

## Att flyga till stjärnorna

Om vi skulle upptäcka en annan civilisation bland stjärnorna, hur tar vi oss dit eller de till oss. Det behövs en mycket mer avancerad teknik än vi har nu, Mellan 1996 och 2002 finansierade NASA [Breakthrough Propulsion Physics Project](#) på Glenn Research Center för att utforska ny fysik som en dag kan driva en rymdfarkost. Arbetet har redovisats 2012 i boken [Frontiers of Propulsion Science](#).

De rymdfarkoster vi känner till är helt enkelt för långsamma och för beroende av bränsle för att resa även till den närmaste stjärnan Alpha Centauri. Man behöver en motor som flyttar en rymdfarkost utan drivmedel. Nuvarande rymdtransportssystem baseras på den klassiska fysiken och behöver alla någon form av bränsle.

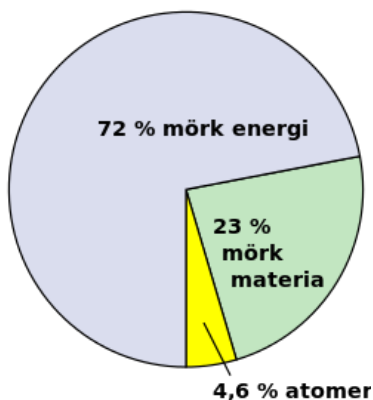
Under Breakthrough Propulsion Physics Project undersökte man hur långt det är möjligt att ta kända framtida framdrivningssystem som kärnfusion och solsegel. Man studerade också den så kallade Bussards ramjet föreslagen 1960 av fysikern Robert W. Bussard. Den skulle använda enorma elektromagnetiska fält från en kilometer till många tusen kilometer i diameter som en skopa för att samla in och komprimera väte från det interstellära mediet. I det skulle man utlösa termonukleär fusion för att driva farkosten.

Man gick in i diskussioner om framdrivning utan raketer, och fokuserade starkt på manipulationen av tyngdkraften genom teorier om relativitet, superledarfysik och nollpunktsenergi, neutriner snabbare än ljuset och kvantintrassling. Det senare är det sätt på vilket partiklar, separerade med kanske lika mycket som det synliga universums diameter, verkar ha en länk genom vilken de kan dela information omedelbart utan att hindras av ljushastighetsbarriären.

Det blev inga större genombrott under de sex åren på Glenn, men däremot utpekades ett antal områden som bör undersökas inom framtida studier. Dessa inkluderade mörk materia och mörk energi, elektrodynamik, kvantvakuum och anti-tyngdkrafteffekter. Arbetet fortsätter i den oberoende, icke-NASA-anslutna [Tau Zero Foundation](#).

För att börja med den mörka energin, så upptäckte forskare 1998 att universum inte bara expanderar utan att expansionen accelererar. Detta helt oväntade beteende har kallats det "mest djupgående problemet" i fysiken, eftersom vår nuvarande förståelse av gravitation säger att attraktionen mellan massa i universum borde orsaka att expansionen saktar ner istället.

Den ledande teorin för att förklara den accelererande expansionen är förekomsten av en hypotetisk avstötande kraft, som kallas mörk energi. Forskare har av mätningar dragit slutsatsen att den totala energin i universum (som enligt  $E=mc^2$  är samma sak som massa) består av 23 procent mörk materia och endast 5 procent vanlig materia. Restande 72 procent består av mörk energi. Detta innebär att ca 95 % av den studerade verkligheten antas utgöras av mörk materia och energi.



Även om ingen har en aning om vad mörk energi är, så existerar den verkligen. Enligt en kontroversiell ny teori skulle en kraftfull avstötning mellan normal materia och dolda fickor av antimateria kunna vara en alternativ förklaring till den mystiska kraften. Effekterna som tillskrivs mörk energi skulle bero på ett slags "antigravitation" som skapas när normal materia och antimateria stöter bort varandra.

Genom att använda materia-antimaterieutrotning, vilket är 100% energieffektivt, kanske man skulle kunna rida på den mörka energin genom universum. Förintelse av materia-antimateria kommer dock med en fruktansvärd kostnad. Det krävs en enorm mängd arbete, energi och ansträngning för att skapa en utomordentligt liten mängd antimateria. Om man tog alla partikelfysiklaboratorier som någonsin byggts på Jorden och lade ihop all den antimateria, som mänskligheten någonsin har skapat, från Fermilab till CERN, skulle man ändå få ihop mindre än ett mikrogram antimateria.

Vad gäller mörk materia så är det fortfarande ett mysterium vad den består av, men den erbjuder en enorm fördel jämfört med normal materia. Den finns bokstavligen överallt runt omkring oss i alla stora galaxer vi känner till, inklusive Vintergatan. Var vi än befinner oss kommer det säkert att finnas mörk materia och en stor fördel är ju att inte behöva ta med sig sitt bränsle utan samla in det under resans gång.

Även om vi ännu inte har upptäckt det direkt, och även om vi inte vet exakt vad dess verkliga egenskaper är, kan den vara det perfekta bränslet, som gör våra interstellära drömmar till verklighet. Om man kan samla in två partiklar av mörk materia och få dem att interagera med varandra är det en begränsad sannolikhet att de kommer att förintas. När en förintelse inträffar kommer de att producera ren energi på ett 100% effektivt sätt via Einsteins  $E = mc^2$ . Med andra ord, om vi bara förstod oss på mörk materia korrekt, så fanns det en gratis, obegränsad energikälla överallt.

Det kan också vara möjligt att utveckla framdrivningssystem, som endast kräver en elektrisk laddning utan bränsle. Piezoelektriska kristaller expanderar och dras samman under påverkan av elektricitet, och det betyder att de kan göras omväxlande tyngre och lättare genom att tillföra elektrisk ström. Om man kan göra något tyngre ett ögonblick och lättare nästa, kan man skapa dragkraft genom att kasta ut det när det är tungt och ta tillbaka det när det är lätt.

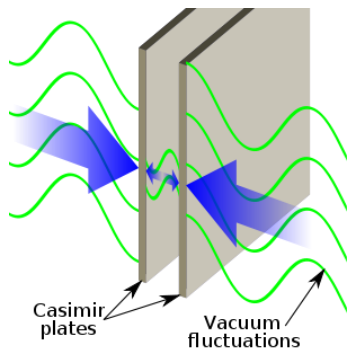
Fysikprofessorn James Woodward har utvecklat MEGA-drivenheten, Mach-Effect Gravitational Assist, baserat på idéer av fysikern Ernst Mach från 1800-talet. Den kräver bara elektricitet för att uppnå kraft. Woodward och hans kollegor har till och med upprättat planer för en rymdfarkost, som skulle använda MEGA-enheten. Kallad SSI Lambda skulle den ha piezoelektriska kristaller och en liten kärnreaktor för att producera el.

Kan kvantvakuums egenskaper användas för att driva fram en rymdfarkost? Kvantvakuomet (det elektrodynamiska fältets lägsta tillstånd) är inte tomt, utan snarare ett hav av virtuella partiklar och fotoner, som dyker upp och försvinner enligt Heisenbergs osäkerhetsprincip.

Idén är inte ny. Idén om en "quantum ramjet drive" föreslogs av författaren Arthur C. Clark (som också föreslog geosynkrona kommunikationssatelliter 1945) i boken *Songs of a Distant Earth* 1945.

Casimir-kraften, som härleddes 1948 av de nederländska fysikerna Hendrik Casimir och Dirk Polder, förutspår att det kommer att finnas en kraft mellan två närliggande ytor på grund av fluktuationer i kvantvakuomet. Denna kraft har mätts och befunnits stämma överens med förutsägelser många gånger i flera laboratorier.

Den enklaste mekaniska konstruktionen för att med hjälp av den dynamiska Casimir-kraften generera dragkraft är genom användning av vibrerande speglar, som är utformade för att generera strålning i önskad riktning. Omfattningen av dragkraften från den dynamiska Casimir-kraften har visserligen visat sig vara mycket liten i jämförelse med konventionella framdrivningssystem, men är ändå teoretiskt möjlig.



Historiska resultat har gett dragkraftsnivåer på mellan 1000-4000 mikro-Newton endast begränsade av strömförsörjningens energilagringstäthet. Nya modeller tyder också på att det finns sätt att öka nettokraften. Det s k differentialeget är en spekulering om att det kan vara möjligt att framkalla skillnader i trycket av vakuumsfluktuationer på vardera sidan av en segelliknande struktur för att därmed driva en farkost framåt.

En annan idé om en drivmedelfri

elektromagnetisk motor kallad Em-Drive, är skapad av den brittiska flygteknikern Roger Shawyer. EmDrive använder ett system att producera elektromagnetiska vågor, t.ex. mikrovågor medelst en magnetron. De blir inskickade i en metallisk, helt slutet konisk kropp med en större yta vid enhetens större ända - och en dielektrisk resonator vid den smalare ändan.

Enheten förutsätter en elektrisk energikälla för att producera dess reflekterande interna mikrovågor, men den har inga rörliga delar och det krävs inget utstötande av reaktionsmassa för att driva den framåt. Uppfinnaren påstår att enheten alstrar en riktningstämd framdrift mot den smalare ändan av den tillspetsade kaviteten, men alla teorier som försöker förklara dess verkningsätt, är kontroversiella. En del experiment har gett någon liten dragkraft, andra inte.

Kopplingen av elektromagnetism och gravitation med relativitetsteoriens rumstid erbjuder också möjligheter. Målet är förstås att upptäcka och utveckla tekniker och teorier för manipulation av gravitation eller gravitationsliknande fält för framdrivning.

Intresset för "gravitation control propulsion research" intensifierades under början av 1950-talet. År 1948 etablerades **Gravity Research Foundation** för att försöka förstå gravitationen och dess interaktion med andra fysiska teorier, såsom allmän relativitet och kvantmekanik. Man håller en årlig tävling som belönar uppsatser av vetenskapliga forskare om tyngdkraftsrelaterade ämnen.

Fysiker har ännu inte lyckats producera en enhetlig fältteori, en enda fysisk teori som förklarar de fyra grundläggande krafterna: gravitation, elektromagnetism och de starka och svaga kärnkrafterna. Det har gjorts framsteg när det gäller att förena de tre senare, men tyngdkraften har förblivit "problemet" i varje försök.

Fysiker har ännu inte upptäckt en kvantteori om gravitation men olika teoretiska förklaringar av kvantgravitation har skapats. Teoretiskt har man postulerat förekomsten av en kvantgravitationspartikel, gravitonen, den förmodade bärande partikeln för gravitationskraften.

Man har dock inte lyckats observera gravitonen experimentellt ännu. Orsaken till detta är att den enligt rådande teorier har en energinivå på över 100 gånger de nivåer, som idag kan uppnås i laboratorier (partikelacceleratorer). En indikation på att gravitonen trots allt existerar är den sannolikt upptäckta Higgs-partikeln med en energi i området 125-126 GeV.

En våldsamt händelse i rymden, till exempel en sammanslagning svarta hål, skulle kunna ge tillräcklig energi för att skapa gravitoner, som sedan förvandlas till mycket långvägiga radiovågor med möjlig detekterbarhet i närheten av jorden.

En idé är att använda en rent konceptuell substans, "negativ massa". När negativ massa bringas i närheten av positiv massa skulle det teoretiskt skapa en kraftfull fränstötande kraft, en oändligt accelererande enhet, eller för att låna från Star Trek, en varpdrift.

Standardmodellen för partikelfysik, som beskriver alla nu kända former av materia, inkluderar visserligen inte negativ massa. Även om kosmologisk mörk materia kan bestå av partiklar utanför standardmodellen vars natur är okänd, är deras massa uppenbarligen positiv eftersom de upptäcktes från deras gravitationseffekter på omgivande föremål.

Forskarna tror dock att det skulle vara möjligt att förvränga (warp) gravitationsfältet och använda kraften för att accelerera rymdfarkoster. Alcubierres varpdrift är en spekulativ idé, som bygger på en lösning av Einsteins fältekvationer i den allmänna relativitetsteorin föreslagen av fysikern Miguel Alcubierre. Genom den skulle en rymdfarkost kunna röra sig snabbare än ljuset om ett konfigurerbart energitäthetsfält lägre än vakuums (det vill säga negativ massa) kunde skapas.

Objekt kan inte accelerera till ljusets hastighet inom normal rumstid. I stället förskjuter Alcubierre-enheten rymden runt ett objekt så att objektet skulle komma fram till sin destination snabbare än ljuset skulle göra i normal rymd utan att bryta mot några fysiska lagar.

I stället för att överskrida ljusets hastighet inom en lokal referensram, skulle rymdfarkosten krympa rymden framför sig och utvidga den bakom sig, vilket resulterar i en snabbare än ljuset rörelse.

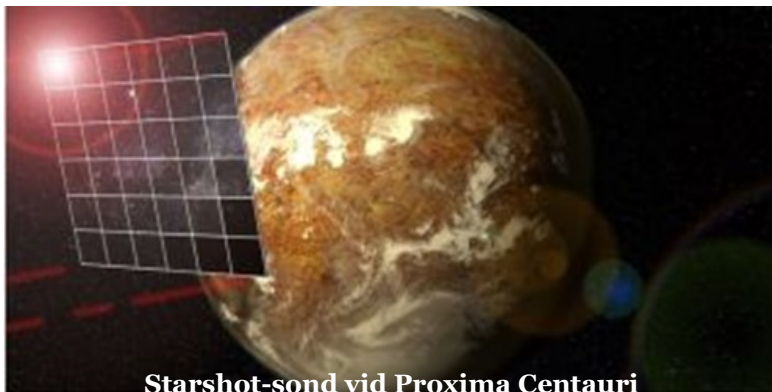
Även om det som Alcubierre föreslår överensstämmer med Einsteins fält-ekvationer, är det inte nödvändigtvis möjligt att bygga en sådan enhet. Den föreslagna mekanismen för Alcubierre-enheten innebär en negativ energitäthet och kräver därför exotisk materia eller manipulation av mörk energi. Om exotiskt material med rätt egenskaper inte existerar, kan enheten inte konstrueras. I slutet av sin ursprungliga artikel hävdade dock Alcubierre att Casimir-vakuumet mellan parallella plattor kan uppfylla kravet på negativ energi för Alcubierre-enheten.

Det kräver dock en oerhört stor energi för att klämma ihop rumstiden framför en rymdfarkost och expandera den bakom den för att skapa en drivande effekt. Enligt en uppskattning skulle mängden energi för att starta processen vara i storleksordningen av hela massan hos Jupiter för en rymdfarkost med tio meter i sida. Därefter måste energin fortsättningsvis tillhandahållas för att säkerställa att processen inte misslyckas. Ingen vet hur det någonsin skulle vara möjligt, eller hur tekniken för att göra det skulle se ut.

Det finns andra sådana ideer om att driva farkoster genom att förändra gravitationsfältet. En kallas "Bias Drive" och innebär att minska gravitationskraften i området bakom farkosten. Detta kommer att göra att den dras framåt. En annan är "Diametric Drive". Den är mycket lik den förra eftersom den också vill förändra gravitationen i området bakom rymdfarkosten, men göra den negativ så att farkosten skjuts i riktning mot det normala tyngdkraftsfältet.

En idé för att förverkliga detta koncept föreslogs av Robert Forward och James Woodward. Det involverade hypotetiska partiklar med negativ massa. Om man kunde konstruera ett block av negativ massa och sedan fästa det på en normal positiv massa, skulle den negativa massan generera negativ gravitation och därmed skulle den positiva massan (själva rymdskeppet) falla bort från den negativa massan. Om det arrangerades på rätt sätt skulle avståndet mellan de två inte förändras, medan de fortsatte att accelerera för alltid.

Det finns många sådana ideer om vad som skulle kunna göras om man kunde förändra gravitationen lokalt, men allt strandar på avsaknaden av en enhetlig teori som innehåller både gravitation och kvantmekanik.



Starshot-sond vid Proxima Centauri

Vi brukar också tänka på tyngdkraften som mycket stark. Trots allt är det ju den, som binder oss till jorden. Men faktum är att av alla de krafter vi känner i naturen är tyngdkraften den svagaste. Det krävs en oerhört stor massa för att alstra den kraft som drar oss mot vår planets centrum. Även om man kunde manipulera gravitationen i laboratorier, krävs det mycket för att skapa någon meningsfull effekt.

En vetenskaplig analys av de förhållanden under vilka gravitationen skulle kunna kontrolleras och de konsekvenser som en hypotetisk manipulering av gravitationen skulle få för kända system för rymdframdrivning har gjorts i en nyligen genomförd studie för Europeiska rymdorganisationen ESA **Hypothetical gravity control and implications for spacecraft ...**

De underliggande grundläggande fysiska principerna för kända gravitationsteorier analyserades där och visade att även om gravitationen kunde modifieras skulle den bara medföra blygsamma vinster när det gäller uppskjutning av rymdfarkoster och inget genombrott för rymdframdrivning.

Alla sätt vi kan hitta på för att nå stjärnorna kräver tydligen väldigt mycket energi. Men måste vi bära med oss energikällan i farkosten? Varför inte transportera energin till rymdfarkosten när den färdas? Ett sätt att göra detta är med lasrar. Strålning är bra för att transportera energi från en plats till en annan, särskilt över de stora avstånden i rymden. Rymdfarkosten kan sedan fånga upp denna energi och driva sig framåt.

Detta är grundtanken bakom projektet **Breakthrough Starshot**, som syftar till att designa en rymdfarkost som kan nå de närmaste stjärnorna på några decennier. En jättelasar i storleksordningen 100 gigawatt skjuter mot ett rymdskepp, som kretsar runt jorden. Den rymdfar-

kosten har ett stort solsegel, som är otroligt reflekterande. Lasern studsar på seglet och ger fart åt rymdfarkosten.

För att göra interstellär rymdflygning mer rimlig måste en farkost gå riktigt snabbt. I storleksordningen minst en tiondel av ljusets hastighet. Med den hastigheten kunde rymdfarkoster nå Proxima Centauri på en handfull decennier. Problemet är bara att om vi skulle skjuta denna laser mot rymdfarkosten i cirka 10 minuter, för att nå en tiondel av ljusets hastighet, kan denna inte få väga mer än ett gram.

Lasern, med 100 gigawatt, är kraftfullare än någon laser vi någonsin har gjort. Det motsvarar effekten av alla kärnkraftverk i USA. Rymdfarkosten, som inte får väga mer än ett gram, måste innehålla en kamera, dator, strömkälla, kretsar, ett skal, en antenn för kommunikation och själva seglet. Och seglet måste vara nästan perfekt reflekterande. Om det absorberar en liten bråkdel av den inkommande laserstrålningen omvandlas den energin till värme. Vid 100 gigawatt betyder det troligen att farkosten smälter.

I 40 år måste denna lilla rymdfarkost stå emot prövningarna i den interstellära rymden. Den kommer att påverkas av dammkorn vid den enorma hastigheten. Även om dammet är väldigt litet, kan det vid dessa hastigheter göra otroliga skador. Den kommer också att bombarderas av kosmiska strålar utan avbrott så snart resan börjar, vilket kan störa de känsliga kretsarna inuti den.

Att flyga till stjärnorna är tekniskt möjligt. Det finns ingen fysisk lag som direkt förbjuder det. Men det är inte lätt och det kräver väldigt mycket energi. De flygande tefaten skulle uppenbarligen inte ha så lätt att ta sig hit eller vi till dem. Men det finns något som kallas maskhål i rumstiden. Kanske kan vi krypa genom dem.