Torsten Wilner

KLANGFIGURER OCH ATOMFYSIK

Under år 1956 har Laborator Torsten Wilner på Tekniska Museet utfört experiment med klangfigurer enligt en ny metod.

Inom fysiken finnas många äldre experiment, väl värda att kallas klassiska men numera tämligen bortglömda. Många av dessa äga inte enbart historiskt intresse. Ofta visa de på ett instruktivt sätt grundläggande naturföreteelser som med tiden fått förnyad aktualitet. Till detta slags försök kunna *Chladnis klangfigurer* räknas. I något vidareutvecklad form ha dessa försök tagits upp bland demonstrationsförsöken på Tekniska Museet. Benämningen härrör från den tyske fysikern Ernst Chladni (1756—1827), vilken bland annat utförde grundläggande arbeten inom akustik och ljudfysiologi samt konstruerade musikinstrument.

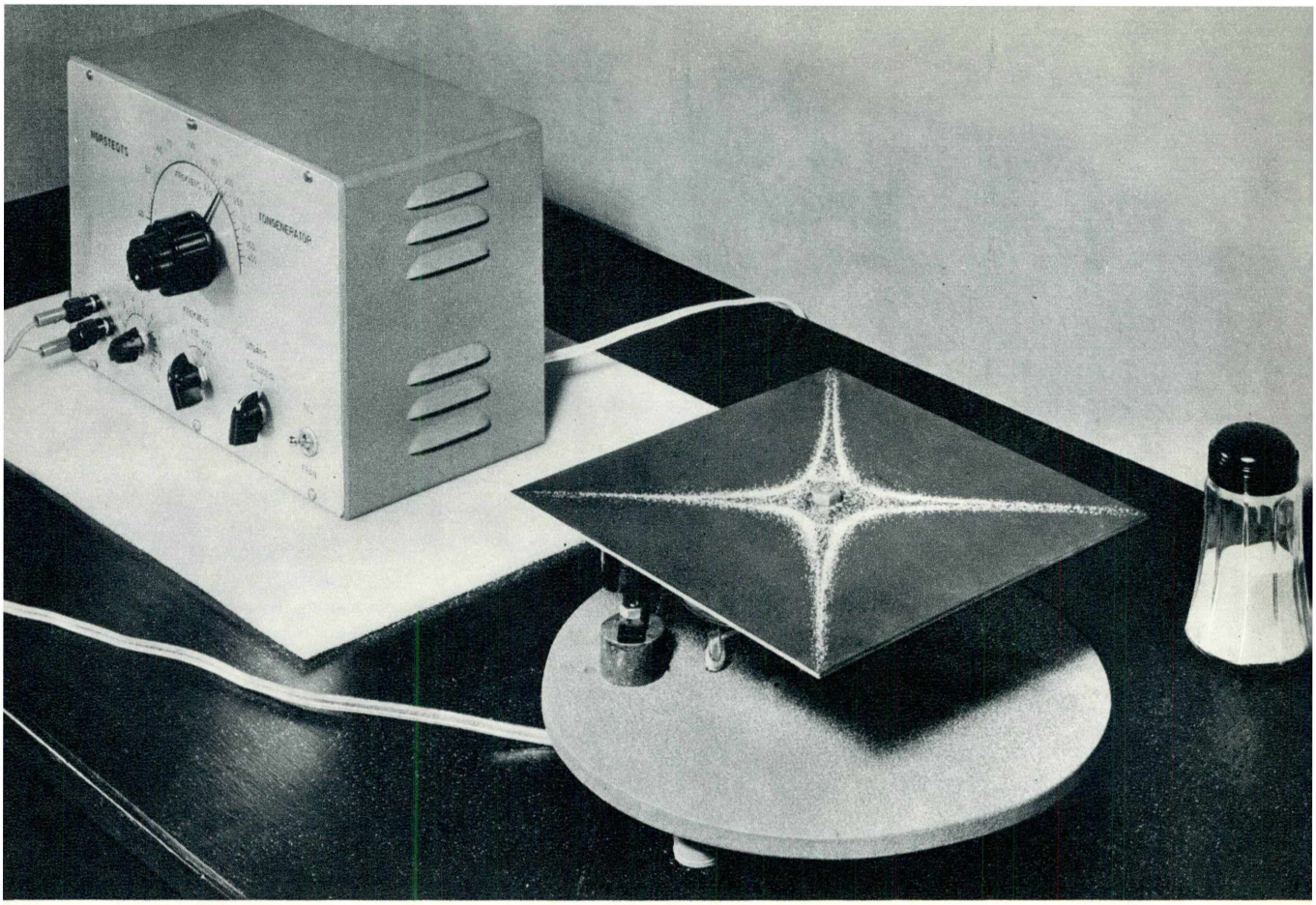
En elastisk skiva, fastspänd i mitten, kan bringas att svänga på olika sätt och med olika frekvens. Skivan förhåller sig ungefär som en ljudande klocka. Svängningarna kunna åstadkommas genom slag eller därigenom att skivans kant anstrykes på olika ställen med en fiolstråke med olika tryck och hastighet.

Vid demonstrationerna på Tekniska Museet användas stålskivor som kunna hållas i kontinuerlig svängning med hjälp av en växelströmsmagnet, matad med ström från en tonfrekvensgenerator. Skivan bäres av en järnstång, fastsatt på en tung järnplatta. Växelströmsmagneten är kombinerad med en permanentmagnet, som ger ett visst grundläggande magnetfält, och den kan fastskruvas på olika ställen på bottenplattan. Mellan övre magnetpolen och stålskivan finns ett litet luftgap. Frekvensen kan varieras från omkring 40 svängningar per sekund och upp till över örats hörbarhetsgräns.

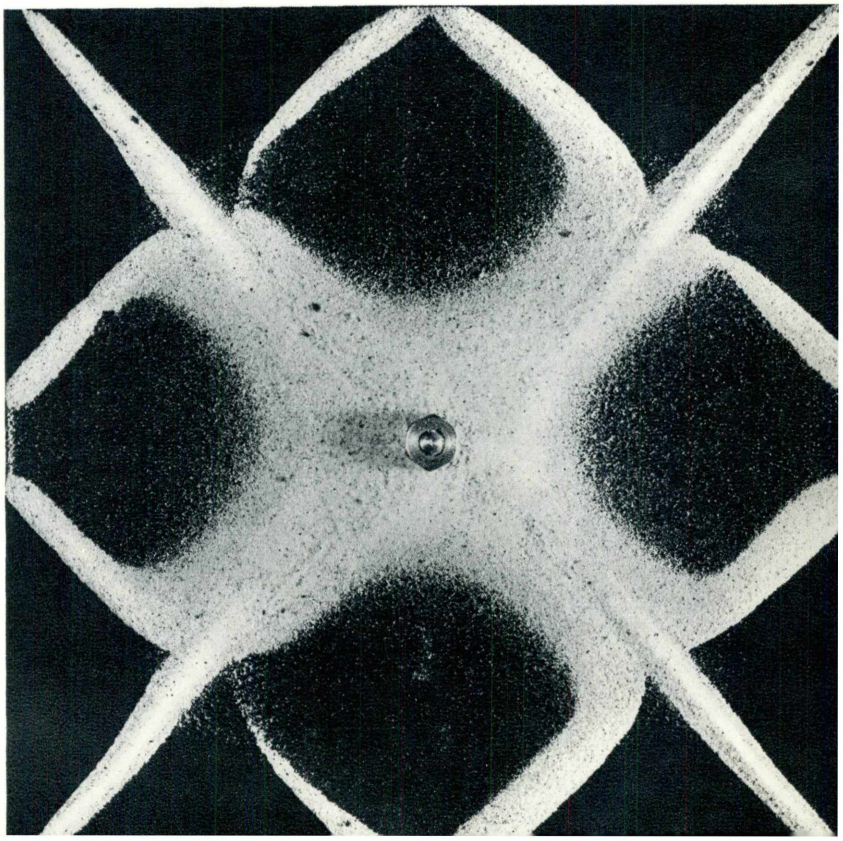
Stående vågor.

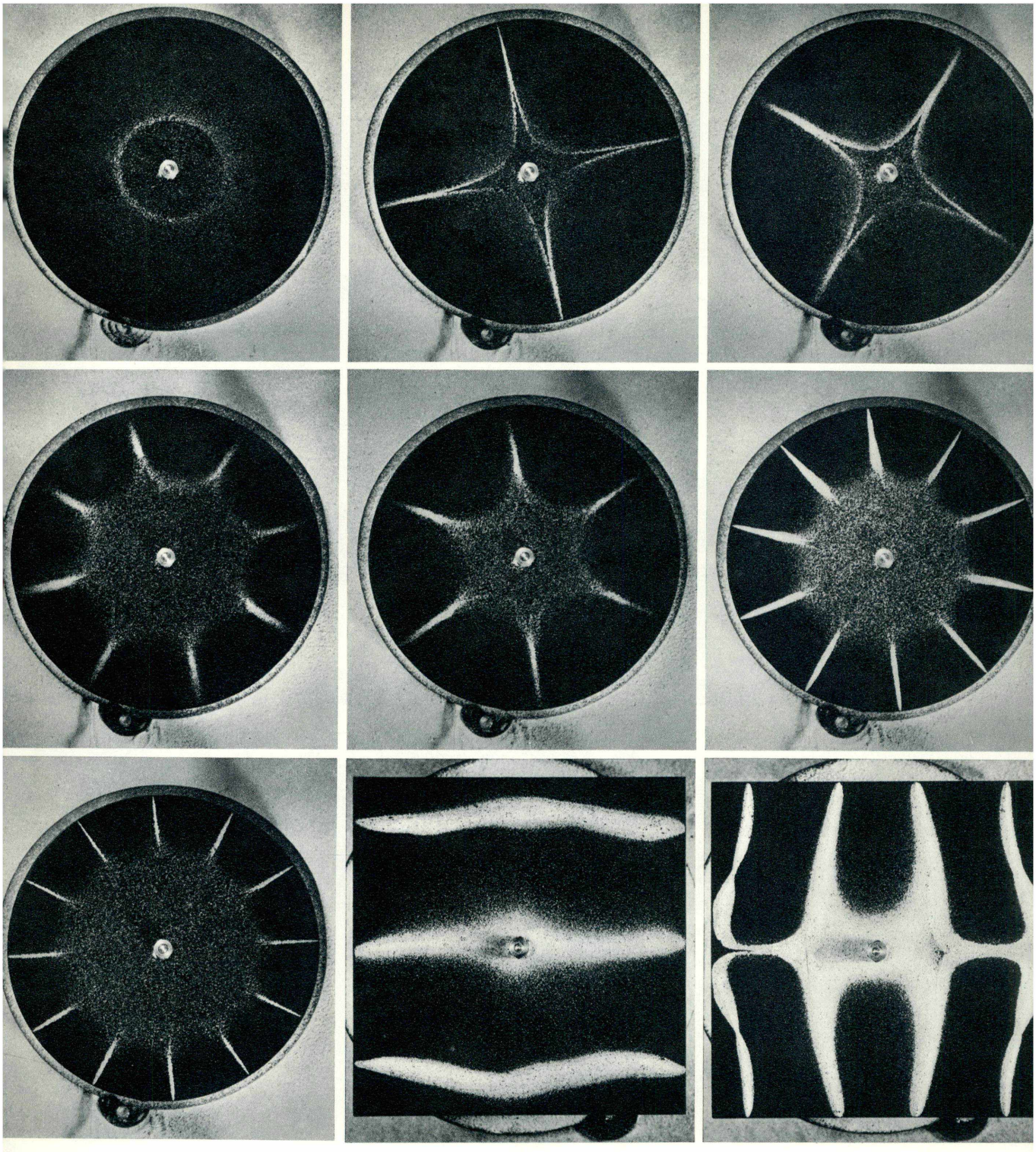
Svängningarna fortlöpa i skivmaterialet såsom vågor. När dessa reflekteras mot skivans kanter, kunna de mötande vågsystemen ge upphov till *stående vågor.* Ett villkor för att stabila sådana skola bildas är att våglängden — och därmed frekvensen — står i vissa bestämda förhållanden till skivans dimensioner. Skivan ger då *resonans,* och den kan svänga i *grundton* eller olika *övertoner.*

De stående vågtillstånden kännetecknas av olika utmed skivytan löpande *nodlinjer,* där ytan befinner sig i vila. Inom områdena mellan nodlinjerna svänger skivan uppåt eller nedåt och alltid på sådant sätt, att partierna på ömse sidor om en nodlinje röra sig åt motsatt håll. Strös nu något pulver på skivan, exempelvis fin sand, kastas detta undan från de vibrerande delarna av skivan, och materialet samlas utmed de stillastående nodlinjerna. Dessa framträda därvid i



Experiment med klangfigurer. En i mitten fastspänd stålskiva bringas i vibration med hjälp av växelström från en tonfrekvensgenerator. Vid vissa bestämda frekvensvärden uppkommer resonans. På skivan utströdd sand bildar då karakteristiska klangfigurer. Skivorna av 1,92 mm bandstål (kolhalt 0,10 %). Diameter, resp. sida 220 mm.
Tonfrekvensgenerator från AB P. A. Norstedt & Söner, Skolmaterielavdelningen. Bandstålsmaterial från Sandvikens Jernverks AB. — Foto Olle Ekberg och Torsten Wilner.





Uppifrån vänster räknat ha klangfigurerna uppstått vid följande frekvensvärden: 160, 220, 224, 428, 488, 1 300, 1 840, 636, 1 280 perioder per sekund.

form av de mönster, som fått namnet klangfigurer. Användning av tonfrekvensgenerator som drivkälla gör det möjligt att systematiskt genomsöka ett stort frekvensområde och uppspåra olika typer av resonans. Medelst en särskild projektionsanordning, »Distavision», kan försöket visas för ett större auditorium.

Energitillstånd.

Genom det av magnetspolen alstrade växelfältet matas energi in i skivan i form av mekaniska svängningar. Skivan kan emellertid inte taga upp och på stabilt sätt magasinera energi på annat sätt än i form av stående vågor med vissa bestämda frekvensvärden. Skivan antager på detta sätt karakteristiska *energitillstånd,* och övergång från ett sådant till ett annat innebär en diskontinuitet i energihänseende. Den energirika svängande skivan kan med ett från atomfysiken lånat uttryck sägas vara i *exciterat* tillstånd. Under svängningen växlar energien ständigt mellan rörelseenergi och elastisk spänningsenergi i materialet, men summan av energien i dessa båda former förblir konstant så länge det ifrågavarande energitillståndet består.

Bilderna visa några olika svängningstillstånd hos en rund och en kvadratisk skiva. Figurerna äro i allmänhet symmetriska, men i några fall visa sig oregelbundenheter, troligen beroende på elastiska inhomogeniteter hos skivan. Ibland uppträda likartade stabila svängningstillstånd med mycket liten frekvensskillnad. Klangfigurerna äro i dessa fall något vridna i förhållande till varandra, och de ligga inte symmetriskt i förhållande till drivmagneten. Detta kan bero på elastiska olikheter i längd- och tvärriktningen hos det valsade materialet.

Den svängande skivan kan tjäna som illustration vid beskrivning av några viktiga egenskaper hos atomerna.

Atomens energitillstånd.

En atom kan upptaga energi genom partikelstöt eller genom absorption av elektromagnetisk strålning, exempelvis ljus. Atomen kan dock därvid endast antaga vissa bestämda energitillstånd, mellan vilka övergången alltid sker språngvis. Vid övergång från ett högre energitillstånd till ett lägre utsändes energi i form av elektromagnetisk strålning. Det finns ett fundamentalt samband mellan energi och frekvens hos denna strålning, och detta har befunnits gälla inom ett mycket vidsträckt område — från värmestrålning, över synligt ljus, ultraviolett ljus, röntgenstrålar och ned till den extremt kortvågiga och energirika gammastrålning som utsändes vid energiövergång hos atomkärnan. Genom spektrografisk bestämning av frekvens (spektrallinjer) eller energi hos den utsända strålningen kan atomens olika energitillstånd kartläggas. Liksom de svängande skivorna kan även

atomen antaga mycket närliggande energitillstånd. Vid övergång från sådana tillstånd till något annat, lägre, tillstånd utsändes strålning med mycket liten frekvensskillnad. Detta synes vid spektroskopisk undersökning såsom nära intill varandra liggande spektrallinjer.

Materievågor.

De förhållanden som nu berörts ha lett fram till den *vågmekaniska* bilden av atomen, vilken i hög grad skiljer sig från Bohrs atommodell i dess ursprungliga form med elektroner kretsande kring atomkärnan likt planeterna kring solen. Atomen förlorar åtskilligt av sin materiella karaktär. Samtidigt som många av den äldre modellens drag kvarstå, framträder atomen såsom ett system av ytterst högfrekventa stående *materievågor*. I den centrala delen är energikoncentrationen enorm. Den strålning som utsändes vid övergång från ett högre energitillstånd till ett lägre kan betraktas såsom ett slags »svävning» mellan de båda tillståndens svängningar.

I motsats till de mekaniska svängningarna hos de ovan nämnda stålskivorna, där vågorna följa en yta, äro atomernas materievågor rymdföreteelser med utbredning i alla riktningar. Nodlinjerna hos skivorna motsvaras hos atomerna av *nodytor*. Svängnings- och energitillstånden kunna matematiskt behandlas (Schrödingers vågekvation). De enklaste energitillstånden hos väteatomen och därtill hörande vågsystem kunna i viss mån åskådliggöras genom rymdmodeller, visande nodytornas utbredning, men hos de mera sammansatta atomerna äro förhållandena oerhört komplicerade. Man måste utöver de tre för oss fattbara geometriska dimensionerna räkna med ytterligare så många andra matematiska dimensioner som ämnets behandling kräver!

Atomenergi.

Det är inte möjligt att med bilder, grundade på våra vanliga sinnesintryck av omvärlden, ge någon fullständig och konkret föreställning om atomen. Matematiken hjälper oss att ge en beskrivning, som kan leda den alltmera raffinerade experimentella atomfysiken fram emot nya rön.

De vågmekaniska betraktelserna understryka mycket kraftigt den föreställningen att energi och materia ytterst äro en och samma sak. Den utvinning av energi ur atomkärnan, som numera tekniskt genomföres i stor skala, kan ses som ett praktiskt bevis för att så verkligen är förhållandet. Vid atomkärnprocesser åtföljes energiutveckling alltid av ett materiesvinn. Det av Albert Einstein teoretiskt förutsedda sambandet mellan materia och energi har därigenom bekräftats och vår kunskap om naturföreteelserna väsentligen berikats.