

Vem var Richard Phillips Feynman?

To every man is given the key to the gates of heaven; the same key opens the gates of hell [...] Of all the many values of Science, the greatest must be the freedom to doubt.

Eftersom år 2005 har utlysts till fysikens år kan det vara av intresse att ägna några Linjalen-rader åt att begrunda ett par aspekter av en fysikers levnadsgärning lite närmare. För mig var den amerikanske Nobel-pristagaren i fysik från år 1965, Richard Feynman (1918-1988), en alldeles ny bekantskap då jag under sommaren som gått började läsa boken med den för en lärare så attraktiva titeln *The Pleasure of Finding Things Out*. En vän hade rekommenderat boken som ”a very good read”. Och efter att ha läst och reflekterat över den rätt grundligt så är jag verkligen av samma åsikt: det är en underbart fängslande och lärorik läsning som förutom att den öppnar tithål in i en fascinerande människas liv och tankevärld även gymnastiserar både hjärnkontor och skrattmuskler. Boken inspirerade dessutom till att läsa mera om och av Feynman.

Åtminstone för mig är det lätt att känna sympati för Feynmans person och hans ödmjuka åsikter om sådant som relationen mellan (natur)vetenskap och moral, om relationen mellan (natur)vetenskap, samhälle och människa och om människans stora kunskapskapacitet och kapacitet att utveckla (eller förstöra) samhället. Feynmans syn verkar stå i samklang med den didaktiska skola som anser att historia, kultur och kontext spelar en väsentlig roll för människans lärande och prestationer. Till exempel skriver Feynman följande om människans möjlighet att lära sig den alltmer komplicerade matematik som behövs inom naturvetenskaperna (1999, s. 194)

I don't believe in the idea that there are a few peculiar people capable of understanding math, and the rest of the world is normal. Math is a human discovery and it's no more complicated than humans can understand [...] it may look abstract and threatening to someone who hasn't studied it, but it was fools who did it and in the next generation all the fools will understand it.

Nya matematiska uppfinningar accepteras så småningom och blir en del av den vanliga människans matematiska kunskap. Vi kan ta negativa tal som exempel. Inte är det ju svårt numera för någon att anse de negativa talen som helt vanliga tal, medan det ännu på 1800-talet fanns västerländska matematiker som betraktade dem med skepsis!

I en annan bok reflekterar Feynman över skillnader mellan undervisning i konst och undervisning i fysik. Feynman hade själv varit elev i en konstklass en tid då han insåg att konstläraren inte berättade så mycket utan försökte inspirera eleverna att experimentera med nya ansatser. Här låg den stora skillnaden. Konstläraren ville introducera sina elever i en ämneskultur, något som en fysiklärare, enligt Feynman, inte gör därför att ämnets strukturella aspekter tar överhanden. Feynman beskriver skillnaden så här (1985, s. 263 – 264):

I thought of how we teach physics: We have so many techniques – so many mathematical methods – that we never stop telling the students how to do things. On the other hand, the drawing teacher

is afraid of telling you anything. If your lines are too heavy, the teacher can't say, "Your lines are too heavy", because *some* artist has figured out a way of making great pictures using heavy lines. The teacher doesn't want to push you in some particular direction. So the drawing teacher has this problem of communicating how to draw by osmosis and not by instruction, while the physics teacher has the problem of always teaching techniques, rather than the spirit, of how to go about solving physical problems.

Nobel-pristagare

Boken *The Pleasure of Finding Things Out* består av ett urval av 13 artiklar, föredrag och intervjuer med Feynman från åren 1959 fram till hans frånfälle i cancer 1988, och kan därför lämpligen avnjutas i bitar. Urvalet belyser på ett trevligt sätt Feynman som person och hans karriär som lärare, universitetsprofessor och forskare. Feynman forskade främst inom kvantmekanik och kvantelektrodynamik, QED, men även inom andra områden av fysiken, till exempel lågtemperaturfysik. Men Feynman var också intresserad av matematik och av övriga naturvetenskaper, speciellt biologi.

Det är lätt att förstå vidden av Feynmans intellektuella skärpa då man läser att han började sin vetenskapliga karriär som forskningsassistent åt J. A. Wheeler (han som myntade begreppet "svarta hål") och att sådana som Einstein och Pauli, von Neumann (matematiker) och Russell (astronom) alla var inbjudna till Feynmans första föreläsning som han höll vid Princeton universitetet 1942 som 24-åring.

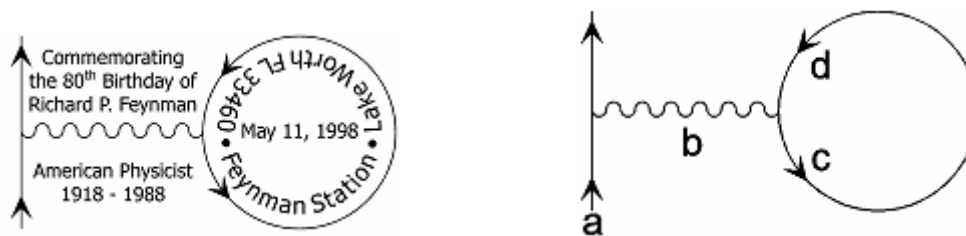
För sitt fundamentala arbete inom QED fick Feynman tillsammans med Julian Schwinger och Sin-Itiro Tomonaga Nobelpriset i fysik år 1965. På var sitt håll hade dessa tre under 1940-talet utvecklat teoretiska lösningar på hur kvantmekanikens vågfunktioner och elektromagnetismens fält kunde förenas till en kvantfältteori¹ inom den då nya QED. (Senare års Nobelpris i fysik har flera gånger belönat forskning som är fortsättning på Feynmans, Schwingers och Tomonagas arbete.) Själv beskriver Feynman vid en TV-intervju 1981 arbetet, som ledde fram till Nobel-priset, så här : (citat ur artikeln med bokens titel *The Pleasure of Finding Things Out*)

What I essentially did was to figure out how to control, how to analyze and discuss the original quantum theory of electricity and magnetism that had been written in 1928; how to interpret it so as to avoid the infinities, to make calculations for which there were sensible results which have since turned out to be in exact agreement with every experiment which has been done so far, so that QED fits experiment in every detail where it's applicable.

I arbetet som ledde fram till Nobel-priset hittade Feynman bland annat på ett sätt att visuellt presentera partikelinteraktion, de så kallade Feynman-diagrammen. På så vis kunde han förklara interaktionen mellan sub-atomära partiklar utan att behöva använda komplicerad matematik. I figuren (figur 1) nedan finns ett sådant diagram² avbildat.

¹ Enligt kvantfältteorin består en verklig "fysikalisk" partikel, ex. en proton, av en "naken" centralpartikel "påklädd" av ett moln av mycket kortlivade sk. virtuella partiklar: par av partiklar och antipartiklar. Feynmans, Schwingers och Tomonagas fundamentala bidrag var att betrakta detta partikelsystem "lite på avstånd" och därmed inte ta hänsyn till de virtuella partikelparen individuellt. På så sätt fick den verkliga "fysikaliska" partikeln bl.a. en ny laddning och en ny massa.

² Diagrammet är hämtat från <http://www.fotuva.org/online/cancel.htm>



Figur 1: Figuren visar ett Feynman-diagram som användes som poststämpel 1998 i samband med firandet av att det gått 80 år sedan Feynmans födelse. Det illustrerar hur en högenergipartikel (a) avger en ljuspartikel, en foton (b). Fotonen i sin tur skapar en partikel (c) och en antipartikel (d) som existerar en kort stund och sedan återförenas. Genom att låta pilen (d) peka bakåt (mot vänster) så ville Feynman visa att en antipartikel är samma sak som en partikel med negativ energi som rör sig bakåt i tiden.

Uppmärksamhet av typen Nobel-pris och andra vetenskapliga pris, medlemskap i styrelser för vetenskapliga organisationer etc., var något Feynman skarpt ogillade. För honom var "the pleasure of finding things out, the kick in the discovery and the observation that other people use my work" det högsta priset, ett pris som man kan uppnå med hjälp av tvivel, frågor, nyfikenhet och tillräckligt med koncentration, tålamod och tid. "Everything is interesting if you go into it deeply enough". Ett av Feynmans sätt att få tillräckligt med tid för forskning var att helt sonika meddela sin omgivning att han var så oansvarig att han inte kunde ta sig an några byråkratiska uppgifter!

Utvecklare av atombomben och utredare av orsakerna bakom Challenger-explosionen
 Kort efter sin första föreläsning vid Princeton 1942 fick Feynman frågan om han skulle kunna komma med i det sk. Manhattan-projektet under ledning av Oppenheimer. Projektets mål var att producera en atombomb. Andra världskriget pågick och det ryktades att nazi-Tyskland var på god väg att utveckla en atombomb. Nu gällde för USA att hinna före. Feynman var mitt uppe i arbetet med sin doktorsavhandling men lämnade detta för några intensiva år i Los Alamos där USA byggde upp ett helt forskningssamhälle kring projektet att framställa en atombomb. Till Los Alamos samlade man de bästa matematiker, fysiker och kemister som var verksamma i USA under den här tiden. För Feynman var beslutet förenat med moraliska betänkligheter men tanken på de förskräckligheter en atombomb skulle kunna åstadkomma i händerna på nazi-Tyskland fick honom att ge sig hän åt bombteorierna med stor iver. Till en början firade han, precis som alla andra vid Los Alamos, slutförandet av Manhattan-projektet. Men kunskapen om den förödelse bomben förorsakade och insikten att tekniken sannolikt skulle komma att användas på nytt, gjorde honom senare mycket deprimerad. I en intervju som gjordes med honom långt senare, *Richard Feynman Builds a Universe*, där han tittar tillbaka på sitt liv, konstaterar han att det var ett misstag av honom att fortsätta med arbetet trots att det ursprungliga motivet, dvs. hotet från nazi-Tyskland, hade försvunnit: "that's one thing I did learn, that if you have some reason for doing something that's very strong and you start working at it, you must look around every once in a while and find out if the original motives are still right" (s. 232).

I artikeln *Los Alamos from Below* berättar Feynman om tiden i Los Alamos och om hur han utöver sitt arbete med bombteorin visade på de ansvarigas outtalade tendens att inte ta upp intern kritik, framförallt beträffande säkerhet. För Feynman, som hade utvecklat en stor skicklighet i att ta sig in i låsta utrymmen och skåp, var det bland annat

en enkel match att komma åt alla ”hemliga” dokument som rörde atombombsprojektet. Senare avslöjade Feynman hur samma tendens ledde till Challenger-olyckan 1986 där sju besättningsmän omkom på grund av att NASA inte hade lyssnat på ingenjörers och teknikers varningar. Data från tidigare flygningar hade nämligen visat temperaturkänsligheten hos en viss typ av gummitätning, O-ringarna, men dessa hade inte lett till några justeringar i konstruktionen av Challenger.

Feynmans rapport, *Report to the Space Shuttle Challenger Inquiry* som visade hur propaganda beträffande USA:s rymdprogram hade tillåtits gå före säkerhet, var så obekvämt för NASA att myndigheterna tänkte strunta i att ta med den i olycksutredningen. Feynmans rapport degraderades till ett appendix, men fick desto större uppmärksamhet i massmedia i och med att Feynman vid en presskonferens med ett enkelt experiment med isvatten och en O-ring, inför alla tevetittare, kunde demonstrera den sannolika orsaken till explosionen. Feynmans intressanta rapport ingår i sin helhet i boken. Rapporten inleds med att han ställer sig frågan ”What is the cause of management’s fantastic faith in the machinery?” och avslutas med konstaterandet “For a successful technology, reality must take precedence over public relations, for nature cannot be fooled”.

Sådan far, sådan son och om värdet av att tvivla

Gång på gång i bokens texter kommer Feynman tillbaka till sin fars betydelse för hans utveckling till fysiker och vetenskapsman. Det var pappan affärsmannen Melville som lärde honom att det är skillnad mellan ”*knowing the name of something*”, att kunna begrepp, formler och definitioner, och ”*knowing something*”, att kunna om idéer och principer.

You can know the name of a bird in all the languages of the world, but when you’re finished, you’ll know absolutely nothing whatever about the bird... So let’s look at the bird and see what it’s doing – that’s what counts. I learned very early the difference between knowing the name of something and knowing something.

Pappan lärde honom hur viktigt det är att ställa frågor: att fråga sig hur och varför naturen beter sig som den gör, vad saker är gjorda av, hur de fungerar etc. Pappan uppmuntrade helt enkelt Feynman till att först identifiera det han inte visste snarare än det han visste och att sedan börja undersöka. Till exempel berättar Feynman om hur pappan tog honom med ut på vandringar i skog och mark och hur de tillsammans undersökte fåglars och myrors beteende, funderade på hur vattnet kunde komma upp i höga träd osv. Feynman berättar också om hur pappan lärde honom att varje andel av tillväxt i naturen motsvaras av en exakt lika stor andel av sönderfall. Pappan lärde honom att titta på världen ur en ”marsmänniskas” synvinkel: om hur den erfarenhet och föreställning du har inverkar på din uppmärksamhet och på dina iakttagelser och om hur viktigt det är att du är medveten om denna påverkan.

Pappan lärde även Feynman om tankens frihet och friheten att tvivla på det som sagts och skrivits tidigare. ”Learn from science that you must doubt the experts [...] science is the belief in the ignorance of experts [...] the experts who are leading you may be wrong” konstaterar Feynman i ett föredrag kring frågan *What is Science?* som han höll för lärare i naturvetenskaper år 1966. I föredraget diskuterar han sin syn på vad naturvetenskap är (”to find out how nature behaves”) och berättar om vad han lärt sig från sin far.

I artikeln *The Value of Science* återkommer Feynman till sitt budskap, vikten av att tvivla, om än lite mer indirekt än i ovanstående citat. Naturvetenskaplig kunskap gör det möjligt för människan att göra allt möjligt, därför har kunskapen enligt Feynman ett värde i sig bortsett från hur den används. Men även om kunskapen har ett värde i sig är det människan som avgör vad som är rätt eller fel och det är här som tvivlet kommer in. "It is our capacity to doubt that will determine the future of civilization", säger Feynman. Feynmans grundsyn verkar vara att tvivlet självt är det enda människan inte behöver tvivla på att existerar, samma tanke som Descartes uttryckte i sitt berömda konstaterande: Cogito, ergo sum, jag tänker alltså existerar jag.

I sina experiment hade Feynman ofta sig själv och sina studiekamrater som studieobjekt, till exempel då han i artikeln *It's as Simple as One, Two, Three* berättar om hur han sökte svar på frågan vad det är som bestämmer hjärnans tidsuppfattning och vad man kan göra för att påverka den. Påverkas den till exempel av hjärtfrekvensen eller vad vi håller på med? Skälet till att Feynman ställde sig den frågan var just att han tvivlade på en rapport. I rapporten sades att det som kontrollerar tidsuppfattningen i hjärnan är en kemisk reaktion med järn. Men Feynman undrade: "How the hell could he figure that?", och satte igång med egna experiment.

Mycket skrivet om och av Feynman

En google-sökning på "Richard P. Feynman" gav cirka 65.000 träffar. Till exempel www.feynman.com ger en bra översikt över Feynmans liv och arbete. Vid California Institute of Technology (Caltech), där Feynman var professor i fysik 1951-1988, finns ett omfattande arkiv där man samlat det mesta Feynmans producerade under sitt liv. Feynman-arkivet kan nås genom sökning i "Caltech Archives".

Feynmans numera klassiska tal *There is plenty of Room at the Bottom*, som han höll vid ett möte med American Physical Society i december 1959 och där han förebådade nanoteknologins möjligheter, kan hämtas på adressen <http://www.zyvex.com/nanotech/feynman.html>.

Talet ingår också i boken *The Pleasure of Finding Things Out*.

Litteratur

Feynman, R. P. (1999). *The Pleasure of Finding Things Out*. Cambridge: Perseus Publishing.

Feynman, R. P. (1985). "Surely you are Joking. Mr. Feynman" *Adventures of a Curious Character*. London: Norton. och

Även boken

Feynman, R. P. (1988). "What do You Care What Other People Think?" *Further Adventures of a Curious Character*. London: Norton,

kan rekommenderas åt den som vill stifta närmare bekantskap med Richard Feynmans intressanta personlighet. Goda lässtunder!

Ann-Sofi Røj-Lindberg