

Med detta nummer så inleder Pentronic sin utbildning i temperaturmätning. Vi kommer börja **lektion 1** med en historisk tillbakablick för att sedan gå vidare med termodynamik, värmeöverföring och kvalitetssäkring med kalibrering.

Först därefter går vi in på temperaturgivare – främst termoelement och Pt100.

LEKTION 1 NÅGOT OM TEMPERATURENS NATUR OCH HISTORIA

TEMPERATUR - VÄRME

Temperatur finns inte. Det är en teoretisk modell som konstruerats för att människan ska kunna mäta, jämföra och förstå förändringar av rörelseenergi ibland kroppars minsta beståndsdelar som atomer och molekyler.

Värme finns däremot och beskrivs som mängden rörelseenergi inuti en kropp. Därav följer att allt över den absoluta nollpunkten (-273,15°C) är värme. Men definitionen ger märkliga effekter. Exempelvis innehåller ett isberg mer värme en kopp skållhatt kaffe, eftersom isberget innehåller en större mängd energi.

Den som med fingret berör isberget respektive kaffet upplever motsatsen. Vad vi då känner är värmen, rörelseenergin, i en given punkt. Temperatur är vårt verktyg för att beskriva upplevelsen på ett jämförbart och reproducerbart sätt. Kaffet känns varmare än isberget eftersom det har högre temperatur.

PIONJÄRERNA

Termometern uppfanns i början av 1600-talet av italienarna Galilei och Santorio vid Accademia del Cimento i Florens samt holländaren Drebbel. Den första termometern bestod av ett spiralformat glasrör fyllt med sprit. Röret var inte förslutet och därför mättes på samma gång lufttrycket. Florensakademien tog också fram enklare skalor uppdelade bl a

i 40 och 80 grader mellan "fixpunktterna" hög sommartemperatur och låg vintertemperatur.

Men termometern fick ingen egentlig praktisk användning förrän 1714, då den tyske fysikern Daniel Gabriel Fahrenheit utvecklade en temperaturskala som möjliggjorde jämförande mätningar. Han anses också vara uppfinnare av kvicksilvertermometern som den ser ut idag, det vill säga kvicksilver inuti ett slutet glasrör.

Det är på sin plats att påpeka att de glastermometrar med kvicksilver som till äventyrs ännu är i bruk används på dispens. Kvicksilver är ett stabilt ämne som därmed blir farligt i vår miljö. Idag används andra vätskor som exempelvis färgad sprit.

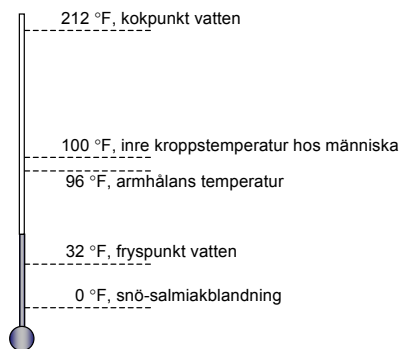
TEMPERATURSKALORNA

FAHRENHEIT

Fahrenheit skapade en 100-gradig skala, där noll grader var temperaturen på en blandning av salmiak och snö, den kallaste han kunde åstadkomma i sitt laboratorium i Danzig.

Som övre fixpunkt använde han den inre kroppstemperaturen hos en frisk människa vilken fick värdet 100°F. I celsiusgrader motsvarar den skalan ungefär spännvidden -18 till +37 grader.

Eftersom den övre fixpunkten



Fahrenheits kvicksilver-i-glas termometer med de referenspunkter, som lär ha använts.

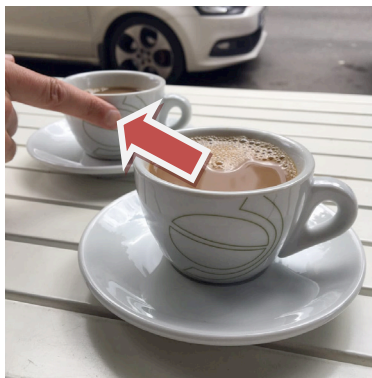
kan vara obekvämt att realisera lär han ha infört de mera praktiska fixpunkterna +32°F och +96°F som utgjordes av vattnets fryspunkt respektive armhålans temperatur.

Senare förlängdes Fahrenheit's skala till kokpunkten för vatten som åsattes temperaturvärdet +212°F.

ANDERS CELSIUS

Vid samma tid fanns tankar på en naturligare skalindelning där 0 grader definierades som smältpunkten för is och 100 som vattnets kokpunkt. Man vet att Carl von Linné redan innan 1737 använde sig av skalan, som senare uppkallades efter den svenska astronomen Anders Celsius.

Celsius lanserade den i omvänt skick först 1742 och ansåg att vattnet skulle koka vid 0 grader och frysa vid 100. Först åtta år senare vändes skalan av hans efterträdare på posten som professor vid Uppsala Universitet, matematikern



Fingret känner hur värmeenergin förflyttas (se pilen), in eller ut, beroende på om temperaturen hos det berörda objektet är högre eller lägre än fingrets.



Anders Celsius.

Mårten Strömer. Som kuriosita kan nämnas att professor Christin i Lyon redan 1743 byggde den första kvicksilvertermometern med "rättvänd" Celsius-skala.

Lagen är utgångspunkten för Avogadros temperaturskala, som utgår från den absoluta nollpunkten. Absoluta nollpunkten definieras idag som $-273,15^{\circ}\text{C}$. Problemet med

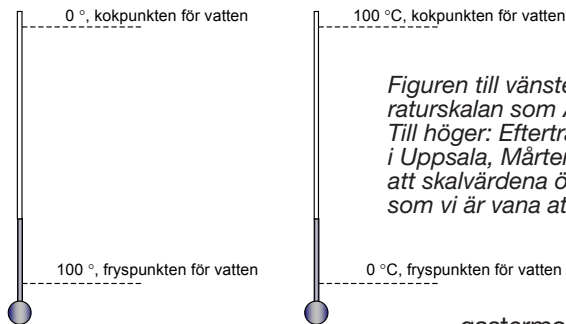
lekyler. Erfarenhetsmässigt vet vi att ökande värmeenergi medför högre temperatur och som regel krav på större volym hos materien. Jämför allmänna gaslagen! Därför är det inte orimligt att anta att den lägsta temperaturen är att finna då den s k livligheten eller rörelsen har avstannat. Detta sker vid den s k absoluta nollpunkten, 0 K.

För att erhålla överensstämmelse med den redan accepterade celsius-skalan bestämdes att $1^{\circ}\text{C} = 1 \text{ K} = 1/273,16$ av den termodynamiska temperaturen vid trippelpunkten för vatten.

Den termodynamiska temperaturskalan kan sägas definieras av en fixpunkt och en fiktiv nollpunkt, den absoluta nollpunkten. Fixpunkten är trippelpunkten för vatten, som är ett jämviktstillstånd mellan vattnets tre faser fast, flytande och gas. I detta tillstånd antar vattnet en mycket stabil och svårubbad jämvikt, som har åsatts det teoretiska temperaturvärdet $0,01^{\circ}\text{C}$ exakt. Observera att i praktiska försök kan man inte uppnå exakthet. Dock är det relativt enkelt realisera trippelpunkten för vatten med mindre mätosäkerhet än $\pm 0,001^{\circ}\text{C}$.

Absoluta nollpunkten kan inte uppnås fullt ut. Empiriskt har den blivit fastställd till $-273,15^{\circ}\text{C}$. Vid tekniska högskolan i Helsingfors studerar man låga temperaturer och lär experimentellt ha kommit ned i nK (nanokelvin = 10^{-9}) från absoluta nollpunkten.

Kelvinskalen är vetenskapligt och matematiskt korrekt. Tyvärr är den inte praktiskt användbar eftersom mätningar endast kan göras med gastermometrar innehållande ideal gas. Och ideal gas existerar inte.



Figuren till vänster: Den 100-gradiga temperaturskalan som Anders Celsius använde den. Till höger: Efterträdaren på professorstjänsten i Uppsala, Mårten Strömer, vände skalan så att skalvärdena ökar med energinivån precis som vi är vana att se den idag.

RÉAUMUR

Under samma period utvecklade fransmannen Réaumur sin egen skala. Även han utgick från vattnets frys- och kokpunkter, men delade skalan i 80°R , eftersom hans favoritblandning av vatten och sprit utvidgade sig från 1000 till 1080 volymsenheter mellan fixpunkterna.

VÄRME VAR ETT ÄMNE

Först när 1700-talet var på väg mot sitt slut, började forskarna förstå värmens natur. Fram till dess ansågs värme bestå av ett särskilt ämne som kallades kalorik.

Det var amerikanen Rumford som kom förklaringen på spåren genom att visa att en given mängd is vägde lika mycket när den var smält. Därmed kunde teorin om kalorik avskrivras. Han lyckades även få vatten att koka genom att vrida runt en slö borrh i ett stycke metall. Rumford var övertygad om att borrens rörelse omvandlades till värmevibrationer i metallens atomer.

DEN ALLMÄNNA GASLAGEN

I början av 1800-talet utvecklades den allmänna gaslagen ur Boyles lag genom medverkan av flera kända forskare, bl a fransmännen Charles och Gay-Lussac samt italienaren Avogadro. Lagen lyder:

$$pV = RT$$

där p = gstryck
 V = innesluten volym (mol)
 R = allmänna gaskonstanten
 T = gasens absoluta temperatur

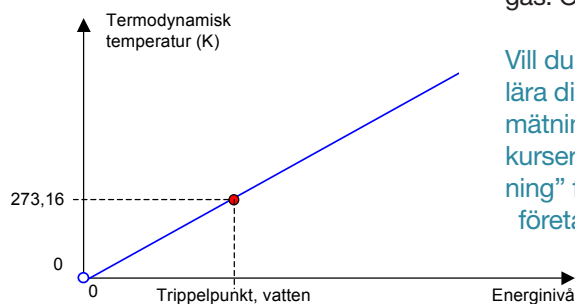
gastermometern är att den förutsätter att så kallad ideal gas existerar.

TERMODYNAMISK SKALA

Vid samma tid pågick annan forskning inom området energi. Fransmannen Carnot, tysken Mayer och engelsmannen Joule var några av dem som gjorde stora insatser för att förklara sambandet mellan olika former av energi. Joule experimenterade bl a med att bestämma det mekaniska arbete som krävdes för att höja temperaturen 1°C hos 1 gram vatten.

Resultatet av forskningen blev termodynamikens lagar och omkring 1850 definierade engelsmannen Kelvin temperatur enligt dessa. Man vet ännu idag inte vad temperatur egentligen är utan termodynamikens teorier används eftersom de stämmer tillräckligt bra med experimentella prov.

Temperatur är ett mått på vad som anses vara "livligheten" eller rörelserna hos materiens minsta beståndsdelar som atomer och mo-



Den termodynamiska skalan definieras av två punkter; trippelpunkten för vatten (fylld) och absoluta nollpunkten (ofylld), vilken inte kan realiseras.

Vill du fördjupa dig ytterligare och lära dig ännu mer om temperaturmätning så finns förstås Pentronics kurser i "Spårbar temperaturmätning" förlagda i Västerwik eller företagsförlagda om så önskas.

För mer information se

www.pentronic.se

AKTUELLA TEMPERATURKURSER

ST1
 8-9 mars 2017
 10-11 maj 2017

Se www.pentronic.se för senaste information om kurstillfällen. Kontakta oss om temperaturkurs på ditt företag.

PENTRONICS PRODUKTPROGRAM

- Temperaturgivare
- Temperaturindikatorer
- Handhållna temperaturmätare
- Reglerutrustning
- Kalibreringstjänster & -utrustning
- Fukthalts- & tjockleksmätare
- Utbildningar i temperaturmätning & -kalibrering
- Temperaturtransmittorer
- Kablar - kontakter - paneler
- IR-pyrometrar
- Dataloggar och skrivare
- Flödesmätare
- GFM Glasflödesmätare
- Elektro-optiska testsystem

PENTRONICNYTT 2017-1 • ÅRGÅNG 28



Bergsliden 1, SE-593 96 Västerwik
 Tel. 0490-25 85 00, Fax. 0490-237 66
www.pentronic.se

Anmälan för prenumeration av PentronicNytt gör du på vår hemsida www.pentronic.se