

Bakgrund till berättelser om energi

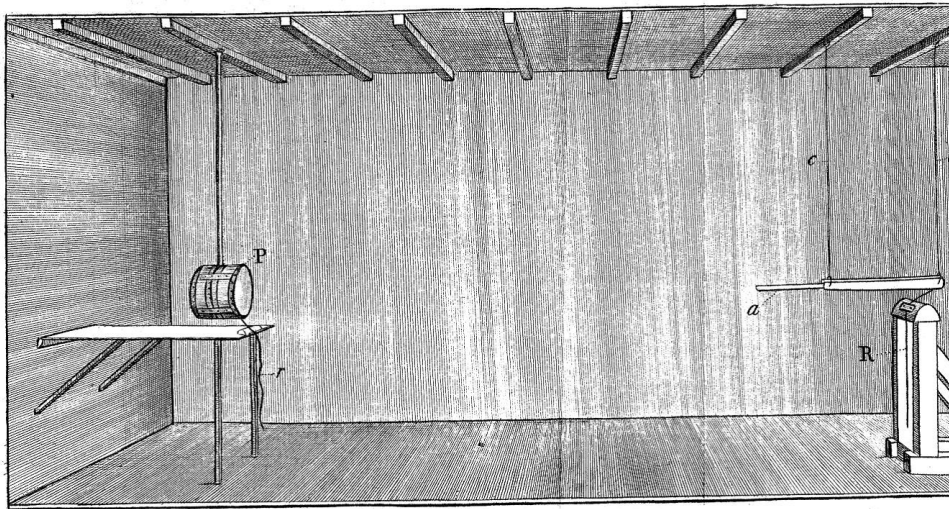
Från utbildningssynpunkt tycks det finnas fyra aspekter som är relevanta när man undervisar om energi i årskurs 4 till 6: Energi som begrepp, energibesparing, förnyelsebar energi och energieffektivitet. Denna historiska bakgrund ska ligga till grund för berättelser som kan användas var för sig eller i kombination med varandra. Med hjälp av berättelserna kan lärare arbeta med dessa aspekter i sin undervisning.

Vetenskapshistorikern och filosofen Thomas Kuhn menade att upp till tolv forskare kan anses ha varit delaktiga i att etablera principen om energibesparing (Kuhn 1959). En av dem, James Prescott Joule, kan betraktas som en central figur i denna bakgrundshistoria. Det beror på att det var Joule som upptäckte den mekaniska värmeekvivalenten – det är i alla fall vad man brukar säga. Undersöker man saken närmare blir det emellertid uppenbart att det inte bara var Joule som gjorde denna upptäckt känd, utan även William Thomson som längre fram adlades till Lord Kelvin.

Greve von Rumford och hans forskning om värme

Rumfords forskning om värme inbegriper ett stort antal undersökningar, och han ägnade sig åt det här ämnet under cirka 25 år. Hans första undersökning på detta tema hade kopplingar till hans militära bakgrund: Han undersökte kvaliteten på krut (Thompson 1781). Det gjorde han genom att hänga upp såväl kanonen som en ballistisk pendel, och svängningens amplitud efter att krutet hade antänts och kanonen avfyrats fungerade som en indikation på dess kvalitet.

Fig. 12.



Figur 1: Rumfords experiment med kvaliteten på krut. (Thompson 1781)

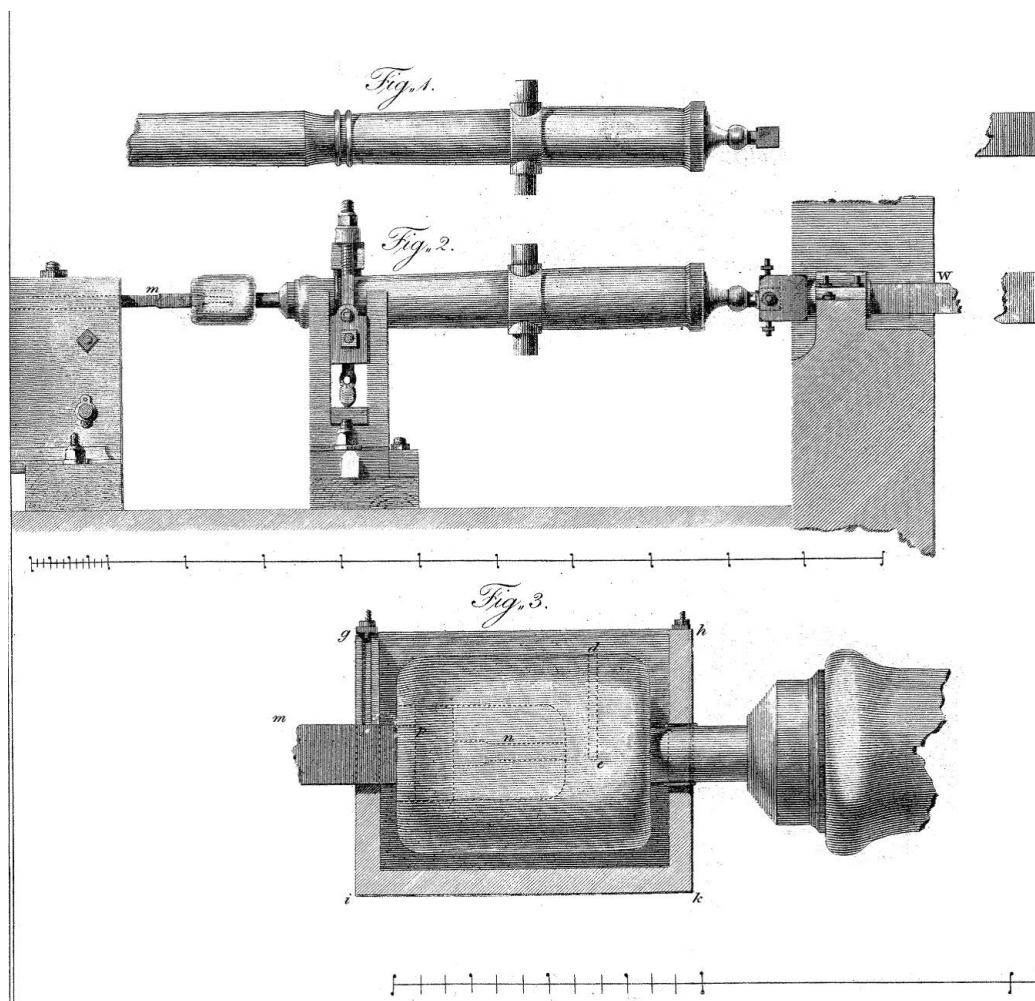
Joule själv startade emellertid inte från ingenting, utan hänvisade särskilt till Benjamin Thompson, greve von Rumford, som forskade om värme i slutet av 1700-talet och början av 1800-talet. I själva verket var dessa forskare mer praktiskt inriktade än Joule. Det första betydelsefulla försöket att framställa förnyelsebar energi ser vi hos den franske läraren Augustin Mouchot, som på 1870-talet bedrev viktig forskning om hur solenergi kan användas för att driva industrimaskiner.

Denna inledande forskning är visserligen inte så viktig när det gäller energifrågan, men det finns faktiskt en detalj som är det. Rumford observerade att kanonen värmdes upp mest när han inte sköt en kula, utan i stället fick krutet att explodera i eldröret. När han befann sig i München – där han ansvarade för vapentillverkningen i egenskap av krigsminister – gjorde Rumford ytterligare en observation som utmynnade i ett experiment. I samband med borrningen värmdes metallen i kanonerna upp. Rumford använde ett trubbigt borrstål för att öka värmeproduktionen. På så sätt kunde det vatten (en massa som

uppgick till 26,58 skålpund) som egentligen skulle användas för nerkyllning hettas upp till kokpunkten (Thompson 1798).

Samtidigt visade Rumford att värmekapaciteten hos de metallspån som producerades under borrhingsprocessen inte förändrades. Av sina experiment drog Rumford slutsatsen att värme kan produceras i obegränsad mängd genom mekaniskt arbete – eftersom detta inte låg i linje med den etablerade synen på hur ämnen produceras måste han dessutom dra slutsatsen att värme inte är ett ämne utan de minsta partiklarnas rörelse i materia.

ars beståndsdelar” (Lavoisier 1790, s. 175). Ämnet kalorik ansågs vara viktlöst och det betraktades därför som en av de obestämbara faktorerna. Andra sådana obestämbara faktorer var ämnet ljus (som Lavoisier kallade för lumic) och ett par elektriska och magnetiska vätskor. Kalorik ansågs kunna förklara de fenomen som hade med värme att göra. Genom vissa av sina utmärkande drag påminde kaloriken en hel del om det äldre ämne som hade fått namnet flogiston, trots att det fanns viktiga skillnader mellan Lavoisiers system och det som hade byggts upp av Becher och Stahl. Detta spelade också en viktig roll när



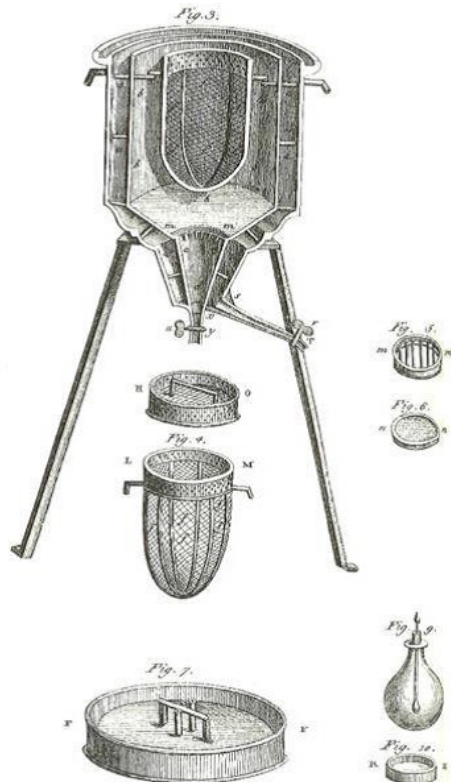
Figur 2 Rumfords kanonborrningsexperiment (Thompson 1798)

På grund av detta hamnade han i konflikt med den senast godtagna doktrinen om värme. År 1789 hade den franske kemisten Antoine Laurent de Lavoisier gett ut sin välkända bok *Traité Élémentaire de Chimie* (Lavoisier 1789). I denna monografi, liksom i ett stort antal forskningsrapporter, använde Lavoisier begreppet ”kalorik”. För Lavoisier var kalorik ett av de ”enkla ämnen som återfinns i naturens samtliga riken, som är att betrakta som kropp-

man namngav det första instrumentet som kunde användas för att mäta mängden värme (Roberts 1991, se även Beretta 2005), nämligen iskalorimetern.

När det gäller Rumfords arbete med energibesparing ligger betydelsen av Lavoisiers arbete inte i det faktum att hans system kan betraktas som den vedertagna teorin – och Rumfords arbete förändrade faktiskt inte detta

intryck i någon högre grad; det förhåller sig snarare precis tvärtom. Under 1800-talets första kvartal ansågs värme vara ett ämne och det identifierades av de allra flesta forskare med Lavoisiers kalorik. Den betydelse det fick för Rumford ligger i antagandet om elementens oförstörbarhet. Eftersom kalorik var ett av Lavoisiers element (trots att det var obestämbart behandlades det i hans system som ett element av samma slag som syre eller järn) var

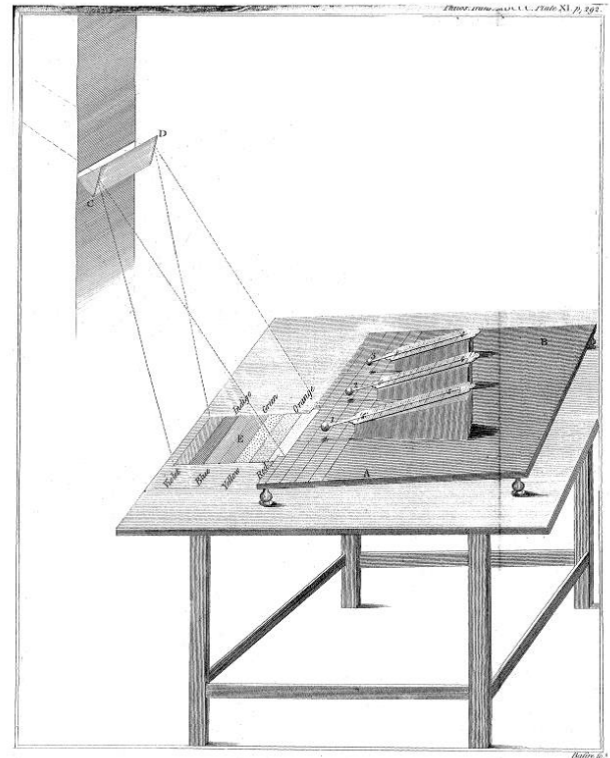


Figur 3: Iskalorimeter av Lavoisier och Laplace (Lavoisier 1789), <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/35/Ice-calorimeter.jpg>.

det uppenbart att detta ämne varken kunde förstöras eller skapas. Därför infördes idén om besparing i värmeteorin.

Rumfords kanonborrningsexperiment har en direkt koppling till etableringen av värmeteorin, men även två av hans andra forskningsprojekt tycks vara relevanta i det här sammanhanget. I det första projektet analyserade han strålningsvärme. Detta hade blivit ett ämne inom naturfilosofin (äldre benämning på fysiken, övers. anm.) i början av 1800-talet, när William Herschel (som utöver denna insats är mest känd för upptäckten av Uranus) efter en rad mätningar kom fram till att solens strålning inte enbart bestod av ljus, utan även innehöll strålningsvärme som var som mest intensiv bortom den röda delen av spektrumet¹. Detta ”nya ljus” kom att undersökas av

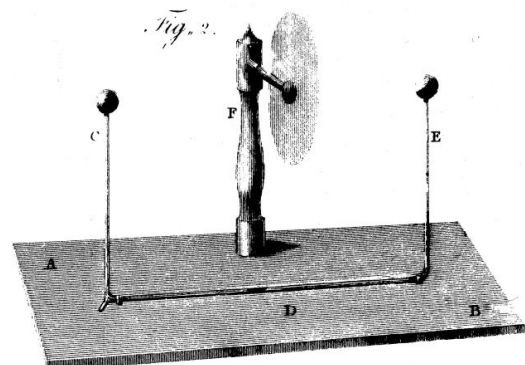
åtskilliga forskare, framför allt John Leslie som år 1804 gav ut en monografi där denna fråga behandlades. Rumfords andra forskningsprojekt utgjordes av en undersökning som publicerades år 1804, där han analyserade olika materials förmåga att avge strålningsvärme². Denna utredning kan förvisso betraktas som grundforskning, men innehåller även tillämpningsaspekter: Den kunde an-



Figur 4: Herschels experiment som ledde fram till upptäckten av strålningsvärme, Herschel 1800.

vändas för att förbättra spisens effektivitet, en fråga som hade varit central för Rumford under flera årtionden.

Rumford utvecklade ett instrument som han kallade för termoskop. Detta instrument består av ett U-format kapillärrör av glas. I rörets båda ändar sitter ihåliga kulor som är svärtade och tillverkade av mycket tunt glas. Eftersom glaskulorna är svärtade absorberar de



Figur 5: Rumfords termoskop, Thompson 1804.

strålningsvärme, och eftersom glaset är så tunt överförs den värme som absorberas till luften inuti kulan. När temperaturökningen får röret att tillslutas ökar även trycket, vilket betyder att trycket på varje sida är kopplat till den absorberade strålningsvärmens.

I mitten av glasrörets horisontella del placeras en droppe alkohol. När trycket i de båda armarna är olika rör sig droppen mot sidan med lägst tryck. Följaktligen komprimeras gasen vid lägre tryck medan högre tryck får den att expandera ända till trycket är lika på bägge sidor. Mellan

Figur 6: Rumfords värmeelement, Thompson 1804.

de två kulorna placeras en kopparskiva, vilken gör så att den värme som avges från en källa som befinner sig i en geometrisk linje med de två kulorna endast kan påverka den ena av dem.

Termoskopet placeras på en träram. På bägge sidor kan värmekällor (metallburkar fyllda med varmt vatten) placeras, och man kan sedan ändra deras avstånd till termoskopet. I början av varje experiment placeras båda värmekällorna på samma avstånd. På grund av absorptionen av strålningsvärme, och det olikartade tryck som

blir resultatet, börjar alkoholdroppen att röra sig. Den som utför experimentet ökar avståndet mellan den starkare värmekällan och termoskopet tills alkoholdroppen befinner sig i sitt ursprungliga jämviktsläge. Genom att jämföra de två källornas avstånd till termoskopet får man en indikation på deras utsändning av värme – Rumford tog för givet att den värme som utsändes från värmekällorna avtar omvänt proportionerligt mot avståndet i kvadrat. Denna relation hade redan påvisats av den schweiziske matematikern Johann Heinrich Lambert som hade konstaterat att ljusets intensitet minskar med avståndet, en upptäckt som Rumford redan var bekant med genom sitt arbete inom fotometri. Lamberts relation tycktes vara sannolik även när det gällde strålningsvärme – dels på grund av de likheter som finns mellan strålning och ljus, dels eftersom isotropisk strålning avtar omvänt proportionerligt mot avståndet i kvadrat.

Men frågan om att förbättra effektiviteten begränsade sig inte till hans arbete med strålningsvärme och spisar. Det finns en annan del av hans forskning som kan betraktas som betydelsefull i det här sammanhanget, nämligen hans analys av olika materials isolerande egenskaper. Också denna analys gjordes under Rumfords tid som krigsminister i München, och var i en vidare bemärkelse kopplad till det militära. Syftet var att hitta ett sätt att avgöra vilket som var det mest lämpliga materialet för de bayerska soldaternas uniformer. Man ville ha en typ av uniform som fungerade lika bra på vintern som på sommaren. Liksom i det experiment där han hade analyserat strålningsvärme använde Rumford metallburkar som värmekällor. Burkarna kläddes med olika tyger och fylldes med varmt vatten, och Rumford observerade sedan i vilken grad vattnets temperatur sjönk. På så sätt kunde han avgöra vilket som var det mest effektiva sättet att isolera människokroppen.

Sammanfattningsvis kan man säga att Rumfords arbete så här i efterhand kan betraktas som startskottet för diverse olika framsteg inom energiforskningen – han genomförde experiment som var kopplade till formuleringen av principen om energibesparing, liksom till det område som i dag kan kallas för ”energieffektivitet”, särskilt i fråga om olika material.

Formuleringen av principen om energibesparing

Joule inledde sin forskningsbana med att analysera elektriska motorer³. Detta var direkt kopplat till hans arbete i det bryggeri som hans far ägde. Där använde man ångmaskiner, men efter elmotorns utveckling ansågs denna nya uppfinning ha långt större potential. Joules mål tycks därför ha varit att konstruera en ekonomisk elektromagnetisk motor. Denna slutsats kan dras av följande passage: ”Jag hyser inga tvivel om att elektromagnetism i slutändan kommer att ersätta ånga i driften av maskiner. [...] det ekonomiska (när det gäller maskiner) står i direkt relation till mängden elektricitet, och kostnaderna för att driva maskinen kan reduceras i det oändliga” (Joule 1884, s. 14). Det är inte bara i Joules texter vi hittar den här idén om en ”ekonomisk perpetuum mobile [evighetsmaskin]” – det fanns många forskare vid den här tiden som var av samma uppfattning⁴. Slutligen kom Joule (liksom andra forskare) emellertid fram till att zinken som reagerar i det galvaniska elementet var dyrare än bränslet till en ångmaskin som ska utföra samma arbete som elmotorn.

Under de följande åren ägnade sig Joule åt att forska om värmeproduktion, antingen genom galvanisk elektricitet, i batterier eller vid kemisk förbränning; dessa undersökningar var kvantitativa. Efter att denna forskning hade avslutats tog Joule sig an ett nytt ämne. År 1843, inför det vetenskapliga sällskapet British Association for the Advancement of Science, presenterade Joule en uppsats⁵ som blev början till hans senare berömmelse. Han beskrev det nya ämnet för sina undersökningar genom följande tillkännagivande: ”Efter att ha bevisat att värme genereras av den magnetoelektriska maskinen, och att vi med hjälp av magnetisk induktion kan minska eller öka värmen efter behag som ett resultat av kemiska förändringar, blev det högst intressant att fråga huruvida det existerade ett konstant förhållande mellan den [värmen] och den mekaniska kraft som erhöles eller förlorades” (Joule 1884, s. 149). Joule gjorde nya experiment för att bevisa att det fanns en mekanisk värmeekvivalent och för att fastställa dess numeriska värde. Från den första omgången experiment fastställde han koefficienten till 838 ft lb/Btu, och i en andra omgång som publicerades i samma artikel angav han 770 ft lb/Btu.

Genom att studera de resultat som Joule publicerade får

vi viss inblick i hans teoretiska bakgrund. De ekvivalenter han beräknade med hjälp av resultaten från sin uppsats (angivna i ft lb/Btu) var följande: 896; 1001; 1040; 910; 1026; 587; 742 (medelvärde av fem experiment); 860 (medelvärde av två experiment); 770. De två fetstilsmarkerade siffrorna kommer från experiment ”utförda på exakt samma sätt” (Joule 1884, s. 153). Dessa uppgifter kan knappast betraktas som bevis för att det finns någon ekvivalent, och med andra ord måste Joule ha trott på existensen av en mekanisk värmeekvivalent för att kunna formulera detta resultat utifrån sina uppgifter. Uppgifterna skulle också kunna tolkas som en indikation på att den mängd värme som alstras genom samma mekaniska arbete kan skilja sig åt betydligt beroende på någon okänd eller åtminstone oklar parameter. Joule kom dock fram till att det finns en mekanisk värmeekvivalent, och att avvikelserna i materialet hade orsakats av tolkningsmässiga begränsningar i hans experiment: ”Jag tillstår att det finns en betydande avvikelse mellan vissa av resultaten, men den är enligt min uppfattning inte större än att den kan hänföras till fel i samband med experimenten” (Joule 1884, s. 156).

Trots att Joule var medveten om avvikelserna mellan sina resultat ansåg han sig ha bevisat att det fanns en mekanisk värmeekvivalent. Man kan därför misstänka att det inte var på grund av sina experiment som han trodde att en sådan ekvivalent existerade, utan av andra orsaker. Mot slutet av hans forskning om detta ämne gav Joule själv en fingervisning om dessa orsaker genom kommentaren att han var ”övertygad om att naturens stora krafter, genom Guds vilja, är oförstörbara; och oavsett vilken mekanisk kraft som förbrukas uppnås alltid en exakt värmeekvivalent” (Joule 1884, s. 158). Detta yttrande ger en bild av Joules teoretiska bakgrund när han försökte fastställa den mekaniska värmeekvivalenten. Det var inte förenligt med Joules naturuppfattning att någonting kunde förstöras eller skapas och han hade formulerat besparingstanken på ett sätt som gjorde det omöjligt att acceptera några avsteg från denna princip. Men det tycktes finnas flera undantag, exempelvis genereringen av värme från den magnetoelektriska maskinen. Därför blev det nödvändigt för Joule att utveckla en ny idé, nämligen den om ekvivalent transformation av vad han kallade för naturens stora

krafter. Denna idé, den ekvivalenta konvertibiliteten, är det stora begreppsmässiga kliv som krävdes för att gå från principen om värmebesparing (som kalorik) i Lavoisiers bemärkelse till principen om energibesparing.

Den uppsats som Joule presenterade år 1843 tilldrog sig ingen större uppmärksamhet inom vetenskapssamfundet. Under de följande åren presenterade Joule flera uppsatser där han beskrev olika experiment han gjorde för att med större precision fastställa värdet på den mekaniska värme-ekvivalenten. Två av dessa uppsatser är värda att uppmärksamma av helt andra orsaker. Den ena publicerades i tidskriften *Philosophical Transactions* år 1850, under titeln ”On the Mechanical Equivalent of Heat”. I denna uppsats gav Joule en detaljerad beskrivning av sina välkända experiment med skovelhjulet. Här finns inte bara resultaten av Joules experiment och beräkningen av den mekaniska ekvivalenten, utan också en detaljerad beskrivning av hur experimenten hade genomförts. Dessutom beskrev Joule sina experiment med friktionen hos kvicksilver och gjutjärn. På ett sätt kan publiceringen av denna

som väckte stort intresse för uppsatsen” (Cardwell 1989, s. 83). Denne unge man var William Thomson, senare Lord Kelvin. Han var en av de första verkligt inflytelserika vetenskapsmännen, och han var den förste som intresserade sig för Joules resultat. Trots att han inledningsvis inte höll med om Joules idéer lät han sig senare övertygas. Han ställde sig inte bara bakom Joules teori, utan inledde dessutom ett framgångsrikt samarbete med honom.

Att Thomson var skeptisk till de slutsatser som Joule hade dragit av sina experiment berodde på att han delvis hade fått sin utbildning i Frankrike, där han hade bekantat sig närmare med Victor Regnaults och Sadi Carnots vetenskapliga arbeten. Den sistnämnde hade visat att en ångmaskins arbete utnyttjar skillnaden i temperatur. Det arbete den alstrar är därmed inte ekvivalent med en specifik mängd värme, utan i stället beroende av skillnader i temperatur. Det var först när begreppet energi och energiförlust (och i detta avseende entropi) hade utvecklats som Joules och Carnots upptäckter inte längre stod i motsättning till varandra. I viss mån var det denna motsättning,

Figur 7: Joules skovelhjulsapparat, Joule 1872.

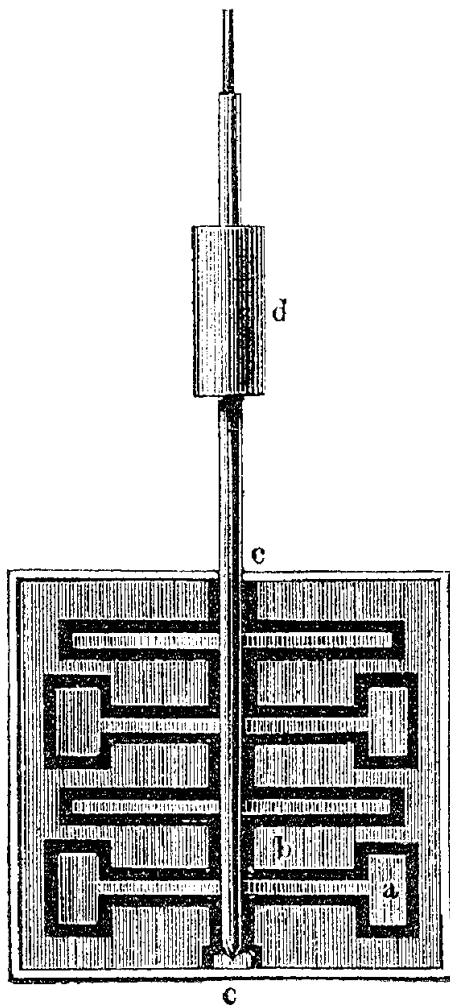
uppsats i den prestigefulla tidskriften *Philosophical Transactions* betraktas som ett tecken på att Joules arbete hade vunnit acceptans i det brittiska vetenskapssamfundet.

Den andra viktiga uppsatsen presenterade Joule vid Royal Societys årsmöte. Hans levnadstecknare D. Cardwell påpekar följande: ”Joule menade att hans uppsats skulle ha gått alla obemärkt förbi om inte en ung man längst bak i salen hade rest sig upp och ställt skarpsinniga frågor

tillsammans med den växande acceptansen för energi-begreppet, som ledde till att detta begrepp utvecklades. Det var först under deras samarbete som Thomson blev övertygad om att Joules resultat var korrekta och betydelsefulla, och efter det ställde han sig bakom Joule.

Det här var viktigt för att Joules arbete skulle accepteras i det brittiska vetenskapssamfundet. Att man

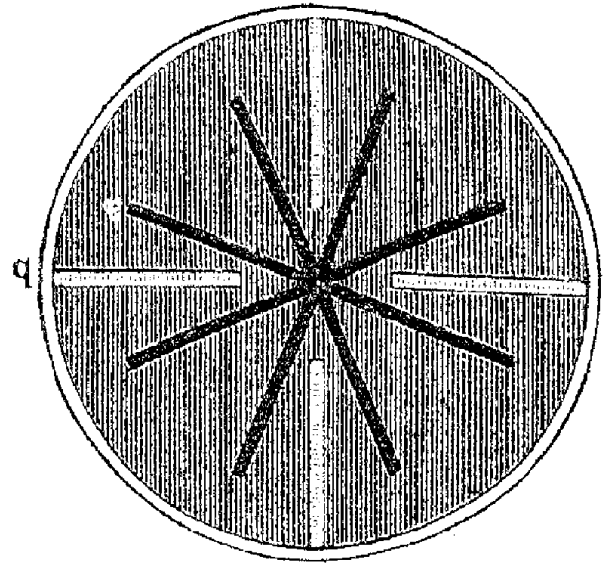
från början ignorerande hans upptäckter kan delvis förklaras av det faktum att Joule var en bryggare från Manchester. Trots att detta skulle visa sig få en avgörande betydelse för Joule när det gällde tillgången till viktiga resurser i samband med experimenten (vilket vi återkommer till), skapade det också en svårighet. Och trots att begreppsmässiga svårigheter spelade en viktig roll var även Joules ställning betydelsefull. Han var inte en utbildad vetenskapsman, utan snarare en "vetenskapens gentleman" utan akademisk meritlista eller position. Detta hade varit det normala under 1700-talet och i början av 1800-talet, men vid 1800-talets mitt hade situationen



Figur 8: Joules skovelhjul, vertikalsnitt, Joule 1872.

förändrats. Vetenskapen blev alltmer professionaliserad i Storbritannien, och en del av denna professionaliseringsprocess ledde till att det vetenskapliga arbetet blev begränsat till professionella utövare. Det fanns naturligtvis undantag – exempelvis Michael Faraday – men när Joule började publicera sina tankar och upptäckter om den mekaniska värmeekvivalenten var hans sociala status utan tvekan problematisk. William

Thomson var däremot en högtbildad, ung professor vid University of Glasgow, som trots sin ringa ålder redan hade etablerat sig i vetenskapssamfundet. Det var med



Figur 9: Joules skovelhjul, horisontalsnitt, Joule 1872.

andra ord inte bara människan Thomson som ställde sig bakom Joules arbete, utan också vetenskapsmannen med sin höga status. Stödet från Thomson var därför en bidragande orsak till att Joules arbete accepterades. Men det är inte frågan om social status som är det intressanta när det gäller Joule. Hans experiment är utan tvekan anmärkningsvärda. Här följer en kortfattad beskrivning av hans skovelhjulsexperiment. Figur 7 är en bild av det experiment som Joule beskrev i sin uppsats. aa är träblock; 1 fot i diameter och 2 tum tjocka, med trätrissor, bb, bb, 2 tum i diameter, och stålaxlar, cc, cc, en fjärdedels tum i diameter. Blocken var exakt likadana. Axlarna vilade på friktionshjul i mässing dddd, dddd, vars axlar löpte genom hål borrade i mässingsplåtar fastsatta i ett kraftigt träbord, som Joule hade fäst i väggen i sitt laboratorium. Vikterna – e, e – hängde i linor från trissor na bb, bb; och en tunn tråd som var fästad vid blocken aa kopplade samman dem med den centrala trissan f, som med hjälp av ett stift var enkel att sätta fast på, eller ta bort från, friktionsapparatens axel. Denna apparat finns avbildad vertikalt i figur 8 (till vänster) och horisontellt i figur 9 (till höger). Den bestod av skovelhjul i mässing försedda med 8 uppsättningar av 4 roterande armar var respektive 4 uppsättningar av 4 fasta skovlar var. Mässingsaxeln roterade fritt och var vid d delad i två delar för att undvika

värmeöverföring i den riktningen. Skovelhjulet var inneslutet i ett kopparkärl med två hål i locket, ett för isättandet av axeln och ett för isättandet av en termometer. Under experimentet sattes en stor träskärm fast vid bordet för att hindra värmestrålningen från den som utförde experimentet.

När experimentet inleds fylls kärlet med vatten, och det krävs omkring 6 liter. När det råder termisk jämvikt mäts såväl vattnets som rummets temperatur, och termometern tas sedan bort från kärlet. Därefter hissas vikterna på sammanlagt 26 kilo upp omkring en meter, och när de sedan sjunker driver de skovelhjulet som sätter vattnet i rörelse. Denna procedur upprepas sedan 20 gånger, något som sammanlagt tar ungefär 35 minuter. Efter detta kan man, enligt Joules resultat, uppmäta en ökning av vattentemperaturen med omkring 0,5°C.

När man analyserar det här experimentet får man fram vissa anmärkningsvärda detaljer som visar vilken ovanlig situation Joule befann sig i. Han kunde anlita några av de skickligaste yrkesmän som fanns att tillgå i en industristad som Manchester. Mannen som tillverkade instrumentet – John Benjamin Dancer – var oerhört skicklig och kunde framför allt producera extremt känsliga termometrar. Deras känslighet saknade motstycke: ”De två termometrarna han (Joule) hade införskaffat år 1844 var, hävdade han, de första korrekt kalibrerade termometrarna i Storbritannien [...]” (Cardwell 1989, s. 234). Den termometer som användes för att fastställa vattnets temperatur var 87 cm lång och graderad från fryspunkten till omkring 85°F (se Ashworth 1930). Joule skrev att ”ständig övning hade gjort det möjligt för mig att med blotta ögat läsa av 1/20 av en markering, och följaktligen var 1/200 grad Fahr en mätbar temperaturskillnad” (Joule 1884, s. 303). Med en så pass känslig termometer håller vattnet aldrig en konstant temperatur, och därför blir temperaturen också ytterst svår att fastställa. I stället för att vänta tills kvicksilverpelaren på termometern stannar och sedan avläsa temperaturen måste Joule hitta andra metoder för att avgöra när termometern och vattnet befann sig i termisk jämvikt. Som Sibum visade ingick mätning av vattentemperatur i bryggarkulturen, och tack vare sin

yrkesbakgrund hade Joule alltså den kompetens som krävdes för att utföra mätningen.

Det finns andra aspekter som visar att detta experiment var väl förankrat i bryggarkulturen. Joule använde sig av ett oisolerat kopparkärl, trots att rummet inte skulle påverka vattnets termiska tillstånd på något sätt. Detta kan tyckas lite egendomligt, särskilt med tanke på att Joule faktiskt använde en träskärm för att skydda kärlet från den strålning som avges från personen som utförde experimentet. Kopparkärl är dock vanliga inom bryggerinäringen, och Joule var därför mycket skicklig på att kontrollera det termiska förhållandet i ett sådant kärl – ett isolerat kärl (som emellertid aldrig kunde vara helt isolerat) var inget som Joule var van vid.

Men det fanns också fysiska faktorer på bryggeriet i Manchester som gjorde det möjligt för Joule att genomföra sitt experiment med så stor framgång. Exempelvis behövde Joule ett rum med oerhört stor värmekapacitet – annars skulle den värme som producerades av människokroppen i samband med att vikterna hissades upp påverka rummets temperatur och därmed experimentets resultat betydligt. På ett bryggeri finns det ett sådant rum: källaren där ölet lagras. Detta rum har en oerhört stor värmekapacitet och håller därmed en nästintill jämn temperatur, och det har därmed de fysiska egenskaper som krävdes för att man skulle kunna få fram tillförlitliga resultat. Dessutom kunde Joule låta en av bryggeriets anställda hissa upp vikterna. Personen i fråga måste vara stark eftersom vikterna var tunga, och måste därtill kunna utföra uppgiften såväl snabbt som med stor precision. Själv var Joule inte fysiskt kapabel att utföra det här arbetet, och det passade sig inte heller för en gentleman som han.

Startskottet för forskning om förnyelsebar energi

Vid mitten av 1800-talet gick industrialiseringen framåt i hög hastighet. En av sidoeffekterna var behovet av bränsle till de ångmaskiner som var den viktigaste kraftkällan på fabriker. I Frankrike utvecklades detta till ett omfattande problem när kolfyndigheterna visade sig vara begränsade och nästan uttömda. Det förvärrades ytterligare av det faktum att det enda land man kunde

importera från var England – sedan länge Frankrikes främsta (ekonomiska) rival. Den franska regeringen utlovade därför ekonomiskt stöd till den forskare som kunde presentera lovande idéer om hur man kunde undvika att göra Frankrike beroende av engelskt kol.

Det var nu den franske läraren Augustin Mouchot trädde in på scenen. Mouchot kombinerade två anordningar som var kända sedan tidigare. Den första var en svärtad ihålig cylinder innehållande vatten – en liknande anordning hade använts vid slutet av 1700-talet av Horace Benedict de Saussure för att utföra värmestrålningsexperiment. Den andra var en trattformad spegel som användes för att återkasta solstrålningen mot cylindern. Redan 1861 kunde Mouchot producera ånga med hjälp av sin uppfinning, och under de år som följde hade han för avsikt att förbättra den och göra den mer användbar för tekniska syften. Dessa försök fick ekonomiskt stöd av den franska regeringen.

Detta utmynnade i två direkta resultat. Det första var att Mouchot kunde utveckla så kallade solkokare, vilka framför allt användes av den franska armén i landets nordafrikanska kolonier. Med hjälp av denna utrustning kunde soldaterna laga varm mat utan att det bildades rök, vilket var viktigt ur ett militärt perspektiv. Den här typen av kokare användes ända fram till 1900-talet.

Det andra resultatet av Mouchots ansträngningar var en ångmaskin som drevs av ånga från hans solmaskin. Mouchot utformade flera olika varianter av dessa maski-

ner, av vilka den största förevisades på världsutställningen i Paris 1878. Den trattformade spegeln hade en diameter på ungefär fem meter, och motorn kunde användas för att driva en tryckpress men också för att framställa is.

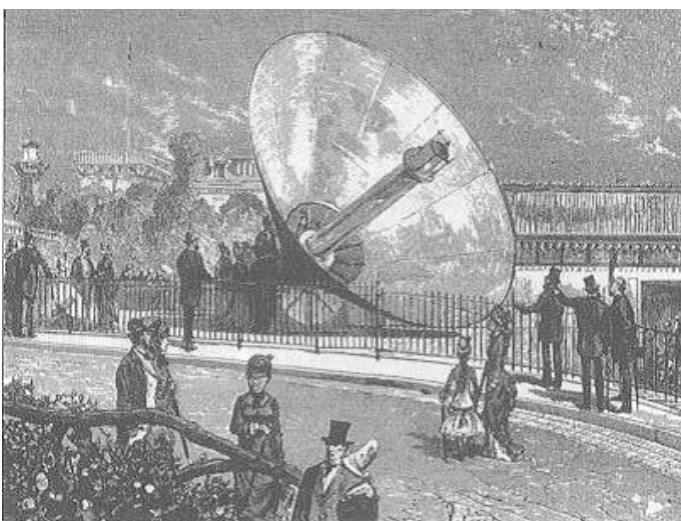
Mouchot fick en guldmedalj för sin uppfinning. Men vid den här tiden hade sakernas tillstånd förändrats ännu en gång. Ett stort problem med Mouchots uppfinning var spegeln, som var belagd med silver. Silvret hade en benägenhet att oxidera, vilket minskade maskinens effektivitet och innebar att spegeln ständigt måste rengöras. Men det hände även något annat som var betydligt mer problematiskt för Mouchot. Gruvarbetare hade hittat nya kolfyndigheter i östra Frankrike, och behovet av att hitta en alternativ energikälla till ångmaskinen hade därmed försvunnit. I en rapport bedömdes Mouchots maskin dessutom som oekonomisk. Den franska regeringen drog därför in sitt ekonomiska stöd till Mouchots forskning, något som innebar slutet för hans arbete.

Fotnoter

- 1 Bakgrunden till dessa undersökningar var idén om att hitta vilken del av det (synbara) spektrumet som tydligast kan påverka linserna i mikroskopet för att värma upp glaset.
- 2 Se Leslie (1804) och Thompson (1804), för en diskussion kring dessa undersökningar se Olson (1970).
- 3 Om den tidiga historien kring elektriska motorer se speciellt Schiffer (2008).
- 4 Detta ska inte förväxlas med en evighetsmaskin som det tidigare har gjorts av till exempel Breger: ”Tydligt har Joule ingen större invändning kring tanken av en evighetsmaskin vid denna tid; tydligt tror han att en outtömlig kraftkälla är praktiskt möjlig” (Breger 1982, s. 194).

Referenser

- Ashworth, J.R. (1930). Joule's Thermometers in the Possession of the Manchester Literary and Philosophical Society. *Journal of Scientific Instruments*, Vol 7, No. 11, London) s. 361–363.
- Ashworth, J.R. (1931). A List of Apparatus now in Man-



Figur 10: Mouchots uppfinning på världsutställningen i Paris, <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/66/Mouchot1878x.jpg>.

- chester which belonged to Dr. J.P. Joule, F.R.S., with Remarks on his M.S.S., Letters, and Autobiography. Manchester Memoirs, Vol 75, No 8, 105.
- Beretta, M. H. (2005). Lavoisier in Perspective. München, Deutsches Museum.
- Breger, H. (1982). Die Natur als arbeitende Maschine.
- Brown, S.C. (1979). Benjamin Thomson, Count Rumford. Cambridge, Mass., London: MIT Press.
- Goldfarb, S.G. (1977). Rumford's Theory of Heat: A Reassessment. *British Journal for the History of Science*, Band 10: s. 25–36.
- Heering, P. (1992). On J.P. Joule's Determination of the Mechanical Equivalent of Heat. I: Hills, Skip (red.), *The History and Philosophy of Science in Science Education* Vol. 1, Kingston, Ontario, s 495–505.
- Herschel, W. (1800). Experiments on the Refrangibility of the invisible Rays of the Sun. *Philosophical Transactions of the Royal Society*, 90, 284–292.
- Joule, J.P. (1850). On the Mechanical Equivalent of Heat. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 140, 61–82. Omtryckt i Joule JP (1884). *The Scientific Papers*.
- Joule, J.P. (1872). Das mechanische Wärmeäquivalent. Braunschweig: Vieweg.
- Kuhn, T.S. (1959): Energy conservation as an example of simultaneous discovery. I: M. Clagett (red.), *Critical Problems in the History of Science*. Madison: University of Wisconsin Press, 321–356.
- Leslie, J. (1804). An experimental inquiry into the nature and propagation of heat. London: J. Mawman.
- Mouchot, A. (1869). La chaleur solaire et ses applications industrielles. Paris.
- Olson, R.G. (1970). Count Rumford, Sir John Leslie, and the Study of the Nature and Propagation of Heat at the Beginning of the Nineteenth Century. *Annals of Science*, band 26: 273–304.
- Roberts, L. (1991). A Word and the World: The Significance of Naming the Calorimeter. *ISIS*, 82: 198–222.
- Schiffer, M.B. (2008). Power struggles: scientific authority and the creation of practical electricity before Edison. Cambridge, Mass., The MIT Press.
- Sibum, H.O. (1995): Reworking the Mechanical Value of Heat: Instruments of Precision and Gestures of Accuracy in Early Victorian England. *Studies in the History and Philosophy of Science*, 26, 73–106.
- Sichau, C. (2000): Die Joule-Thomson-Experimente: Anmerkungen zur Materialität eines Experiments. *NTM*, 8: 223–243.
- Smith, C. & Wise, M.N. (1989). *Energy and Empire: A biographical study of Lord Kelvin*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Thompson, B. (1781). New Experiments upon Gun-Powder, with Occasional Observations and Practical Inferences; To Which are Added, an Account of a New Method of Determining the Velocities of All Kinds of Military Projectiles, and the Description of a Very Accurate Eprouvette for Gun-Powder. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 71, 229–328.
- Thompson, B. (1798). An Inquiry concerning the Source of the Heat Which is Excited by Friction. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 88: 80–102.
- Thompson, B. (1804). An Enquiry concerning the Nature of Heat, and the Mode of Its Communication. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 94, 77–182.

Bakgrunden till berättelserna om energi är skrivna av

Peter Heering, med stöd av Europeiska kommissionen (projekt 518094-LLP-1-2011-1-GR-COMENIUS-CMP) och Flensburg University i Tyskland. Innehållet i texten speglar enbart författarens uppfattning, och Europeiska kommissionen kan inte hållas ansvarig för någon användning av information som har hämtats från den.

Översättning från engelska till svenska av Lisa Sjösten på uppdrag av Nationellt resurscentrum för fysik (NRCF).

Peter Heering, med stöd av Europeiska kommissionen (projekt 518094-LLP-1-2011-1-GR-COMENIUS-CMP) och Flensburg University i Tyskland. Innehållet i texten speglar enbart författarens uppfattning, och Europeiska kommissionen kan inte hållas ansvarig för någon användning av information som har hämtats från den.

Översättning från engelska till svenska av Lisa Sjösten på uppdrag av Nationellt resurscentrum för fysik (NRCF).

