svedala.se

Namn: Julia Steinke
Skola: Fridagymnasiet
Ort: Sjuntorp
Mobil: 0704456897
Email: julia.steinke@hotmail.com

Namn: Lisa Weyhenmeyer
Skola: Celsiusskolan
Ort: Uppsala
Mobil: 0730617275
Email: lisa.veyhen@gmail.com

Namn: Mina Maskuniitty
Skola: Europaskolan
Ort: Eskilstuna
Mobil: 0708739966
Email: mina.maskuniitty@europaskolan.com

Namn: Julia Thunberg
Skola: Nyköpings gymnasium
Ort: Nävekvarn
Mobil: 0735154113
Email: julia.thunberg@live.se

Namn: Lovisa Eiksson
Skola: Tannbergsskolan
Ort: Lycksele
Mobil: 0705880636
Email: lovisagaddtrask@gmail.com

Namn: Minna Alenius Ekdahl
Skola: ProCivitas Lund
Ort: Kågeröd
Mobil: 0709731686
Email: mial.pcl@procivitas.se

Namn: Julianna Holmberg
Skola: Katedralskolan
Ort: Norrköping
Mobil: 0760251124
Email: holmbergjuli00@gmail.com

Namn: Lucas Olsson
Skola: Mediagymnasiet, Nacka Strand
Ort: Tyresö
Mobil: 0760396982
Email: 16luolss@mediagymnasiet.se

Namn: Mouaz Qutrieh
Skola: Prins Wilhelmgymnasiet
Ort: Flen
Mobil: 0739019610
Email: Mouaz.qutrieh@skola.flen.se

Namn: Karl Hansen
Skola: Polhemskolan
Ort: Lund
Mobil: 0763933578
Email: hunter123epic@gmail.com

Namn: Majid Ahmadi
Skola: Väsby Nya gymnasium
Ort: Stockholm
Mobil: 0760603554
Email: majid.ahmadi47@yahoo.com

Namn: Nikita Trupp
Skola: Nolaskolan
Ort: Örnköldsvik
Mobil: 0707780518
Email: nikita.trupp@gmail.com

Namn: Katie Haidar
Skola: Täljegymnasiet
Ort: Södertälje
Mobil: 0762728086
Email: Katie.haidar@gmail.com

Namn: Irene Roch
Skola: IHGR
Ort: Borås
Mobil: 0760721736
Email: ireroc1001@skola.goteborg.se

Namn: Oliver Ljung
Skola: Ehrensvärdska gymnasiet
Ort: Nättraby
Mobil: 0733879887
Email: oliver.ljung@skola.karlskrona.se

Namn: Leila Guidmiui
Skola: Fredrika Bremergymnasiet
Ort: Jordbro
Mobil: 0763908188
Email: Leila.guidmiui@outlook.com

Namn: Mathias Ahlberg
Skola: Nils Fredriksson Utbildning
Ort: Trelleborg
Mobil: 0703155285
Email: matte.ahlberg@gmail.com

Namn: Olivia Andersson
Skola: Katedralskolan
Ort: Österbybruk
Mobil: 0725794090
Email: olivia.andersson00@gmail.com

Namn: Linn Österlund
Skola: Minervagymnasium
Ort: Umeå
Mobil: 0707741712
Email: linn.osterlund123@gmail.com

Namn: Max Johansson
Skola: Tycho Brahe skolan
Ort: Pårp
Mobil: 0767882288
Email: max@peter-johans.com

Namn: Olof Korsfeldt
Skola: Nyköpings gymnasium
Ort: Nyköping
Mobil: 0707800094
Email: Ollekorsfeldt@live.se

Namn: Linnéa Hellegren
Skola: Sigrid Rudebecks Gymnasium
Ort: Göteborg
Mobil: 0703164744
Email: linneahellegren@gmail.com

Namn: Melindha Pettersson
Skola: Möckelngymnasiet
Ort: Degerfors
Mobil: 0723196584
Email: melindha@live.se

Namn: Oskar Watsfeldt
Skola: Sigrid Rudebecks
Ort: Göteborg
Mobil: 0760506543
Email: oskarwats@hotmail.com

Namn: Linus Määttä
Skola: Europaskolan Strängnäs
Ort: Nykvarn
Mobil: 0706652001
Email: maattalinus@gmail.com

Namn: Melker Alvarsson
Skola: Minerva Gymnasium
Ort: Umeå
Mobil: 0720079584
Email: melker.alvarsson@gmail.com

Namn: Pallavi Roy
Skola: VBU
Ort: Ludvika
Mobil: 0707919062
Email: pallavi.roy99@gmail.com

Namn: Paul Karlsson
Skola: Gullmarsgymnasiet
Ort: Lysekil
Mobil: 0703357247
Email: paul24karlsson@gmail.com

Namn: Sofia Danielson Damne
Skola: Viktor Rydberg Odenplan
Ort: Vällingby
Mobil: 0767942002
Email: sofia.damne@gmail.com

Namn: Tobias Elfstrand
Skola: Björknäs gymnasiet
Ort: Boden
Mobil: 0706050860
Email: elfstrandtobias@gmail.com

Namn: Rebecka Eliasson
Skola: LM Engström
Ort: Göteborg
Mobil: 0738214248
Email: Rebecka.eliasson@lme.nu

Namn: Sofia Joelsson
Skola: Klara Teoretiska Gymnasium
Ort: Skoghall
Mobil: 0730401845
Email: sofiajoelsson@outlook.com

Namn: Tobias Åberg
Skola: Kitas
Ort: Göteborg
Mobil: 0739051606
Email: tobias.simning@gmail.com

Namn: Rebecka Mähning
Skola: Viktor Rydberg Odenplan
Ort: Hässelby
Mobil: 0760235989
Email: rebecka.mahring@gmail.com

Namn: Stella Johannsen
Skola: S:t Petri Skola
Ort: Bunkeflostrand
Mobil: 0738108294
Email: Utbstejoh@skola.malmo.se

Namn: Tyra Malmström
Skola: Platengymnasiet
Ort: Vadstena
Mobil: 0722265147
Email: tyra.malm@icloud.com

Namn: Richard Franck
Skola: IHGR
Ort: Göteborg
Mobil: 0722773243
Email: ricfra0117@gmail.com

Namn: Sukaina Ladak
Skola: Nils Ericsonsgymnasiet
Ort: Trollhättan
Mobil: 0731025533
Email: sukaina_ladak@hotmail.se

Namn: Viggo Trobäck
Skola: ProCivitas Lund
Ort: Lund
Mobil: 0739599435
Email: vitr.pcl@procivitas.se

Namn: Saga Bokström
Skola: Kitas Natur
Ort: Ludvika
Mobil: 0738060619
Email: sagabokstrom@gmail.com

Namn: Teodor Bondeson
Skola: Rönnegymnasiet
Ort: Vejbystrand
Mobil: 0700927677
Email: teobon@hotmail.se

Namn: Viktor Enbom
Skola: Alléskolan
Ort: Kumla
Mobil: 0732402209
Email: viktorenbom01@gmail.com

Namn: Salem Tesfay
Skola: Vasaskolan
Ort: Gävle
Mobil: 0704094099
Email: salemtesfay@ymail.com

Namn: Theo Samuelson
Skola: S:t Petri
Ort: Svedala
Mobil: 0706817827
Email: theo.samuelson@hotmail.com

Namn: Viktor Kim
Skola: Tycho Braheskolan
Ort: Helsingborg
Mobil: 0707317003
Email: lurre2017@gmail.com

Namn: Samuel Eriksson
Skola: Sjölns Gymnasium
Ort: Tyresö
Mobil: 0720187853
Email: samuel.b.eriksson@gmail.com

Namn: Thilde Andersson
Skola: Västerhöjd
Ort: Töreboda
Mobil: 0704978719
Email: thilde@telia.com

Namn: William Johansson
Skola: Alléskolan
Ort: Aspa Bruk
Mobil: 0739775580
Email: wj.2000ty@gmail.com

Namn: Simon Thor
Skola: Kungsholmens gymnasium
Ort: Stockholm
Mobil: 0760999252
Email: simon11.thor@hotmail.se

Namn: Tilia Häggström
Skola: Södra Latins gymnasium
Ort: Bålsta
Mobil: 0725280905
Email: tilia.haggstrom@live.se

Namn: Wilma Sundström
Skola: Björknäs gymnasiet
Ort: wilma.sun15@hotmail.se
Mobil: 0733333420
Email: wilma.sun15@hotmail.se

Namn: Simon Truvé
Skola: Finnvedens Gymnasium
Ort: Värnamo
Mobil: 0725458742
Email: simon.truve@gmail.com

Namn: Tim Nyllinge
Skola: Platengymnasiet
Ort: Motala
Mobil: 0767706222
Email: tim.nyllinge@hotmail.se

Namn: Wojciech Chrystowski
Skola: Gymnasium Skövde Västerhöjd
Ort: Tidaholm
Mobil: 0722762396
Email: wojowojtas2012@gmail.com

Svar på fysikfrågor

Fysikfrågor från stipendiater

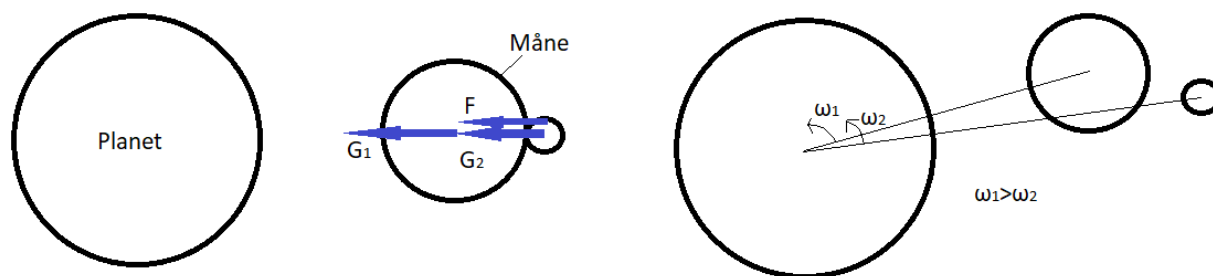
Introduktion

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. Det har kommit in många mycket bra frågor, en del till och med så bra att inte ens vi i arrangörsgruppen kunnat besvara dem. I de svar vi har gett har vi försökt ge kvalitativa beskrivningar av de fenomen frågorna handlar om med minimerat krav på förkunskaper, med förhoppningen att de av er som någon gång undrat över dessa frågor ska finna dessa svar begripliga och upplysande på åtminstone något sätt.

Med detta sagt vill vi i arrangörsgruppen 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 Varför finns det ringar runt alla gasplaneter i vårt solsystem men inte runt steniga planeter?

En generell teori för hur planetariska ringar uppkommer är att de uppstår när yttre kroppar (exempelvis en måne till planeten) befinner sig tillräckligt nära en planet för att successivt dras isär av tidvattenkraften som illustreras i figur 1. Alternativt kan de ha uppstått genom att det funnits överblivet material från planetens bildande tillräckligt nära planeten så att tidvattenkraften förhindrar att materialet dras samman och bildar en mer massiv kropp. Fenomenet tidvattenkraft innebär kort sagt att en massiv kropp, exempelvis en planet, kan orsaka spänningar och deformationer hos en annan kropp, exempelvis en måne, som befinner sig i dess gravitationsfält. På grund av att olika delar av månen befinner sig på olika avstånd från planeten känner olika delar av månen olika tyngdacceleration från planeten. Då olika delar av månen dras olika mycket mot planeten uppstår även en intern kraft inom månen som kan deformera eller till och med slita isär månen. Tidvattenkraften månen orsakar på jorden är vad som orsakar tidvatten, därav namnet. Tidvattenkraften orsakad av en planet är proportionell mot planetens massa, vilket gör att mer massiva planeter har större sannolikhet att bilda ringsystem.



Figur 1: En punktmassa vid ytan på en måne till en planet separeras från månen på grund av tidvattenkraften orsakad av planeten. G_1 är gravitationskraften från planeten på månen, G_2 gravitationskraften från planeten på punktmassan och F kraften månen utövar på punktmassan. Separationen sker om G_1 respektive $G_2 + F$ inte kan hålla månen respektive punktmassan i omloppsbanor med samma vinkelhastighet. När månen successivt smulas sönder på detta sätt bildas en planetarisk ring.

2 Varför är namnen på teleskop ofta icke-kreativa (t.ex. Very Large Telescope)? Finns det en djupare mening bakom namnen?

Det troligaste svaret är antagligen nej. Forskningsanläggningar i största allmänhet brukar inte ha namn som är mer genomtänkta än att de utgör en förkortning som beskriver anläggningen i fråga och som är någorlunda lätt att uttala, alternativt att de är uppkallade efter någon person som haft stor betydelse för det aktuella forskningsområdet. Även om namnet VLT (Very Large Telescope) kan tyckas icke-kreativt bör man ha i åtanke att teleskopet består av fyra stycken fasta enheter vars primärspelar har diameter 8,2 m och fyra stycken mobila enheter vars primärspelar har diameter 1,8 m. Dessa kan dessutom samverka i olika konstellationer och på så sätt bilda en enorm interferometer, så VLT kan ändå anses göra skäl för sitt namn.

3 Är det möjligt att kommunicera med hjälp av neutriner?

Det finns en rad problem som skulle göra neutrinokommunikation ganska problematisk. För det första är neutriner väldigt svåra att mäta. Detta beror på att de har en väldigt liten massa (vilket ger väldigt svag växelverkan via gravitation), är elektriskt neutrala (ingen elektromagnetisk växelverkan) och eftersom de dessutom (likt elektroner) är leptoner växelverkar de inte med den starka kraften. Det lämnar endast den svaga kraften, vilken har väldigt kort räckvidd. Detta gör neutriner väldigt svårångade. För att göra saken ännu värre har vi på jorden en väldigt stor bakgrund av neutriner. De flesta kommer från reaktioner i solen och man uppskattar att ca 60 miljarder neutriner passerar varje kvadratcentimeter varje sekund. Som en sista slutkläm har neutrinerna massa (om än väldigt liten), vilket gör att de rör sig långsammare än ljusets hastighet. Kommunikation med ljus borde således vara snabbare.

4 Kvantmekanik, kvantmekaniska fenomen och tolkningar

Kvantmekanik tycks vara ett ämne som många av årets deltagare är intresserade av. Det har kommit in ett flertal frågor inom området kvantmekanik och vi ger här ett samlat svar på dessa.

Kvantmekaniken grundlades i början av 1900-talet då man försökte förklara ett antal fenomen som inte kunde förklaras med den klassiska fysiken. Ett viktigt exempel för den tidiga utvecklingen av kvantmekaniken är att en del fenomen som involverar ljus inte kunde förklaras med beskrivningen av ljus som elektromagnetiska vågor, men kunde förklaras om man betraktar ljus som ett flöde av partiklar. Å andra sidan visade det sig att partiklar kan uppvisa vågegenskaper genom att exempelvis ge upphov till interferensmönster då en partikelstråle passerar genom en dubbelspalt. Ytterligare ett viktigt fenomen som inte kunde förklaras med den klassiska fysiken är att elektroner bundna till atomer endast kan ha vissa diskreta energier.

Inom kvantmekaniken beskrivs en partikels tillstånd av en så kallad *vågfunktion*, som bestäms genom att lösa den differentialekvation som kallas *Schrödingerekvationen*. Denna vågfunktion beskriver sannolikheten att en partikel ska observeras vid en viss position vid en viss tidpunkt.¹ När partiklar uppvisar vågegenskaper är det just denna sannolikhetstäthet som svänger. Exakt hur denna vågfunktion ser ut beror på partikelns omgivning. För bundna partiklar (exempelvis elektroner bundna till en atom) finner man dessutom att Schrödingerekvationen endast är lösbar om partikeln har vissa diskreta energier. Man kan likna fenomenet med exempelvis stående vågor i pipor eller på en gitarrsträng, som några av er kanske har stött på i gymnasiefysiken. På liknande sätt som att endast vågor med vissa diskreta våglängder ger upphov till stående vågor i en pipa eller på en gitarrsträng ger endast vissa former på partikelns vågfunktion upphov till "stående vågor" kring atomkärnan (eller vad det nu är som håller partikeln bunden). Varje sådan "stående våg" har en entydigt bestämd energi, och dessa energier är de enda partikeln kan ha.

Att vara bunden har dock lite annan innebörd inom kvantmekaniken än inom den klassiska mekaniken. Löser man Schrödingerekvationen för en partikel som möter en ändlig barriär får man en vågfunktion som är nollskild på båda sidor av barriären, även om partikeln enligt den klassiska fysiken inte har tillräckligt mycket energi för att ta sig igenom barriären. Det finns alltså en nollskild sannolikhet att partikeln observeras på "fel" sida av barriären om man mäter dess position, ett fenomen vi kallar för *tunnling*.

Något som är lite av ett mysterium inom kvantmekaniken är vad som händer när man mäter en partikels position. Innan mätningen beskriver vågfunktionen en sannolikhetsfördelning för partikelns position, men precis när positionen mäts är sannolikheten 100% att partikeln befinner sig där man mäter dess position till

¹Detta är i någon mening analogt med att man inom den klassiska mekaniken löser differentialekvationen som ges av Newtons andra lag och får fram en funktion för positionen som funktion av tiden som beskriver partikelns tillstånd, med den viktiga skillnaden att vågfunktionen man får när man löser Schrödingerekvationen beror både av position och tid istället för bara av tid. Kvantmekaniken bestämmer alltså inte någon entydig position för partikeln.

att vara (om man tänker sig att man gör en perfekt mätning). Man kan då fråga sig om detta innebär att partikeln från början inte har någon entydigt bestämd position men påverkas av att man detekterar den så att den då får en bestämd position, eller om partikeln egentligen har en bestämd position redan innan mätningen som kvantmekaniken inte kan beräkna. Den mest allmänt accepterade tolkningen av kvantmekaniken, den så kallade Köpenhamnstolkningen, är att partikeln verkligen inte har en entydigt bestämd position innan den observeras, och att när partikeln observeras påverkar observationen dess vågfunktion så att den kollapsar till en "spikformad" funktion vid positionen där partikeln observerades. Denna modell fungerar väl för att beskriva våra experimentella resultat, även om denna tolkning historiskt sett har varit omtvistad och i viss utsträckning är det även idag.

5 Är strängteori en sund kandidat till kvantgravitation trots att den inte är experimentellt falsifierbar?

Detta är naturligtvis lite av en smakfråga, men trots att alla aspekter av en teori inte är falsifierbara kan en teori ändå vara intressant, och till viss del även falsifierbar, så länge den erbjuder en modell som korrekt förutser de observationer vi faktiskt kan göra. Inom Köpenhamnstolkningen av kvantmekaniken (kort beskriven i fråga 4) är exempelvis inte vågfunktionens kollaps när en partikel observeras experimentellt falsifierad och fenomenet är fortfarande omtvistat, men teorin används ändå flitigt då den visat sig med goda resultat kunnat hjälpa oss att förutse och förstå experimentella resultat.

6 Kan gravitation påverka tid?

Det är känt och experimentellt bekräftat att gravitationell tidsdilatation existerar. Den allmänna relativitetsteorin ger en beskrivning av detta fenomen. 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 gravitationsfältet² att samma händelse tar tiden t_f enligt

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

där r_s är kroppens Schwarzschildradie, det vill säga 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 $t_f \geq t_0$, vilket innebär att tiden går snabbare långt bort från kroppen, och att då $r = r_s$ är $t_0 = 0$, vilket innebär att tiden stannar helt på ett svart håls händelsehorisont enligt en observatör långt från kroppen.

7 Om tiden går långsammare ju fortare någonting färdas och närmar sig noll när man närmar sig ljusets hastighet, hur färdas allt ljus framåt? Borde inte ljusets tid stå still och därmed är ljuset också stillastående?

Även om tidsdilatationen innebär att tiden saktar in när man närmar sig ljusets hastighet upplevs även sträckan man har färdats bli kortare på grund av längdkontraktionen vilket tar ut effekten av att tiden saktas ned. Faktum är att ett av de grundläggande postulaten som den speciella relativitetsteorin bygger på är att ljusets hastighet är densamma i alla referenssystem som rör sig med konstant hastighet.

8 Vad är mörk materia och mörk energi?

Det är än så länge okänt exakt vad mörk materia och mörk energi är. Mörk materia syftar på någon form av materia som inte växelverkar med den elektromagnetiska kraften och används för att förklara varför galaxer man observerat rör sig som om de hade mycket större massa än massan av deras synliga materia. Mörk energi är vad vi kallar den okända energiform som orsakar att universums expansion accelererar istället för att saktas in av gravitationen.

²Detta 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.

9 Hur bildades de tunga elementen från järn till och med uran?

Grundämnen upp till och med järn kan bildas genom fusion av lättare grundämnen i stjärnor. Eftersom järn har den högsta bindningsenergin per nukleon är järn det mest stabila grundämnet och stjärnor kan inte utvinna någon energi genom fusionsprocesser med produkter tyngre än järn. Kärnor av järn och tyngre grundämnen kan dock fortfarande absorbera neutroner då de inte har någon laddning som orsakar att de stöts bort från atomkärnorna. Sedan kan en neutron omvandlas till en proton genom β^- -sönderfall, så att kärnans atomnummer ökar. Genom upprepning av denna process kan tyngre och tyngre grundämnen bildas. Detta sker dels långsamt under lång tid i en del röda jättstjärnor där det sker fusionsprocesser som genererar fria neutroner, dels mycket snabbt under kort tid när en stjärna exploderar i en supernova. Dessa två processer tros stå för största delen av förekomsten av grundämnen tyngre än järn.

10 Har man upptäckt Higgs partikel?

Den 4 juli 2012 tillkännagavs att en partikel med egenskaper som överensstämmer med Higgs partikel detekterats i LHC (Large Hadron Collider) på CERN. 2013 tilldelades Peter Higgs tillsammans med Francois Englert nobelpriset i fysik för den teoretiska upptäckten av partikeln.

11 Om inget kan gå fortare än ljusets hastighet, hur kan då ljusets partiklar (fotoner) förklaras som vågor? När dessa rör sig i en vågrörelse (först upp och sedan ner) så färdas de ju en längre sträcka! Går inte dessa då snabbare än ljusets hastighet?

Att fotoner kan betraktas som vågor ska inte tolkas som att någon partikel rör sig i en vågrörelse. Vågbeskrivningen av ljus är istället ett elektriskt- och magnetiskt fält som oscillerar vinkelrätt mot varandra, med vågfronter som utbreder sig med den hastighet vi definierat som ljushastigheten.

12 Vilket atomnummer har einsteinium?

Einsteinium har atomnummer 99 och betecknas Es i det periodiska systemet. Einsteinium är det grundämne med högst atomnummer som framställts i makroskopiska kvantiteter i ren form. För övrigt kan nämnas att det upptäcktes första gången som en restprodukt efter den första vätebombexplosionen, där det producerades på liknande sätt som när tyngre grundämnen bildas när stjärnor exploderar i supernovor, vilket beskrivs i svaret på fråga 9.

13 Är det vi som upptäcker fysiklagarna som om de alltid funnits av naturen, eller är det vi som hittar på dem för att passa till verkligheten, med konstanter och allt, med tanke på att t.ex. kvantfysiken och relativitetsteorin inte alls går ihop?

Både och kan i någon mening sägas vara sant. Visst upptäcker vi beteendemönster hos naturen som "alltid funnits" och som vi sedan formulerar som fysikaliska lagar, men dessa lagar är ändå en människoskapad modell vi använder för att beskriva och förstå vad vi observerar. Om en teori visar sig kunna beskriva några verkliga fenomen väl kan sedan denna teori extrapoleras genom att den används till att härleda nya teorier som i sin tur verifieras experimentellt, och på så vis byggs vår totala modell för verkligheten vidare.

Ibland kan dock inte en teori extrapoleras utan att ge upphov till en motsägelse antingen mot experimentella resultat eller mot någon annan teori, trots att teorin väl beskriver experimentella resultat under vissa omständigheter. Ett exempel är som nämnt i frågan att man inte lyckats förena kvantmekaniken och relativitetsteorin. För att lösa detta behöver vi formulera en ny teori som reduceras till kvantmekaniken respektive relativitetsteorin under de omständigheter där dessa fungerar väl.

14 Mycket av den kunskap vi har inom bl.a. kvantfysik och astrofysik, är saker svåra att observera. Hur säkra är vi egentligen på de fakta som vi kommit fram till? Hur kan vi “se” och konstatera atomens uppbyggnad, partiklars växelverkan och universums struktur tex?

Ofta när vi pratar om vad vi “vet” inom fysiken menar vi ofta att vi har en fungerande modell som kan användas för att beskriva ett visst fenomen och i en del fall är inte alla aspekter av modellen falsifierbara genom direkta mätningar. Sådant som ses som allmänt vedertagen fakta inom fysiken är dock ofta vedertagen fakta för att det finns mycket starka argument baserade både på teoretiska och experimentella resultat som tyder på att denna fakta är korrekt.

Vår modell för atomens uppbyggnad är ett ganska bra exempel på något vi kan vara tämligen säkra på är en korrekt modell trots att vi inte kan se atomer på samma sätt som vi kan se makroskopiska företeelser i vår vardag. J. J. Thomson kunde konstatera att atomer består av positiva och negativa laddningar som kunde separeras genom att studera strålningen från katodstrålerör och hur denna påverkades av magnetiska och elektriska fält. Genom att studera spridningen av α -partiklar som accelereras mot en guldfolie kunde sedan Rutherford konstatera att den positiva laddningen måste vara koncentrerad i en kärna som endast upptar en liten del av atomens totala volym, och som innehåller nästan all massa. En kombination av dessa och andra experimentella resultat har till slut blivit tillräckligt övertygande för att fysiker idag ska se atomens uppbyggnad som känd vedertagen fakta.

Allt eftersom tekniken utvecklats har även flera av de fenomen som kan tyckas vara allra svårast att observera blivit möjliga att observera mer eller mindre direkt. I dagens partikelacceleratorer kan vi exempelvis i stort sett “se” även subatomära partiklar i benämningen att vi kan designa experiment där det frigörs subatomära partiklar med egenskaper vi kan mäta.

15 Finns det nya tillstånd av materia vid ultrahöga temperaturer och densiteter?

Det finns teorier, så kallade “Grand Unified Theories”, som förutser att materia kommer bete sig annorlunda för att partiklarna som förmedlar de fundamentala naturkrafterna får förändrade egenskaper vid extremt höga energier (det vill säga vid extremt höga temperaturer, då temperatur kan sägas vara ett mått på partiklars energi). Namnet “Grand Unified Theory” kommer av att en sådan teori säger att över en viss energinivå betar sig förmedlarpartiklarna för den elektromagnetiska kraften, den starka kärnkraften och den svaga kärnkraften lika och kan sägas vara “förenade” till en enda kraft. Att detta sker med den elektromagnetiska kraften och den svaga kärnkraften har även kunnat bekräftas experimentellt. Ett sådant tillstånd tros ha rått mycket tidigt efter Big Bang. Under de första ögonblicken efter Big Bang tros även gravitationen ha varit förenad med de övriga krafterna, men eftersom vi inte har någon accepterad teori idag som beskriver gravitationen ur ett kvantmekaniskt perspektiv kan vi inte beskriva ett sådant tillstånd.

16 Kan man skapa artificiell gravitation i rymden med hjälp av centripetalkraft? Hur funkar det i så fall?

Denna “artificiella gravitation” är egentligen bara att du pressas mot rymdstationens vägg, som kanske snarare kommer uppfattas som golv för någon som befinner sig på rymdstationen, på liknande sätt som man upplevs pressas mot väggen när man åker karusell. När rymdstationen roterar så att även de som befinner sig på rymdstationen tvingas röra sig i en cirkelrörelse med rymdstationen måste det finnas en kraft som åstadkommer centripetalkraften som krävs för att hålla dig i denna cirkelbana. Denna kraft är normalkraften från den vägg på rymdstationen som kommer uppfattas som dess golv. Att det finns en normalkraft mellan dig och golvet uppfattas som att det finns en “gravitationskraft” som drar dig mot golvet, och roterar rymdstationen med rätt vinkelhastighet kan man få den upplevda tyngdaccelerationen att motsvara gravitationen på jorden.

17 Har neutrinos en massa?

Det finns experimentella resultat som indikerar att neutrino har en massa. Ett viktigt sådant resultat är mätningar av flödet av elektron-neutriner från solen. Neutrino kan finnas i ett av de tre tillstånden elektron-neutrino, myon-neutrino och tau-neutrino. Dessa tre olika tillstånd kallas aromer. Om neutrino vore masslös hade den inte kunnat byta mellan dessa tillstånd, men om massan är nollskild³ påverkar detta tidsutvecklingen av neutrinos tillstånd då den rör sig genom rymden så att neutrino växlar mellan de tre olika aromtillstånden. Mätningar visar att flödet av elektron-neutriner som når oss från solen är ungefär en tredjedel av motsvarande flöde som lämnar solen, vilket tyder på att neutriner verkligen kan växla mellan de tre olika aromtillstånden vilket indikerar att de har en massa.

18 Kan energi från snurrande svarta hål någonsin utnyttjas?

Rotationsenergi kan föras bort från ett roterande svart hål, exempelvis genom den så kallade Penroseprocessen. Detta går kort sagt till så att en kropp som närmar sig det svarta hålets slits isär i två delar varav den ena fångas in av det svarta hålet men inte den andra. Delen som fångas in gör att det svarta hålets rotationsströghet ökar vilket leder till att det svarta hålets rotation saktas in så att dess rotationsenergi minskar. Energiskillnaden förs sedan bort som kinetisk energi hos den del av den inkommande kroppen som inte fångades in.

Man tror även att icke-roterande svarta hål kan avge energi i form av elektromagnetisk strålning motsvarande temperaturstrålning med mycket låg temperatur, så kallad Hawkingstrålning. Denna process är dock extremt långsam. Tiden det skulle ta för ett svart hål att helt och hållet lösas upp på detta sätt är betydligt längre än universums livstid. Teorin om Hawkingstrålning medför dock en del ouppklarade problem och dess riktighet är därför inte helt säkerställd.

19 Vad är ett "vitt hål"?

Vita hål är benämningen på de teoretiska objekt som uppvisar ett beteende som kan sägas vara motsatsen till ett svart hål. På motsvarande sätt som varken materia eller ljus kan passera ut ifrån ett svart håls händelsehorisont från insidan har vita hål en händelsehorisont som inte kan passeras utifrån av varken materia eller ljus. 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.

20 Vad består elementarpartiklar av?

Begreppet elementarpartikel betyder per definition att partikeln inte är uppbyggd av andra partiklar. Man kan alltså inte säga att elementarpartiklar består av någonting, och skulle en partikel vi i nuläget kallar för elementarpartikel visa sig bestå av andra partiklar hade den inte längre kallats elementarpartikel.

21 Finns det liv i rymden?

En mycket bra fråga som vi tyvärr inte kan ge något svar på. En i sammanhanget någorlunda känd ekvation som sammanfattar de viktiga faktorerna för uppkomsten av intelligent liv i vår galax vi kan få kontakt med är den så kallade Drakes ekvation:

$$N = R_* f_p n_e f_i f_c L$$

där

- N är antalet förekomster av intelligent liv vi har förutsättningar att få kontakt med.
- R_* är bildningsfrekvensen för stjärnor i vår galax.
- f_p är andelen av dessa stjärnor som har planeter.
- n_e är medelantalet bebodda planeter per stjärna som har planeter.

³Egentligen måste det finnas tre olika möjliga värden som neutrinos massa kan anta, som dock inte är kopplade till de tre aromtillstånden. Tyvärr kräver den fullständiga förklaringen av detta väl mycket matematiska och fysikaliska kunskaper utöver vad man lär sig på gymnasiet för att kunna återges här. De av er som kommer läsa fysik på universitetet kan med fördel studera denna fråga igen när ni kommit till att läsa kvantmekanik.

- f_1 är andelen av planeterna som skulle kunna utveckla liv som faktiskt utvecklar liv.
- f_i är andelen planeter där liv utvecklas som även utvecklar intelligent liv.
- f_c är andelen av alla civilisationer som utvecklar teknik som avger detekterbara signaler.
- L är medelvärde av tiden en sådan civilisation sänder ut detekterbara signaler.

Genom att modifiera eller ta bort någon/några av de fyra sista faktorerna kan denna ekvation modifieras till att bara beräkna antal förekomster av liv överhuvudtaget i större områden i rymden än en enskild galax. Är vi bara intresserade av antalet nuvarande förekomster av liv i godtycklig form inom ett visst område kan vi ta bort f_i och f_c , ersätta R_* med bildningsfrekvensen av stjärnor i det område vi intresserar oss för, och ersätta L med livslängden för en genomsnittlig förekomst av liv. De tre första faktorerna, R_* , f_p och n_e , går att undersöka genom observationer med tillräckligt god precision för att åtminstone kunna uppskatta deras storleksordning, men osäkerheten i övriga faktorer är tyvärr mycket stor och den resulterande osäkerheten i svaret innebär att ekvationen inte ger något svar på frågan om huruvida vi någonsin kommer kunna upptäcka främmande livsformer i universum.

22 Jag vill veta ifall det är sant att Newton fick ett äpple i huvudet.

I bland annat memoarer om Newtons liv skrivna av William Stukeley uppges Newton ha berättat att han inspirerades av hur äpplen föll från träden när han formulerade sin teori om gravitation. Det står dock inget om att Newton fick ett äpple i huvudet. Övan nämnda memoarer har arkiverats av The Royal Society och en digitaliserad version finns att hitta på <http://ttp.royalsociety.org/ttp/>. Den aktuella diskussionen återges på sidan 15.

23 Keplers lagar beskriver att ALLA planeter kretsar kring en stjärna där stjärnan sitter hos en av fokuspunkterna. Varför kan denna elliptiska bana aldrig vara perfekt cirkulär, så nära perfekta mätningar kan göras? Även om sannolikheten är låg så är universum oändligt (ungefär) vilket gör att sannolikheten borde närma sig 1. Varför inte?

En perfekt cirkulär bana är inte fysikaliskt omöjlig och omfattas av Keplers lagar eftersom cirklar faktiskt är ett specialfall av ellipser. För att en planetbana ska bli *exakt* cirkulär måste dock planeten från sitt bildande ha *exakt* rätt hastighet. Antalet olika hastigheter planeten kan ha när den bildas är oändligt många och därmed är antalet elliptiska banor planeten kan få oändligt många, medan det bara finns en enda perfekt cirkulär bana (med en radie lika med det avstånd till stjärnan som planeten befinner sig på). Sannolikheten att en planet har en perfekt cirkulär bana är alltså inte bara låg utan till och med oändligt liten. Även om det finns oändligt många planeter blir därför sannolikheten att hitta en *perfekt* cirkulär bana obefintlig, även om vi kan hitta planeter med banor som är väldigt nära cirkulära.

24 Hur kan en sorts glasögon göra att färgblinda kan se färger med dem?

En vanlig orsak till färgblindhet är att tapparna för två olika färger, oftast rött och grönt, är känsliga inom färgspektrum som överlappar varandra mer än vad de gör hos människor med fullt färgseende. Detta gör en inte nödvändigtvis helt och hållet färgblind varför benämningen färgblindhet i detta fall är något missvisande, men leder ändå till nedsatt färgseende. Genom att använda glasögon med ett filter som blockerar ett litet intervall av våglängder i det område där färgspektrumet för de båda tapparna överlappar som mest kan det bli enklare att urskilja kontraster mellan de båda färgerna.

25 Vadå att man kan få en “elektronstråle” med hjälp av metaller? Saknar inte atomerna som lämnar ifrån sig elektronerna dem??

Det gör de säkert, men tillför man en elektron tillräckligt mycket energi, exempelvis genom att bestråla metallen med fotoner med tillräckligt hög energi, är inte atomernas dragningskraft tillräckligt stark för att hålla kvar elektronerna.

26 Hur kan elektroner sakna utbredning i rummet och ändå ha massa?

Tyvärr kan vi inte ge något bättre svar på denna fråga än att enligt våra teorier förutsätter inte förekomsten av massa nödvändigtvis förekomsten av volym. I någon mening är det inte särskilt relevant att tala om en radie för elementarpartiklar överhuvudtaget. Istället är det lämpligare att beskriva elementarpartiklar utifrån deras vågfunktioner som beskrivet i svaret på fråga 4. Även om man kan tala om en längdskala för denna vågfunktions utbredning i rummet är vågfunktionen inte bara beroende av vilken partikel den beskriver utan även vilken omgivning partikeln befinner sig i vilket gör det svårt att definiera någon radie för elementarpartiklar.

27 Varför är Jorden platt?

Att jorden är rund har varit känt i åtskilliga århundraden och Erastotenes lyckades med imponerande god precision uppskatta jordens radie redan på 200-talet f.Kr. Att jorden i vardagliga sammanhang uppfattas som platt beror på att dess radie är så mycket större än de strukturer som finns på ytan. Inte ens högsta toppen av Mount Everest är högre än knappt en sjuhundradels jordradie.

28 Vilken “större” fråga är vi för närvarande närmst att lösa (tror vi)?

Detta är naturligtvis svårt att veta förrän vi redan har löst nästa “större” fråga. Något som kan lyftas fram i sammanhanget är dock de nya möjligheter till astronomiska observationer som detektering av gravitationsvågor utgör. Detta kan exempelvis tänkas möjliggöra observationer av spår från tidiga skeden i universums historia då universum var genomskinligt för ljus.

29 Varför upplevs tiden endast strömma i en riktning (tidspil), eller olika dimensioner såsom 2d 3d 4d osv? Hur skulle människor uppleva tid om den var 2-dimensionell?

Även om vi försöker föreställa oss tiden som något flerdimensionellt är det svårt att tänka sig något rimligt scenario där detta skulle kunna upplevas. Säg att det hade funnits flera olika tidsdimensioner där universums utveckling ser olika ut beroende på i vilken tidsriktning vi rör oss. Såvida vi inte kan se de olika riktningarna på något sätt eller byta vilken tidslinje vi följer skulle detta inte upplevas annorlunda än att tiden bara rör sig i en riktning.

Något som kan associeras till denna fråga är en (spekulativ) alternativ tolkning av kvantmekaniken som kallas flervärldstolkningen. Den vanligaste tolkningen av kvantmekaniken, Köpenhamnstolkningen (se svar på fråga 4), säger bland annat att om man mäter en partikels position så kollapsar partikels vågfunktion från att enbart ha beskrivit en sannolikhetsfördelning för partikels position till att beskriva ett tillstånd med en entydigt bestämd position där partikeln observerades. Flervärldstolkningen säger istället att en mätning inte alls får vågfunktionen att kollapsa, utan att alla möjliga utfall sker i olika “parallella världar”, med en fördelning som beskrivs av partikels vågfunktion. Detta kan sägas innebära att tiden delar sig i olika riktningar. Även om man tänker sig att positionen för enskilda partiklar får konsekvenser på makroskopisk nivå så att även den makroskopiska tidsutvecklingen delar sig i olika riktningar på samma sätt kommer inte de olika tidsriktningarna ha någon kontakt med varandra och i varje tidsriktning kommer det finnas en lika jagkännande version av dig som upplever att tiden endast rör sig i en riktning.

30 Vilken framtida fråga inom fysik ser du mest fram emot att få svar på?

Tillåt mig att svara ur både ett teoretiskt och ett tillämpat perspektiv. När det gäller den teoretiska fysiken vore en teori som förenar kvantmekaniken och relativitetsteorin ett enormt framsteg. Detta skulle göra det möjligt att formulera en teori för allting! Även om det inte skulle innebära att vi förstår allt skulle en teori som ger ett ramverk från vilket vi kan *härleda* allt vara ett otroligt viktigt steg i utvecklingen av den teoretiska fysiken.

Inom den tillämpade fysiken är frågan om hur en hållbar framtida energiförsörjning ska lösas en i högsta grad aktuell fråga och jag ser mycket fram emot att få se vilka lösningar framtida fysikforskning och tillämpningar av denna kan åstadkomma.

Tack till våra sponsorer!

Kungl och Hvitfeldtska stiftelsen

Jacob Wallenbergs stiftelse

Stiftelsen Bertil Wollerts Stipendiefond

Tage Swahns Stiftelse

Sven och Dagmar Saléns stiftelse

Kjell och Märta Beijers stiftelse

