

Diskussion kring fysik 27.4. 2023

Borgå Gymnasium med Paul Hoyer

1. "Hur förklaras den starka växelverkan?"
2. "Vad fanns före Big Bang? Fanns det inget, hur kunde massa uppstå ur intet?"
3. Vilken är din åsikt om Big Bang teorin?
4. Varför valde du partikelfysik?
5. Har du jobbat på CERN?
6. Vad tycker du att är den mest intressanta frågan inom fysik?
7. Har du medverkat i utvecklingen av nya fysiska teorier eller andra framsteg? Vad/vilka? Vilken upptäckt inom fysiken har varit mest inflytelserik för ditt arbete?
8. Hur reagerade du när man först kunde bevisa "Higgs boson"-partikelns existens?
9. Vad är det mest användbara redskapet eller fyndet inom partikelfysiken?
10. Skulle det ur ett fysikperspektiv vara möjligt att på något sätt omforma tiden, så att man kunde resa fram och tillbaka i den?
11. Finns det situationer där Newtons lagar inte gäller?
12. Cirka när blir fusionskraftverk (fusionsenergi) möjligt?
13. Vilka faktorer är det som måste åtgärdas för att möjliggöra användning av kärnfusion som energikälla? Kan kärnfusion som energikälla vara en verklighet i en nära framtid?
14. Vilka är de bästa metoderna för att förvara energi?
15. Kommer det nånsin vara möjligt att teleportera?
16. Vad är din åsikt om problemen med standardmodellen?
17. Hur tillämpas fysik i praktiken?
18. Finns det någon högsta temperatur, såsom det finns den absoluta nollpunkten?
19. Varför bildas svarta hål från Stjärnor som exploderar? Hur leder explosionen till en så kompakt punkt?
20. Vad handlar partikelfysik om
21. Vad är kosmiska partiklar?
22. Vi har lärt oss att permanenta magneter är alltid magnetiska, men säkerligen kan vi avmagnetisera dem på något/några sätt? Vilka vore dessa sätt och varför skulle de fungera?
23. Finns det något sätt att byta polen på en permanent magnet? Om möjligt, hur skulle det fungera? Skulle detta vara möjligt med en normal magnet och hur skulle det i så fall fungera?
24. Vad använder ni för energikällor för de höga energier ni behöver?
25. Vad består protoner och neutroner av?
26. Hur definieras en kvark?
27. Vad består kvarkar av? Finns det liksom en underkategori med ännu mindre partiklar?
28. Varför kallas vissa kvarkar "uppkvarkar" och "nerkvarkar"?
29. Vilka uppfinningar använder sig av vetenskapen om kvarkar?
30. Vad är Higgs-bosonen?
31. Hur studerar man hadroner?
32. Vad händer då två svarta hål möts?
33. Är det fysiskt möjligt att färdas med ljusets hastighet?
34. Vad är gammastrålning?
35. Vad anser du om "Grand Unified Theories".
36. I många racing-spel finns det "ringar" ofta byggda av betong som man kan åka längs med bilarna och åka längs ringen i cirklar (upp och ner). Skulle detta vara fysikaliskt möjligt i det äkta livet och hur/varför skulle det (inte) i så fall fungera? Bild på fallet vid behov (taget från ett spel): <https://imgur.com/a/pWAANsg>
37. Ibland beskrivs tiden som den fjärde dimensionen, torde det inte då vara möjligt att röra sig såväl framåt som bakåt i tiden, likt de andra tre dimensionerna?
38. Hur "skapar" man antimateria?
39. Vad är kvantfysik?
40. Vad är magnetoresistans?
41. Vad är speciella relativitetsteorin och vad innebär den?
42. Läste för någon vecka sedan en post om hurdan vår framtid skulle se ut. En person i kommentarerna poängterade hur vi kunde möjligtvis behöva en "Dyson Sphere" för att samla en massa solenergi från solen för någon framtida civilisation som bosatt sig i andra planeter istället för jorden. Har du hört om denna uppfinning och tror du att hela idén med Dyson Sphere är realistisk och kunde förverkligas? Kunde du också förklara hur denna uppfinning/idé skulle fungera i praktiken?
43. Vad är din syn på existensen av en gud eller någon annan högre makt? Hur samspelar denna eventuella högre makt med naturlagarna, följer den dem, eller har den skapat dem?
44. Partikelfysiken och Einsteins relativitetsteorier är inte kompatibla med varandra, har du någon intressant tanke om hur man skulle kunna lösa det problemet?

4. Varför valde du partikelfysik?

Jag beslöt söka till teknisk fysik-linjen vid Tekniska Högskolan (nuv. Aalto) på andra klassen i gymnasiet

(Brändö, 1962). Ett besök vid den nya kärnreaktorn i Otnäs var avgörande.

Det är omöjligt att i skolan veta precis vad man vill, kan, och får möjligheter till.

Men: Man kan anpassa senare. Färdigheter i matematik och fysik öppnar många dörrar!

Efter två års studier vid Tekniska Högskolan fortsatte jag med teoretisk fysik vid Helsingfors Universitet.

Jag började studera partikelfysik för att det fanns en aktiv grupp vid HU.

Finlands CERN-samarbete höll på att inledas då.

En bra forskningsgrupp kan vara ett viktigare kriterium än ämnesområdet.

5. Har du jobbat på CERN?

Jag fick möjlighet att jobba två år på CERN (1969-71) under mina doktorandstudier.

9. Vad är det mest användbara redskapet eller fyndet inom partikelfysiken?

Acceleratorer har lärt oss mest om elementärpartiklarna: De fungerar som mikroskop.

24. Vad använder ni för energikällor för de höga energier ni behöver?

Partiklarna accelereras med elektriska fält. Det betyder att CERN är en storförbrukare av ström.

Energiförbrukningen är en viktig aspekt vid planeringen av nya acceleratorer.

17. Hur tillämpas fysik i praktiken?

Eller: Vad gör en fysiker egentligen?

Grundforskning → Teknisk tillämpning → Industriell produktion

Exempel: Telefoner, bilar, internet, ..., kvantdatorer, ...

Relevans för andra naturvetenskaper: kemi, biologi, ...

Vi börjar förstå kemiska processer, DNA, proteiner, ... på det molekylära planet

Till det behövs också fysik: [Tvärvetenskaplighet](#).

Fysikens metod kan tillämpas på komplicerade system: klimat, ekologi, finans, ...

Identifiera de väsentliga aspekterna, förenkla, bygg en matematisk modell, testa, ...

Vad gör en fysiker? Hen kan göra det mesta!

39. Vad är kvantfysik?

Egentligen är det mesta kvantfysik:

Atomerna som bygger upp materien följer kvantfysikens lagar
Alla protoner är **absolut identiska**, likaså alla elektroner, etc.

Livet grundar sig på DNA-molekyler, som kodar för proteiner.
Det är nödvändigt att alla proteiner (av samma sort) är identiska,
för att kunna fungera som de skall.

Ämnens elektriska ledningsförmåga varierar med en **faktor 10^{30}** (elledningar/isolatorer).
Det här kan bara förklaras med hjälp av kvantfysik.

Klassisk fysik fungerar då vi kan ta medelvärden av många atomer, som är i olika tillstånd.

https://en.wikipedia.org/wiki/Quantum_mechanics

15. Kommer det nånsin vara möjligt att teleportera?

Kvantfysiken har endel märkliga egenskaper, som man nu vill tillämpa i datorer, mm.

Teleportering av enskilda kvantsystem har redan gjorts.

Teleportering av t.ex. en människa är och förblir science fiction.

https://en.wikipedia.org/wiki/Quantum_teleportation

<https://en.wikipedia.org/wiki/Teleportation>



36. I många racing-spel finns det "ringar" ofta byggda av betong som man kan åka längs med bilarna och åka längs ringen i cirklar (upp och ner). Skulle detta vara fysikaliskt möjligt i det äkta livet och hur/varför skulle det (inte) i så fall fungera? Bild på fallet vid behov (taget från ett spel): <https://imgur.com/a/pWAANsg>



Visst fungerar det!

På Borgbacken fanns på 1950-talet en slags "centrifug", som roterade med 33 varv i minuten, vilket gav en 3g centripetalkraft.

[https://en.wikipedia.org/wiki/Rotor_\(ride\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Rotor_(ride))

Deltagarna "klistrades" mot väggen, och hölls där fast golvet sänktes.



18. Finns det någon högsta temperatur, såsom det finns den absoluta nollpunkten?

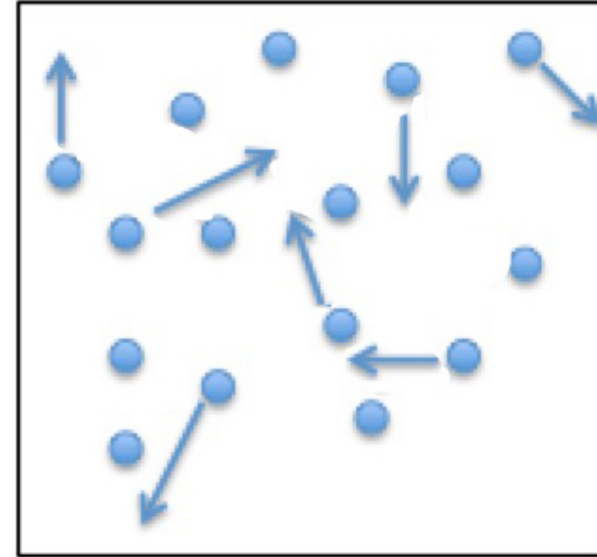
Temperaturen T bestäms av den genomsnittliga energin $E = kT$ hos en samling partiklar, som ständigt kolliderar med varandra (jämvikt)

Vid den absoluta nollpunkten, $T = 0 \text{ °K} = -273.15 \text{ °C}$ rör sig inte partiklarna i gasen längre.

Det finns ingen övre gräns för partiklarnas rörelse-energi, alltså inte heller för temperaturen.

Vid höga temperaturer blir atomernas kollisioner så våldsamma att elektronerna slås ut ur atomern: Det bildas ett plasma av elektroner och kärnor, som kan leda elektrisk ström.

Vid blixtnedslag går en elektrisk ström genom luften, det bildas en "tunnel" av plasma. Temperaturen i plasman kan vara närmare $30\,000 \text{ °C}$



[https://en.wikipedia.org/wiki/Plasma_\(physics\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Plasma_(physics))

13. Vilka faktorer är det som måste åtgärdas för att möjliggöra användning av kärnfusion som energikälla? Kan kärnfusion som energikälla vara en verklighet i en nära framtid?

12. Cirka när blir fusionskraftverk (fusionsenergi) möjligt?

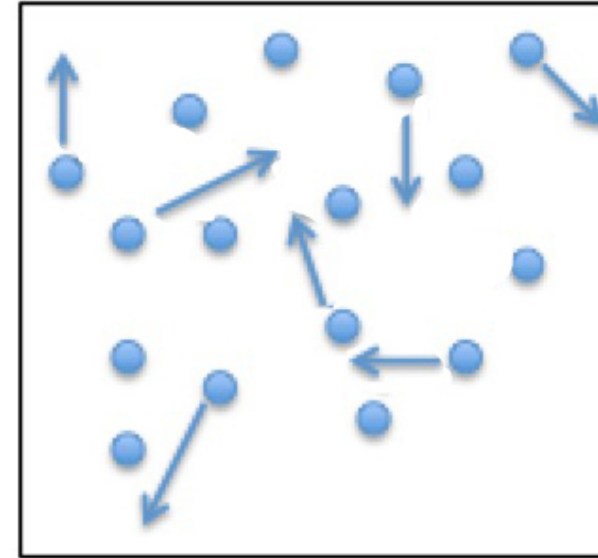
I en fusionsreaktor skall kärnorna (oftast väteisotoperna deuterium och tritium) ha tillräckligt stor rörelse-energi, dvs. temperatur, för att övervinna den frånstötande kraften mellan de positivt laddade kärnorna.

När kärnorna kommer i nära kontakt med varandra, smälter de samman (fusionerar), det bildas en tyngre kärna och frigörs mycket energi.

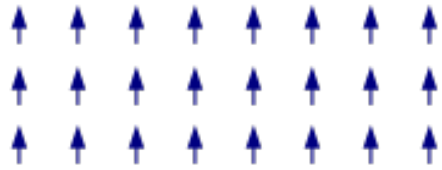
Temperaturen i fusionsreaktor bör vara ca **100 miljoner °K**
Plasman måste hållas isolerad genom magnetiska fält.
Det är svårt att kontrollera den tillräckligt länge.

Flera olika metoder har prövats under decennier, de senaste åren har präglats av en mera optimism.

Det tar ännu decennier innan ett fusionskraftverk blir kommersiellt konkurrenskraftigt.
Det kan hända att det aldrig kan tävla med sol- och vindenergi.

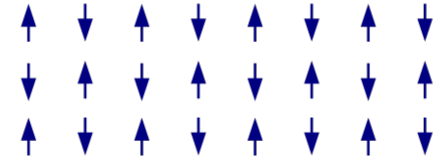


22. Vi har lärt oss att permanenta magneter är alltid magnetiska, men säkerligen kan vi avmagnetisera dem på något/några sätt? Vilka vore dessa sätt och varför skulle de fungera?



I ferromagnetiska material växelverkar atomerna så att deras magnetfält är i samma riktning

Material kan avmagnetiseras genom att hetta upp dem: Vid Curie-temperaturen övervinner atomernas vibration den magnetiska kraften, så närliggande atomers spin blir oberoende av varandra.



I anti-ferromagnetiska material växelverkar atomerna så att deras magnetfält är i motsatt riktning

Järnets Curie-temperatur är ca. 1000 °C

https://en.wikipedia.org/wiki/Curie_temperature

23. Finns det något sätt att byta polen på en permanent magnet? Om möjligt, hur skulle det fungera? Skulle detta vara möjligt med en normal magnet och hur skulle det i så fall fungera?



Man kan t.ex. värma magneten över dess Curie-temperatur, och sedan hålla den i ett magnetfält då den kallnar.

Magnetfältet kan åstadkommas genom en elektrisk spole.

40. Vad är magnetoresistans?

Resistansen för elektrisk ström är beroende av magnetfältet, speciellt mycket i vissa ämnen.

https://en.wikipedia.org/wiki/Colossal_magnetoresistance

6. Vad tycker du att är den mest intressanta frågan inom fysik?

Jag tycker egentligen att allt som kan observeras och förklaras är intressant. Märkvärdiga fakta är intressanta – men har vi förutsättningar att förstå dem? Borde vi t.ex. kunna förklara varför rymden har tre dimensioner (+ tiden)?

7. Har du medverkat i utvecklingen av nya fysiska teorier eller andra framsteg? Vad/vilka? Vilken upptäckt inom fysiken har varit mest inflytelserik för ditt arbete?

Forskning är motiverande just för att man får vara med och öka vår förståelse. För min del har det främst gällt den sk. starka kraften, som binder kvarkar till protoner. En inflytelserik upptäckt var att kraften kan förklaras genom “Quantum Chromodynamics”.

30. Vad är Higgs-bosonen?

Higgs-bosonen behövs för att kunna förena den elektromagnetiska och svaga kraften. Den ger W och Z bosonernas en massa som är (minst) 10^{29} gånger större än fotonens, och förklarar varför elektronen och neutrino inte är identiska.

https://en.wikipedia.org/wiki/Higgs_boson

8. Hur reagerade du när man först kunde bevisa "Higgs boson"-partikelns existens?

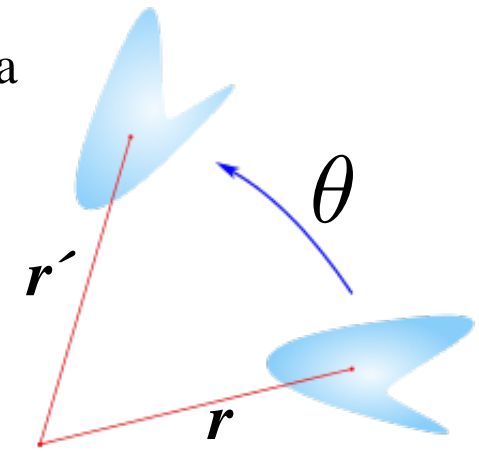
Higgs-bosonen var postulerad, men verkar ganska “onaturlig”. Alternativ hade föreslagits. Det senaste decenniets noggranna mätningar har visat att Higgs-bosonen faktiskt har just de egenskaper som förväntades. Det är överraskande.

En teori skall vara **Rotationssymmetrisk**: Alla riktningar är likvärda

Rotationens definition: bevarar längder och tiden t :

$$\mathbf{r} = (x, y, z) \quad \mathbf{r}' = (x', y', z') = R(\theta)\mathbf{r}$$

$$r^2 = x^2 + y^2 + z^2 = r'^2 \quad t = t'$$



41. Vad är speciella relativitetsteorin och vad innebär den?

I relativitetsteorin är tiden en fjärde dimension

$$u = (ct, x, y, z) \quad c = 299792458 \text{ m/s} = \text{ljusets hastighet}$$

Fysikens lagar skall vara oberoende av **Lorentz-transformationer**, som bevarar:

$$u^2 = (ct)^2 - x^2 - y^2 - z^2 = (ct)^2 - r^2 = u'^2 = (ct')^2 - r'^2$$

Tid och rymd har olika förtecken!

Lorentz-symmetrin förbinder system i relativ rörelse: $\frac{\mathbf{r}}{t} \neq \frac{\mathbf{r}'}{t'}$

Det här leder till många överraskande egenskaper: Ljusets hastighet c är detsamma i alla system
Avstånd verkar förkortas och tiden förlängas för system med hastighet nära c .

37. Ibland beskrivs tiden som den fjärde dimensionen, torde det inte då vara möjligt att röra sig såväl framåt som bakåt i tiden, likt de andra tre dimensionerna?

Fysikens lagar beskriver tidsutvecklingen, framåt eller bakåt i tiden.

Övrig information: Det är skillnad på tidsutvecklingen framåt och bakåt!

Teorin är så konstruerad, att samtidiga händelser på olika platser är oberoende.

Det tillåts inte att flytta plats utan att tiden samtidigt ökar, eller att gå bakåt i tiden.

10. Skulle det ur ett fysikperspektiv vara möjligt att på något sätt omforma tiden, så att man kunde resa fram och tillbaka i den?

Inte enligt existerande fysikaliska teorier.

Det spekuleras visserligen om “maskhål” (wormholes) i starka gravitationsfält.

Dessa kunde förena avlägsna platser i tidsrymden med varandra.

Men det är för närvarande science fiction.

<https://en.wikipedia.org/wiki/Wormhole>

16. Vad är din åsikt om problemen med standardmodellen?

Problemet är att standardmodellen fungerar så oväntat bra! Experimenten vid LHC har testat modellen i ett helt nytt energiområde med nya fenomen, allt fungerar.

Modellen är ofullständig: den beskriver inte tyngdkraften.

“Problemen” som ofta nämns berör kosmologi snarare än partikelfysik.

Standardmodellen har endel ganska oväntade egenskaper, som krävs av experimenten. Man har sökt efter mera “naturliga” teorier som kan förklara data, utan framgång.

https://en.wikipedia.org/wiki/Standard_Model

35. Vad anser du om "Grand Unified Theories".

Den elektromagnetiska och svaga kraften förenas vid energier på ca. 100 GeV.

Idén med GUT var att förena även den starka växelverkan med den elektrosvaga.

Det fanns vissa tecken på att detta kunde ske vid en mycket hög energi, 10^{15} GeV.

Trots att vi inte kan accelerera partiklar till sådana energier kunde GUT ha haft en mätbar effekt: Protonens sönderfall. Dedicerade experiment har dessvärre inte sett några sönderfall.

En fysikalisk teori är inte intressant om den inte kan verifieras.

https://en.wikipedia.org/wiki/Grand_Unified_Theory

20. Vad handlar partikelfysik om

https://en.wikipedia.org/wiki/Particle_physics

Att identifiera materiens minsta beståndsdelar, och förstå krafterna mellan dem.

För att urskilja elementarpartiklarna krävs "mikroskop", dvs. acceleratorer med hög energi.

Experimenten sker vid ett litet antal laboratorier (i Europa främst CERN, Genève).

Mätningarna förbereds och data analyseras vid många universitet och motsvarande.

21. Vad är kosmiska partiklar?

https://en.wikipedia.org/wiki/Cosmic_ray

Partiklar (främst protoner, också kärnor) som fått hög energi, kanske i centrum av en galax.

Några få har ännu högre energi än vid LHC, och studeras med hjälp av stora detektorer.

34. Vad är gammastrålning?

https://en.wikipedia.org/wiki/Gamma_ray

Gammastrålar består liksom ljus och röntgenstrålar av fotoner, men med kortare våglängd.

Fotonernas energi är omvänt proportionell till deras våglängd, och alltså stor, ≥ 100 keV.

Gamma-fotoner bildas vid radioaktiva sönderfall, och kan skapas i laboratorier.

38. Hur "skapar" man antimateria?

<https://en.wikipedia.org/wiki/Antihydrogen>

Antipartiklar bildas vid kollisioner mellan elektroner/protoner med hög energi. Elektronens antipartikel, positronen, skapas också vid sönderfall av atomkärnor.

För att bilda egentlig antimateria, t.ex. antiväte, krävs både en antiproton och en positron.

Antiväte har skapats i CERN, och dess egenskaper motsvarar vad man förväntar sig av symmetrin mellan materia och antimateria.

1. "Hur förklaras den starka växelverkan?" https://en.wikipedia.org/wiki/Strong_interaction

29. Vilka uppfinningar använder sig av vetenskapen om kvarkar?

Med teorin Kvantkromodynamik (QCD), som motsvarar Kvantelektrodynamik (QED) för den elektromagnetiska växelverkan.

Elektromagnetismens teori skrevs ner redan 1865 av Maxwell, och fungerar ännu.

Den var färdigt relativistisk, fast Einsteins relativitetsteori skapades först 1905!

Maxwells teori behandlas numera som en kvantfältteori, alltså QED.

25. Vad består protoner och neutroner av?

Protoner och neutroner består (lite förenklat) av uppkvarkar (u) och downkvarkar (d):

$p = uud$ och $n = udd$. Kvarkarnas massor utgör bara ca 1% av protonens och neutrones massor, resten kommer från rörelse-energi. Nukleonerna (p och n) består dessutom av gluoner, som motsvarar fotoner i QED. Det finns många andra "hadroner", som består av kvarkar och gluoner.

Vi kan ännu inte beskriva hadronernas struktur med QCD, fast vi kan beräkna atomernas struktur med QED. Speciellt knepigt är att förstå varför inga enskilda kvarkar och gluoner ses i experimenten, trots att elektroner och fotoner nog flyger omkring. Den här oväntade egenskapen av QCD kallas "color confinement".

Det är just frågan om hadronernas struktur som jag försöker lösa med QCD i min forskning!

31. Hur studerar man hadroner?

Protonen är stabil, så den kan man studera genom att bombardera materia med t.ex. elektroner. Det är precis som elektronmikroskop, men elektronernas energi är mycket högre.

Atomkärnorna består också av neutroner, så de kan likaså studeras med elektroner.

En enskild neutron sönderfaller efter ca 15 minuter, man kan hålla dem en stund i en burk.

Protonerna kan accelereras till höga energier och kollideras med andra protoner eller elektroner. Vid kollisionerna bildas nya hadroner. Man kan mäta deras massor och se hur de (oftast) snabbt sönderfaller. Partiklarna rör sig nästan med ljusets hastighet, alltså enligt relativitetsteorin.

26. Hur definieras en kvark?

<https://en.wikipedia.org/wiki/Quark>

Som punktformade partiklar i hadronerna. Kvarkarna påminner om elektronerna, men deras elektriska laddning är $2/3$ (för u) eller $-1/3$ (för d), jämfört med protonens laddning. Dessutom har kvarkarna en sk. "färgladdning", som gör att de växelverkar med gluoner (enligt QCD).

28. Varför kallas vissa kvarkar "uppkvarkar" och "nerkvarkar"?

Uppkvarkar har laddning $2/3$ och nerkvarkar $-1/3$. Av någon anledning nöjer sig Naturen inte med två kvarkar, u och d, utan har ytterligare två par, charm (c) och strange (s), samt top (t) och bottom (b). Kvarkparen skiljer sig enbart genom sina massor, vars värden tyvärr inte förutsägs av standardmodellen (= QCD och Elektrosvag teori).

u-kvarkens massa är ca 2 MeV, medan topkvarken väger 173000 MeV.

27. Vad består kvarkar av? Finns det liksom en underkategori med ännu mindre partiklar?

Tills vidare stämmer alla mätresultat med att kvarkarna (liksom elektronen) är punktformig, dvs. dess radie är mindre än ca $1/10000$ - del av protonens radie. Det krävs mätningar med högre kollisionsenergier för att ytterligare sänka gränsen för kvarkars radie.

19. Varför bildas svarta hål från Stjärnor som exploderar? Hur leder explosionen till en så kompakt punkt?

<https://en.wikipedia.org/wiki/Supernova>

I stjärnors mitt är trycket pga. av tyndkraften så stort att atomkärnorna smälter samman (fusionerar). Det här frigör energi och bildar ett tryck, som motverkar tyngdkraften från de yttre lagren. Värme-energin leds till stjärnans yta, där den strålar ut från stjärnan.

När kärnorna vuxit sig stora som järnkärnor ger fusionen ingen mera energi. Då kan tyngdkraften inte längre balanseras. Stjärnor vars massa är mera än ca 25 ggr solens kollapsar till en neutronstjärna eller ett svart hål. I ett svart hål är tyngdkraften så stark att inte ens ljus kommer ut.

Einsteins allmänna relativitetsteori förutsäger svarta hål. Det är emellertid sannolikt att kvanteffekter blir viktiga i svarta hål, och för dessa finns ingen pålitlig teori.

https://en.wikipedia.org/wiki/Black_hole

32. Vad händer då två svarta hål möts?

https://en.wikipedia.org/wiki/Gravitational_wave

De börjar rotera kring varandra, samtidigt som de sänder ut gravitationsvågor (jfr. ljusvågor i elektromagnetismen). Sålunda förlorar de energi och kommer närmare varandra. Slutligen möts de och bildar ett nytt, större svart hål. En väldig mängd energi sänds ut i form av gravitationsvågor, som sprider sig över universum.

Gravitationsvågorna förutsågs av Einsteins allmänna relativitetsteori, men är mycket svåra att upptäcka eftersom de växelverkar så svagt. Det lyckades slutligen med LIGO-detektorn i USA. Idag forskas aktivt i gravitationsvågor, både experimentellt och teoretiskt.

44. Partikelfysiken och Einsteins relativitetsteorier är inte kompatibla med varandra, har du någon intressant tanke om hur man skulle kunna lösa det problemet?

Den speciella relativitetsteorin (utan tyngdkraft) är kompatibel och inbyggd i standardmodellen. Den allmänna relativitetsteorin har inte kunnat formuleras som en kvantfysikalisk teori. Det är inte ett akut problem för standardmodellen, eftersom tyngdkraften är så svag att den helt kan bortses vid partikelkollisioner.

Formuleringen av den allmänna relativitetsteorin som en kvantteori är ett viktigt forskningsområde, men tillsvidare utan klar framgång. Det finns mycket begränsade möjligheter att utreda frågan experimentellt, pga. att tyngdkraften är så svag. Själv föredrar jag frågor där det finns en större tillgång till data.

2. "Vad fanns före Big Bang? Fanns det inget, hur kunde massa uppstå ur intet?"

Det är sådana här frågor som en mera avancerad teori för gravitationen förhoppningsvis kunde besvara. I nuvarande läge är spekulationer snarast science fiction.

11. Finns det situationer där Newtons lagar inte gäller?

Ja, t.ex. då det rör sig om hastigheter nära ljusets $c = 299792458 \text{ m/s}$

CERNs LHC accelererar protoner till 6800 GeV, de rör sig då med $v = 0.999999999955 c$
Newtons $p = mv$ skulle ge $v = 7234 c$, då skulle LHC inte fungera.

Tidens beroende av hastigheten: En pi-meson i vila lever i genomsnitt $2.6 \cdot 10^{-8} \text{ s}$

På den tiden hinner ljuset förflytta sig **7.8 m**

En pi-meson med samma energi som LHC-protonen förflyttar sig **379 km** under sin livstid

Det här gör det möjligt att sända pi-mesoner över långa avstånd till experimenten.
Det är ett konkret exempel på "Tvillingparadoxen".

33. Är det fysiskt möjligt att färdas med ljusets hastighet?

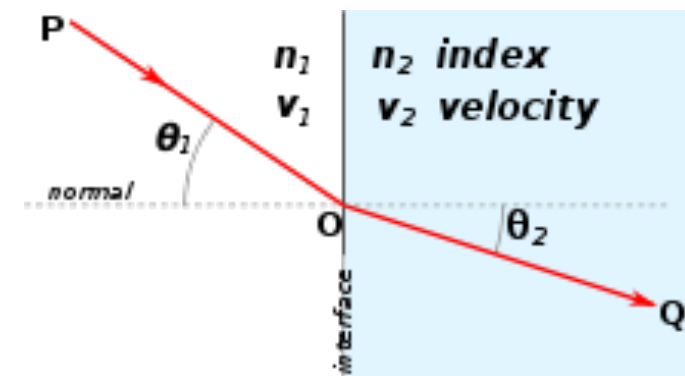
Inte i vakuum, men nog i andra material, där ljuset rör sig med lägre hastighet.

T.ex. refraktionen i glas visar att ljuset rör sig långsammare där.

<https://en.wikipedia.org/wiki/Refraction>

När en partikel rör sig snabbare än ljuset (i materie) sänder den ut sk. Cherenkov-ljus, ses t.ex. i kärnreaktorer.
Fenomenet är detsamma som vågsvallet efter en motorbåt.

https://en.wikipedia.org/wiki/Cherenkov_radiation



42. Läste för någon vecka sedan en post om hurdan vår framtid skulle se ut. En person i kommentarerna poängterade hur vi kunde möjligtvis behöva en "Dyson Sphere" för att samla en massa solenergi från solen för någon framtida civilisation som bosatt sig i andra planeter istället för jorden. Har du hört om denna uppfinning och tror du att hela idén med Dyson Sphere är realistisk och kunde förverkligas? Kunde du också förklara hur denna uppfinning/idé skulle fungera i praktiken?

https://en.wikipedia.org/wiki/Dyson_sphere

Det här är nog science fiction... det gällde kanske att söka avancerade civilisationer. Jordan skulle brinna upp om vi lyckades fokusera hit en större del av solens energi

Den solenergi som kommer till jorden på en timme motsvarar hela mänsklighetens årliga el-användning!

<https://education.nationalgeographic.org/resource/solar-energy/>

14. Vilka är de bästa metoderna för att förvara energi?

En viktig fråga, om än alltför omfattande för att tas upp här. En fysiker har goda förutsättningar att arbeta med energifrågor, men det kräver också kännedom om teknik, ekonomi, ekologi, ...

https://en.wikipedia.org/wiki/Energy_storage

43. Vad är din syn på existensen av en gud eller någon annan högre makt? Hur samspelar denna eventuella högre makt med naturlagarna, följer den dem, eller har den skapat dem?

Den allmänna inställningen bland fysiker är att naturvetenskap och religion är två skilda områden. Religiös inställning är en personlig sak, som inte påverkar hens forskning i fysik.

Det diskuteras varför fysikens lagar ser ut som de gör, och varför vissa naturkonstanter har just de numeriska värden som verkar nödvändiga för att liv skall uppstå.

Enligt den “Antropiska Principen” är lagarna som de är för att vi annars inte skulle finnas still, och ställa frågan. Kanske finns det många universum (Multiverse) med olika lagar, och vi lever i det som råkar vara lämpligt för liv? https://en.wikipedia.org/wiki/Anthropic_principle

Själv har jag reflekterat över att vi sällan frågar hur världen skulle se ut om någon av t.ex. Newtons lagar skulle se annorlunda ut? Fast vi lärt oss en massa fysik är det ändå svårt att beräkna hur alternativa världar, med annorlunda lagar, skulle fungera.

Tack för alla era frågor!