



KTH Computer Science
and Communication

På metallen såg man bara ett värmemoln

En studie om värmekameror i laborativ miljö
på Vetenskapens Hus i Stockholm

FREDDY GRIP & SEBASTIAN VOGHERA

Examensarbete vid ECE
Handledare: Stefan Åminneborg, Vetenskapens Hus
Biträdande handledare: Margareta Enghag, Stockholms universitet
Examinator: Mikael Cronhjort, ECE-skolan

Examensarbete hos Vetenskapens Hus och FLIR juni 2015

Referat

Denna studie syftar till att undersöka hur värmekameror kan användas i ett skolbesök på Vetenskapens Hus och om besökets laborativa moment ökar elevernas förståelse för begreppet värme samt hur ett skolbesök på Vetenskapens Hus kan integreras i den ordinarie undervisningen. Den tekniska utvecklingen av värmekameror gör stora framsteg vilket sänkt priset och tillgängliggjort verktygen även utanför industri- och forskningssfären. Värmekamerorna har en stor pedagogisk potential i sin förmåga att visualisera energiflöden som annars skulle vara svåra att synliggöra och 215 år efter Herschels upptäckt av det *osynliga* infraröda spektret kan elever nu fascineras över färgglada värmebilder.

Besöket har sin utgångspunkt i värmebegreppet i läroplanen för fysik i grund- och gymnasieskolan och utvecklades med hjälp av en designbaserad metod (DBR) och två testklasser. Besöket utvärderades med en praktisk epistemologisk analys av inspelade elevinteraktioner, observationer och inlämnat elevmaterial. Utvärderingsgrunder har varit kontinuitet mellan Johansson och Wickmans (2011) organiserande syften i kombination med Domins (1999) olika laborationstyper samt hur eleverna använder värmekamerorna för att få tillgång till nya representationer av bekanta begrepp. Rapporten ämnar också ge vägledning till vilka funktioner som är viktiga för värmekameror när de ska användas i pedagogisk verksamhet.

Rapporten innehåller alla instruktioner som behövs för att genomföra alla de laborativa moment skolbesöket består av samt förslag på efterarbeten för mer konceptuell utveckling. Inkluderat är en sammanfattande genomgång av de fysikaliska och tekniska förutsättningarna för värmekamerorna för att möjliggöra en korrekt och realistisk tolkning av deras mätresultat.

Studiens analys av elevsamtal och det inlämnade materialet visar på en tydlig kontinuitet mellan de organiserande syftena hos aktiviteterna men att vidare efterarbete i skolorna kan vara svåra att få till på grund av tidsbrist och hård konkurrens från nationella prov och annat ämnesstoff. Studien föreslår därför ämnes- och programöverskridande aktiviteter för att ge eleverna en breddad bild av hur IR-teknik kan användas i olika sammanhang samtidigt som de måste använda de fysikaliska modellerna för att uttolka värmebildernas betydelse.

Abstract

The work presented in this thesis aims to investigate how thermal cameras can be used in a school visit to the House of Science, and whether the laboratory tasks raise pupils understanding of the concept of heat. It examines also how a school visit to the House of Science can be integrated into ordinary teaching. The technical development of thermal cameras has made great progress, which has lowered prices and made the equipment available outside the domain of industry and research. Thermal cameras have a huge potential in teaching through their ability to visualize energy flows, which are otherwise hard to make visible. Now, 215 years after Herschels discovery of the invisible infrared spectra, pupils can be fascinated by colourful thermal images.

The school visit is based on the concept of heat as studied in the physics curricula of Swedish elementary schools and upper secondary schools, and was developed using a design-based method with two test classes. The visit was evaluated using a practical epistemological analysis of recorded pupil interactions, observations, and the written material and images that were handed in by the pupils. The evaluation is based on continuity between what Johansson and Wickman (2011) call organizing objectives, and Domins (1999) various laboratory instructions styles. How the pupils used the thermal cameras to access new representations of known concepts has also been analysed. This report provides guidance on which features of thermal cameras are important when they are used for educational purposes.

The report contains all the instructions necessary to perform the laboratory activities in the school visit, and suggestions for post-laboratory activities for conceptual development. A summary of the physical and technical background of IR imaging is included to enable a correct and realistic interpretation of the thermal images.

The analysis presented here of pupil interactions and the material submitted by the pupils shows a clear continuity between the organizing objectives of the laboratory activities. It may be difficult to squeeze the post-laboratory work into the tight schedules of the school curriculum and national tests. This leads us to recommend interdisciplinary collaboration between study programs and subjects, to broaden the pupils understanding of how IR technology can be used in different situations while allowing the pupils to use the physical models to interpret thermal images.

Förord

Det du just nu läser är författarnas examensarbete för en Master of Science in Engineering och Master of Education. Det kan ses som kulmen av en lång och härlig utbildningsresa som resulterat i nya kunskaper och färdigheter samt många nya vänner.

Vi vill tacka all personal på Vetenskapens Hus för den fina gemenskap och det stora stöd ni varit. Våra handledare, Stefan Åminneborg på Vetenskapens Hus och Margareta Enghag på Stockholms Universitet, har varit ovärderliga i detta arbete. Ni har med aldrig sinande engagemang och snabbhet erbjudit givande diskussioner och konstruktiv återkoppling. Tack för er hjälp.

Ett stort tack till våra handledare, Christiane Buchgeister, och kontaktpersoner, Anna-Karin Lindblom och Cecilia Trojmar, på FLIR som hjälpt oss med tekniken, kontakter och kamerorna.

Ett stort tack till alla elever och lärare som deltagit i testerna av besöket, svarat på enkäter och läst material.

Tack till vår hussmed Mathias Wilson på Stålfågel Smide samt vår husillustratör Felicia Palmqvist Nordling för snabba lösningar på praktiska problem. Vi vill även rikta ett stort tack till Britten Lagerkvist Tranströmer för korrekturläsning och George Farrants för återkoppling på den engelska översättningen.

Tack till Alf för all bra friskvård från andra sidan pingisbordet.

Vi vill tacka våra sambos för att ni stått ut med oss under detta halvår, ett halvår med allt från tidiga morgnar till långa nätter, odiskad disk, tomma blickar och osammanhängande middagskonversationer. Allt för att göra detta arbete!

Det är med en varm hand vi överlämnar detta arbete och de lärdomar vi dragit till att nyttjas för det allmännas bästa!

Innehåll

I Inledning	1
1 Bakgrund	3
2 Syfte	5
2.1 Förutsättningar.....	5
2.2 Mål	5
2.2.1 Förtydligad frågeställning	5
2.3 Avgränsningar.....	6
II Teori	7
3 Fysikalisk bakgrund	9
3.1 Elektromagnetisk strålning	9
3.1.1 Det elektromagnetiska spektret.....	10
3.1.2 Absorption, transmission och reflektion.....	11
3.1.3 Plancks strålningslag och svartkroppar	11
3.1.4 Kirchhoffs lag och emissivitet.....	13
3.1.5 Stefan-Boltzmanns lag.....	13
3.1.6 Wiens förskjutningslag.....	13
3.2 Termodynamik.....	14
3.2.1 Termodynamikens nollte huvudsats	14
3.2.2 Termodynamikens första huvudsats	14
3.2.3 Termodynamikens andra huvudsats	15
3.2.4 Termodynamikens tredje huvudsats	15
3.3 Värmeegenskaper hos materia	16
3.3.1 Ideala gaslagen.....	17
3.4 Tekniken i kameran.....	18
3.4.1 Val av spektrumområde.....	19
3.4.2 Optik	19
3.4.3 Detektor	21
3.4.4 Bildbehandling	23
3.4.5 Beräkning av temperaturen.....	24

4	Didaktisk teori	27
4.1	Det sociokulturella perspektivet	27
4.1.1	Vetenskapliga och vardagliga begrepp	28
4.1.2	Mediering genom artefakter	28
4.2	Pragmatismen.....	29
4.3	Praktiska epistemologier	30
4.3.1	Språkspel	30
4.4	Representationer och ämnesspecifika sätt att veta	31
4.4.1	Facetter och nödvändig mängd aspekter.....	31
4.5	Laborationer	33
III	Metod	37
5	Metod	39
5.1	Designbaserad metod.....	40
5.1.1	Den designbaserade metoden i den här studien	41
5.2	Organiserande syften.....	41
5.3	Praktisk Epistemologisk Analys (PEA).....	41
5.3.1	PEA i den här studien.....	42
5.4	Elevarpporter och bilder	42
IV	Resultat och Analys	43
6	Skolbesöket	45
6.1	Utformning av laborationen	45
6.2	Enkät svar.....	47
6.3	Elevarpporter och värmebilder	48
6.3.1	Analys	48
6.4	Förarbete	48
6.5	Friktion.....	52
6.5.1	Stationens utformning.....	52
6.5.2	Analys	53
6.6	Värmetransport.....	55
6.6.1	Stationens utformning.....	55
6.6.2	Analys	56
6.7	Tryck.....	61
6.7.1	Högt tryck	62
6.7.2	Lågt tryck	62
6.7.3	Analys	63
6.8	Faser.....	67
6.8.1	Vätska på underlag.....	68
6.8.2	Bägaren och pappret	69

6.8.3	Analys	70
6.9	Fria station	71
6.10	FLIR Tools och datainsamling.....	72
7	Värmekameror i skolmiljö	73
7.1	Vilka funktioner behövs?	73
7.1.1	MSX - blandning av synligt och IR.....	73
7.1.2	Syftet avgör kraven	75
7.2	Några exempel på aktiviteter	75
7.3	FLIR Tools och bearbetning	76
8	Integrering av Science Centra	79
8.1	Integrera ett besök på Science center i undervisningen	79
V	Diskussion och slutsats	85
9	Diskussion	87
9.1	Skolbesöket	87
9.2	Värmekameran i laborativa aktiviteter.....	88
9.3	Integrering av science centra i ordinarie undervisning.....	88
9.4	Validitet och reliabilitet	89
9.5	Förbättringsförslag.....	90
10	Slutsats	91
11	Vidare forskning	93
	Litteraturförteckning och Appendix	95
	Litteraturförteckning	97
	Bilagor	102
	Lärohandledning och förberedelsematerial	102
	Material till skolbesöket	113
	Laborationsinstruktioner	119
	Elevarapporter och bilder	135
	Elevarapport version 1	135
	Elevarapport version 2	141
	Exempel bildark Skola 1	145
	Enkät	150

Del I

Inledning

Kapitel 1

Bakgrund

Varje år besöker ca 60 000 elever Vetenskapens Hus. De kommer för att inspireras och få ett ökat intresse och kunskap om naturvetenskap och teknik. Vetenskapens Hus är ett Science Center som riktar sig direkt till skolklasser. Eleverna handleds av universitetsstudenter som inte bara kan utveckla deras naturvetenskapliga kunskaper men också berätta om sina utbildningar för att inspirera till vidare studier. Verksamheten samägs av Kungliga Tekniska Högskolan och Stockholms Universitet. Genom universiteten och andra samarbetspartners har Vetenskapens Hus tillgång till utrustning, resurser och kunskaper som inte skolorna har. Det möjliggör experiment och besök som är ett bra komplement till den ordinarie undervisningen.

2015 har av UNESCO utsetts till det internationella året för ljus och ljus-teknologi. Året för ljus finns för att uppmärksamma de personer som genom vetenskap förändrat och ökat vår förståelse om ljuset. 1000 år har gått sen Ibn Al-Haytham kom med boken "om ljuset" som är den första studien om ljus till 2015 då ljus är avgörande för bland annat modern kommunikation som internet. För Vetenskapens Hus är det väldigt viktigt att vara snabba med att vara med på den här typen av initiativ. Det finns därför en önskan att till hösten kunna erbjuda skolbesök på temat ljus.

Det synliga ljuset som kanske är det första en tänker på är bara en liten del av det elektromagnetiska spektret. Ett annat lite större område med ljus av lite längre våglängd är det infraröda ljuset, så kallad värmestrålning. Sedan tidigare har Vetenskapens Hus en värmekamera i entrén och en uppsättning med 8 handhållna. Ny kontakt med den världsledande tillverkaren av värmekameror, FLIR, resulterade i en ny värmekamera till entrén och en till handhållen värmekamera som ger möjlighet att projicera värmebilden via en projektor. Allt detta sammantaget var väldigt goda förutsättningar och uppmärksammade ett behov av ett nytt skolbesök som utnyttjade potentialen hos värmekamerorna.

Även tidigare har Vetenskapens Hus erbjudit framtagandet av ett skolbesök som examensarbete för Civilingenjör och lärarprogrammet på KTH. Det har varit väldigt uppskattat då de innehåller mycket praktiskt arbete och problemlösning samtidigt som besöken ska tas fram på vetenskaplig grund och utvärderas.

Kapitel 2

Syfte

2.1 Förutsättningar

Arbetet startades under januari med uppstartsmöte med tilltänkta handledare och ansvariga på Vetenskapens Hus. Målsättningen var att vara färdiga till sommaren så besöket kan ingå i det ordinarie utbudet under hösten då det internationella året för ljus ska uppmärksammas. Arbetet är ett samarbete mellan rapportförfattarna och kommer lämnas in gemensamt. Arbetet kommer ta hänsyn till den ram för skolbesök som finns på Vetenskapens Hus. Författarna har fått tillgång till utbildningsmaterial från FLIR och deltagit i praktiska övningsmoment för termografister för att lära sig hantera verktygen. Företagssamarbetet har gjort att studien inte undersökt kameror från andra tillverkare.

2.2 Mål

Målet med arbetet har varit att utveckla ett skolbesök på Vetenskapens Hus som utnyttjar värmekameror för att visualisera fysikaliska fenomen samt visa hur värmekameror kan användas i undervisningen på gymnasiet och i grundskolan. Vidare har det också varit en möjlighet att undersöka om ett skolbesök på ett bättre sätt kan integreras i den ordinarie undervisningen.

2.2.1 Förtydligad frågeställning

1. Hur kan värmekameror användas i ett skolbesök på Vetenskapens Hus?
2. Hur kan laborativa aktiviteter med värmekameror se ut för att öka elevers förståelse av begreppet värme?
3. Hur kan ett skolbesök på Vetenskapens Hus integreras i den ordinarie undervisningen?

2.3 Avgränsningar

Skolbesöket kommer att rikta sig till senare delen av högstadiet och första fysikkursen på gymnasiet. Studien har tre delar, att ta fram ett skolbesök som utnyttjar värmekamerornas pedagogiska potential, att utvärdera detsamma och att besöket integreras i den ordinarie undervisningen på de deltagande skolorna. Det har varit nödvändigt att på ett bra sätt disponera den tid som funnits till förfogande på de tre delarna. Eftersom besöket ska ingå i det ordinarie utbudet på Vetenskapens Hus har det varit prioriterat att få ett välfungerande besök som ger eleverna ökat intresse för naturvetenskap och teknik samtidigt som de får en bättre förståelse för begreppet värme. Det är höga mål och förhoppningen är att dessa vid arbetets slut ska vara uppfyllda.

Skolbesöket har utformats för att använda redan befintligt materiel eller materiel som varit relativt billigt att införskaffa. Längden på laborationen har begränsats till 90 minuter för att underlätta kombinationer med andra laborationer vid ett tretimmarsbesök i helklass.

Utvärderingen har fått begränsats till transkriberingar av de inspelningar som gjorts på några stationer vid två testbesök med autentiska gymnasieklasser. Detta på grund av uteblivna svar från de enkäter som skickats ut både före och efter besöket.

När det gäller förståelsen av begreppet värme så har studien inriktat sig på de vardagsuppfattningar om värme som försvårar för förståelse av det fysikaliska begreppet värme.

Del II

Teori

Kapitel 3

Fysikalisk bakgrund

...there are rays coming from the sun, which are less refrangible than any of those that affect the sight. They are invested with a high power of heating bodies, but with none of illumination objects; and this explains the reason why they have hitherto escaped unnoticed.

(Herschel, 1800, s. 290)

3.1 Elektromagnetisk strålning

Människan är inte den enda organismen som söker sig till solens strålar för värme. Kallblodiga reptiler värmer upp sig i solljuset kyliga morgnar och surikater solar i grupp. Vi har tänt eldar för att värma våra hus och vi vet att glöden värmer oss även om den inte skiner lika starkt som en brinnande låga. När William Herschel upptäckte att termometrar som spridits ut i solspektret från ett prisma värmdes upp olika mycket beroende på vilken färg de belystes med visade det sig att en termometer som stod utanför det röda ljuset värmdes upp ännu mer. Herschel drog slutsatsen att det finns strålar som inte "lyser upp föremål" och som har "samma effekt på ögonen som på alla andra delar av vår kropp, inge en känsla av värme" (Herschel, 1800, s 292). Herschel ställde sig frågan om denna nyupptäckta strålning väsentligt skilde sig från det välbekanta ljuset. Svaret kom 100 år senare när Max Planck formulerade sin strålningslag som på ett tillfredsställande sätt beskrev hur ideala svartkroppar utstrålar elektromagnetisk strålning i alla våglängder med en intensitet som varierar med föremålets temperatur (Planck, 1900).

$$E = \frac{C\lambda^{-5}}{e^{c/\lambda T} - 1} \quad (3.1)$$

Det revolutionerande i Plancks ansats var att han kvantifierar energin i diskreta steg (Planck, 1901). Detta antagande löste vad som kallades den *ultravioletta katastrofen* och var startskottet för kvantfysiken.

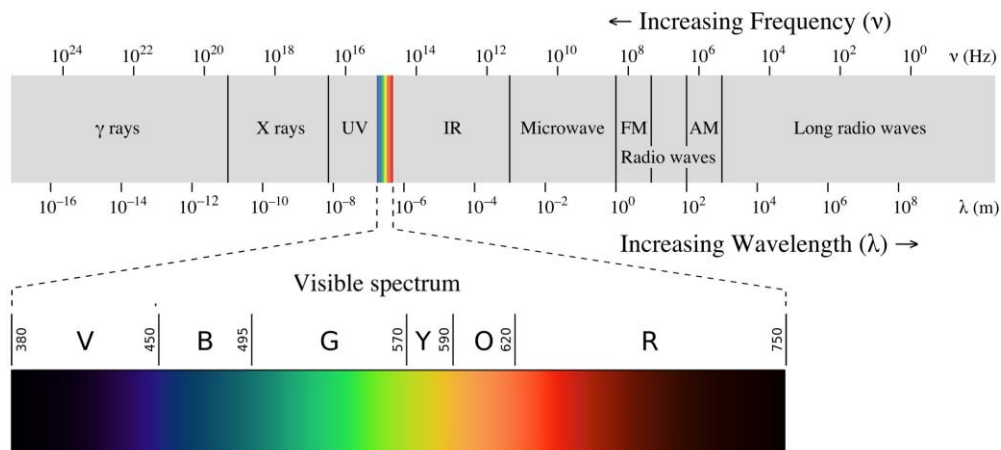
All elektromagnetisk strålning består av masslösa energipaket kallade fotoner som rör sig med konstant, universell hastighet i vakuum $c = 299\,792\,458\text{m/s}$. Därför bestäms en foton entydigt av sin energi (E), frekvens (ν) eller sin våglängd (λ). Sambandet mellan dessa ges av följande ekvationer:

$$E = h\nu = \frac{hc}{\lambda} \quad \nu = \frac{c}{\lambda} \quad (3.2)$$

där h är Plancks konstant med det numeriska värdet $h = 6,626\,069\,57 \cdot 10^{-34}\text{J s}$. Sambandet ger att energin är proportionell mot frekvensen och omvänt proportionell mot våglängden. Fotoner med hög energi har hög frekvens och kort våglängd.

3.1.1 Det elektromagnetiska spektret

Det elektromagnetiska spektret delas in i områden efter deras användningsområden och egenskaper. Den strålning som Herschel registrerade med sina termometrar tillhör det infraröda området, deras våglängder är längre än det synliga ljusets och har därför lägre energi. Figur 3.1 visar det kontinuerliga elektromagnetiska spektret från gammastrålning ($\lambda \leq 10^{-11}\text{m}$) till långvågsradio ($\lambda \geq 10^3\text{m}$). De flesta kommersiella värmekameror analyserar IR-strålning med våglängder runt $10\mu\text{m}$. Hur strålning av en speciell våglängd interagerar med material är det som avgör huruvida vi kan se igenom föremålen eller inte.



Figur 3.1: Överblick över det elektromagnetiska spektret, "EM-spectrumrevised.png", licensierad under CC BY-SA 3.0 via Wikimedia Commons.

3.1. ELEKTROMAGNETISK STRÅLNING

3.1.2 Absorption, transmission och reflektion

En yta kan *absorbera*, *transmittera* och/eller *reflektera* inkommande strålning. Uttryckt som respektive andelar α , τ och ρ av inkommande strålning ger energins bevarande att deras summa alltid är 1.

$$\alpha + \tau + \rho = 1 \quad \alpha, \tau, \rho \leq 1 \quad (3.3)$$

Värdet på α , τ och ρ beror på strålningens våglängd, ytans material och infallsvinkel. Det väsentliga för denna uppsats är att material som är transparent för synligt ljus med våglängder på 400 – 700nm kan vara ogenomträngliga för den mer långvågiga strålning som värmekameror registrerar och tvärt om.

För att förtydliga skillnaden mellan *reflektion*, *reflektans* och *reflexivitet* och respektive ändelser för de övriga stammarna presenteras här deras betydelse.

-tion/sion	en process
-ivitet	en materialegenskap
-ans	en egenskap hos ett specifikt föremål

För elektromagnetisk strålning i det synliga spektret har en vanlig fönsterruta egenskapen bra transmittans medan materialet glas har bra transmissivitet och en kan mäta transmissionen genom glasrutan.

3.1.3 Plancks strålningslag och svartkroppar

En ideal svartkropp är ett föremål som absorberar all inkommande strålning och den strålning svartkroppen avger beror då endast på dess temperatur. En låda med mörk insida och ett litet hål i är en god approximation av en ideal svartkropp. Strålningen som kommer ut ur det lilla hålet beror enbart på lådans temperatur, ej på dess material eller form. Strålningens intensitet varierar över olika våglängder men varje temperatur har sin karakteristiska kurva. Den strålningslag Max Planck formulerade år 1900 beskriver hur intensiteten av strålningen från en ideal svartkropp med given temperatur varierar med våglängden eller med frekvensen.

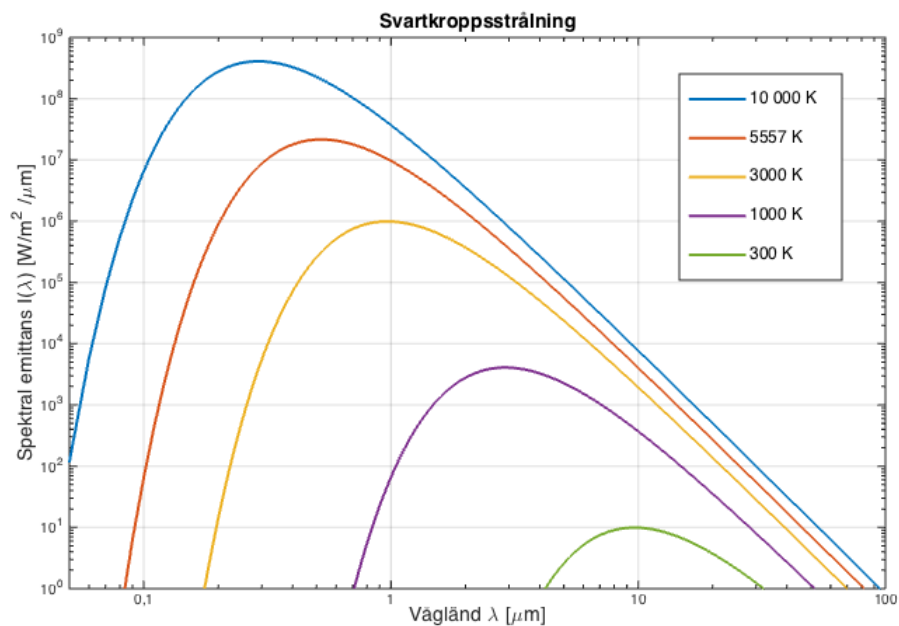
$$I(\nu, T) = \frac{2h\nu^3}{c^2} \frac{1}{e^{k_B T} - 1} \quad (3.4a)$$

$$I(\lambda, T) = \frac{2hc^2}{\lambda^5} \frac{1}{e^{\frac{hc}{\lambda k_B T}} - 1} \quad (3.4b)$$

Där ν = frekvens, Hz
 λ = våglängd, m
 T = absolut temperatur, K
 h = Plancks konstant = $6,626\,069\,57 \cdot 10^{-34}$ Js
 c = ljushastigheten i vakuum = $299\,792\,458$ m/s
 k_B = Boltzmanns konstant = $1,380\,648\,8 \cdot 10^{-23}$ JK $^{-1}$

Samtliga värden hämtade från CODATA, 2010.

Med begreppet *spektral emittans* menas en areas utstrålade effekt per våglängdsenhet, $I(\lambda)$ [W/m 2 /m]. För att inte förväxlas med effekt per volym, [W/m 3], bör den spektrala emittansen anges som just intensitet per våglängdsenhet, där våglängden uttrycks med lämpligt prefix för den våglängd man studerar, för värmestrålning typiskt μ m. I figur 3.2 visas en svartkropps spektrala emittans för några olika temperaturer i en log-log-skala.



Figur 3.2: Svartkropsstrålning för några temperaturer mellan 300K och 10 000K

3.1. ELEKTROMAGNETISK STRÅLNING

3.1.4 Kirchhoffs lag och emissivitet

Kirchhoffs lag säger att kroppar emitterar strålning i proportion till andelen de absorberar. En svartkropp absorberar all inkommande strålning och har $a = 1$, den måste då också emittera med samma effekt för att dess temperatur inte ska stiga. Emissivitet (ε) hos ett föremål är andelen utstrålad effekt av en svartkropp med samma temperatur. Emissiviteten varierar, precis som absorptionen, med våglängden även om temperaturen är den samma.

$$a(\lambda) = \varepsilon(\lambda) \quad (3.6)$$

Där
$$\varepsilon = \frac{\text{utstrålad effekt}}{\text{utstrålad effekt av svartkropp}}$$

3.1.5 Stefan-Boltzmanns lag

Om man integrerar uttrycket i Plancks lag över alla våglängder får man ett samband mellan utstrålad effekt och ytans temperatur. Redan 1879 härledde Stefan sambandet empiriskt och bara fem år senare visade Boltzmann en teoretisk härledning. Stefan-Boltzmanns lag ger en svartkroppas utstrålade effekt per area som funktion av dess temperatur.

$$M_e = \sigma T^4 \quad [\text{W/m}^2] \quad (3.7)$$

Där $\sigma = \frac{2\pi^5 k^2}{15c^2 h^3} = 5,670\,400 \cdot 10^{-8} \text{ [W/(m}^2 \text{ K}^4)]$ (CODATA, 2010)

En icke-ideal yta strålar med en effekt beroende av sin våglängdsberoende emissivitet ($\varepsilon(\lambda)$) vid en givna temperaturen.

$$M_e = M_e^\circ \varepsilon(\lambda) = \varepsilon(\lambda) \sigma T^4 \quad [\text{W/m}^2] \quad (3.8)$$

3.1.6 Wiens förskjutningslag

Som syns i figur 3.2 varierar intensiteten med våglängden. Den våglängd där arean skiner med störst effektivitet kallas för λ_m .

Under 1800-talets sista decennium upptäcktes att produkten av λ_m för svartkroppar och deras temperatur T är konstant och lika med ett specifikt värde, $2,897\,7721 \cdot 10^{-3}$ (CODATA, 2010). Detta samband kallas Wiens förskjutningslag.

$$\lambda_m \cdot T = 2,897\,7721 \cdot 10^{-3} \quad [\text{mK}] \quad (3.9)$$

3.2 Termodynamik



Figur 3.3: Ångloket tar sig fram genom termodynamikens första huvudsats.

Så fort du lagar mat, åker bil, eller värmer hemmet så utnyttjar du termodynamikens principer. I detta avsnitt kommer termodynamikens huvudsatser att presenteras närmare. De är fyra till antalet men har av vad som anges nedan en något märklig numrering.

3.2.1 Termodynamikens nollte huvudsats

Två kroppar som var för sig är i termisk jämvikt med en tredje kropp, står även i termisk jämvikt med varandra. Denna huvudsats är mycket yngre än de andra tre. Först på 1900-talet kom den och dels för att den på ett plan är mer fundamental än de andra samt att de tre övriga redan var så etablerade så ett namnbyte ansågs olämpligt fick huvudsatsen sitt namn. Huvudsatsen innebär att två kroppar som befinner sig i termisk kontakt med varandra antar samma temperatur genom att termisk energi i den varmare kroppen flödar till den kallare. Det kanske mest basala inom termodynamiken är att mäta en temperatur med en analog kvicksilvertermometer och den termometern utnyttjar just precis den nollte huvudsatsens princip.

3.2.2 Termodynamikens första huvudsats

Den första huvudsatsen kan presenteras på två sätt. Dels som den så kallade energiprincipen, *energi kan varken skapas eller förstöras, den kan bara omvandlas.* Det andra sättet att formulera huvudsatsen är att *den till ett system tillförda värmen Q som utför arbetet W resulterar i att systemet får en förändrad inre energi som är lika med differensen mellan Q och W .* Detta går även att uttrycka för infinitesimala storheter.

3.2. TERMODYNAMIK

$$\Delta U = Q - W \quad (3.10)$$

Den inre energin hos ett termodynamiskt system beror bara på systemets tillstånd. Varje förändring av den inre energin bestäms av det initiala och slutliga tillståndet och inte vägen mellan dessa. Den totala inre energin är således alltid konstant i ett isolerat system.

Ångloket i figur 3.3 fungerar genom att vatten värms av kol som eldas. När vattnet kokar och förångas används den expanderande ångan till att driva loket framåt. Ett termodynamiskt system kan utbyta energi med omgivningen genom värmetransport eller genom mekaniskt arbete. Ett system med tryck p som ändrar sin volym från V_1 till V_2 utför arbetet W . Detta ges av integralen av p med avseende på volymen

$$W = \int_{V_1}^{V_2} p dV \quad (3.11)$$

3.2.3 Termodynamikens andra huvudsats

Många termodynamiska processer sker naturligt i den ena riktningen men inte i den andra. I fallet med värme så flödar värmen från en varmare kropp till en kallare men aldrig tvärt om. Om motsatsen skett skulle det inte bryta mot termodynamikens första huvudsats, den totala energin skulle fortfarande vara densamma. Däremot skulle detta bryta mot termodynamikens andra huvudsats så därför sker det inte naturligt.

För att enklast formulera den andra huvudsatsen behövs begreppet entropi, ett kvantitativt mått på oordningen och slumpmässigheten i ett system. Med entropi kan termodynamikens andra huvudsats formuleras som följande: *Ingatermodynamiska processer som minskar entropin kan ske spontant.* Det finns reversibla processer men dessa bevarar systemets entropi.

3.2.4 Termodynamikens tredje huvudsats

Den tredje huvudsatsen skulle kunna kallas en statistisk naturlag och utgör grunden för att kunna bestämma ett absolut värde på entropin i ett system. Huvudsatsen slår fast att: *entropin är noll för en perfekt kristall med en absolut temperatur på noll, den absoluta nollpunkten.*

Ludwig Boltzmanns klassiska entropidefinition är att entropin S är proportionell mot logaritmen av antalet mikrotillstånd Ω med Boltzmanns konstant k_B som proportionalitetskonstant.

$$S = k_B \cdot \ln \Omega \quad (3.12)$$

När temperaturen minskar så minskar antalet mikrotillstånd och följaktligen sjunker entropin. Med detta som bakgrund så postulerar den tredje huvudsatsen att entropin för ett system vid absoluta nollpunkten har ett väldefinierat konstant värde.

3.3 Värmeegenskaper hos materia

De allra flesta har en vardaglig uppfattning och relation till värme och temperatur. Den blir ständigt aktualiserad när vi står vid spisen eller kollar termometern för att bestämma våra klädval. Den fysikaliska förståelsen för begreppen är däremot inte alls lika självklar. Värme är ett energiflöde mellan olika kroppar som lyder under termodynamikens huvudsatser. Det har sitt ursprung i den termiska energin, den ordnade rörelsen som finns i föremålets atomer eller molekyler. Detta energiflöde sker spontant utan att det krävs något fysikaliskt arbete.

Hur kan det komma sig att vi kan sitta i en 90 °C varm bastu men inte bada i vatten med samma temperatur? Det beror naturligtvis på de olika värmeegenskaperna hos vatten respektive luft. Nedan finns en kort genomgång av ett urval av egenskaper som är relevanta för detta arbete. Deras numeriska värden är sammanställda i tabell 3.1.

Ämne	Specifik värmekapacitet C_p [kJ/(kg K)]	Värmeledningsförmåga [W/(m K)]	Specifik ångbildningsvärme [kJ/kg]
Aluminium	0,897	238	
Trä	0,4	0,14	
Luft	1,01	0,026	
Vatten	4,181	0,6	2260
Etanol	2,43		841
Aceton	2,20		509

Tabell 3.1: Relevanta värmeegenskaper för några ämnen som förekommer i detta arbete.

Den första värmeegenskapen som ämnena har är den specifika värmekapaciteten, det kan beskrivas som ämnets termiska tröghet. Den specifika värmekapaciteten anger hur många joule som krävs för att ett kilo av ämnet får en temperaturhöjning på en kelvin. Detta är detsamma som ämnets förmåga att magasinera termisk energi. Vatten har den i särklass högsta specifika värmekapaciteten i tabellen och detta tillsammans med värmeledningsförmågan hjälper oss att förstå bastufrågan ovan.

Värmeledningsförmågan i en stav följer Fouriers lag, mängden värmeenergi per tidsenhet (värmeflödet) J som går genom en stav är proportionell mot tvärsnittsarean S , temperaturskillnaden mellan den kalla och varma sidan ΔT samt omvänt proportionellt mot stavens längd Δx med proportionalitetskonstanten κ som betecknar den ämnesspecifika värmeledningsförmågan med enheten $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$

$$J = \kappa \frac{S \cdot \Delta T}{\Delta x} \quad (3.13)$$

I tabell 3.1 kan vi se de olika ämnenas värmeledningsförmåga och vi ser att vatten har en 23 gånger så stor värmeledningsförmåga som luft vilket är den främsta

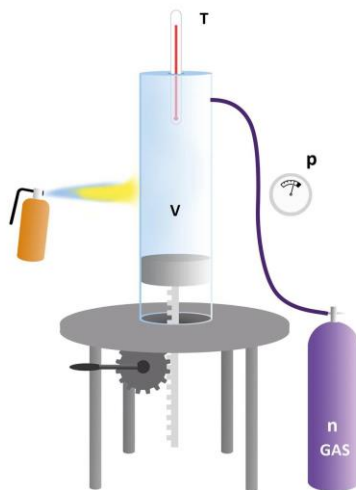
3.3. VÄRMEEGENSKAPER HOS MATERIA

anledningen till att vi kan sitta i en $90\text{ }^{\circ}\text{C}$ varm bastu men inte bada i vatten med samma temperatur.

Den sista värmeegenskapen som kommer behandlas här är ämnets ångbildningsvärme. Denna anger den värmeenergi som måste tillföras för att vid konstant temperatur förångas ett kilogram av ett ämne vid dess normala kokpunkt. Avdunstning och ett ändrat aggregationstillstånd sker även vid temperaturer under ämnets kokpunkt. Det beror på att temperaturen anger ett medelvärde av hastigheten hos molekylerna i ämnet så det finns molekyler som kan lämna bindningarna även vid lägre temperaturer. Ämnets flyktighet avgörs av hur de kemiska bindningarna mellan molekylerna är konstituerade. Ångbildningsvärmens är det som krävs för att molekylerna ska lämna vätskan och det tas från den omgivande vätskan. Då skulle en hypotes vara att i fallet med vatten, etanol och aceton så är det vattnet som kommer få lägst temperatur vid avdunstning. Acetonet och etanolen är dock mycket flyktigare varför avdunstningen sker fortare och de kommer totalt att ta mer värme från den kvarvarande vätskan vars temperatur sjunker mer.

3.3.1 Ideala gaslagen

För en ideal gas finns ett enkel samband. Betrakta följande uppsättning:



Figur 3.4: Genom att fylla på med mer gas, värma upp cylindern och förändra volymen V med pistongen kan trycket p , temperaturen T , och substansmängden n kontrolleras.

Med hjälp av denna uppsättning så skulle vi kunna undersöka hur trycket p , absoluta temperaturen T , och substansmängden n varierar hos gasen. Genom gastuben, pistongen och brännaren kan variablerna kontrolleras. Används uppställningen på olika gaser kommer tre slutsatser kunna dras:

1. Volymen V är proportionell mot substansmängden n . Om substansmängden fördubblas och trycket och den absoluta temperaturen hålls konstanta kommer volymen fördubblas.
2. Trycket p är omvänt proportionell mot volymen V . Om volymen halveras men substansmängd och temperatur hålls konstanta så kommer trycket fördubblas. Med andra ord vid konstant substansmängd och temperatur är produkten pV konstant.
3. Trycket är proportionellt mot den absoluta temperaturen. Fördubblas temperaturen samtidigt som volymen och substansmängden hålls konstanta kommer trycket fördubblas.

Dessa tre resultat kan vackert kombineras i följande enkla ekvation:

$$pV = nRT \quad (3.14)$$

Den så kallade ideala gaslagen där $R = 8,3144621 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ fungerar som proportionalitetskonstant och kallas den allmänna gaskonstanten (CODATA, 2010). Den ideala gaslagen är en modell för gaser av identiska, punktformade och oladdade partiklar. Ingen gas är helt ideal men modellen utgör en god approximativ beskrivning av luftens motsvarande egenskaper.

3.4 Tekniken i kameran

Langley invented the bolometer,
It's really a kind of thermometer,
That can measure the heat,
From a polar bears feet,
At a distance of half a kilometer.

(Whaley Tim, 23 November 2006)

I detta avsnitt beskrivs den grundläggande tekniken bakom moderna värmekameror liknande de modeller vi använt i laborationerna. I laborationen användes FLIR:s handhållna kameror av modellerna i5 och i7, se figur 3.5. Den nu utgångna i-serien riktade sig mot bygg- och anläggningssektorn för kontroller av exempelvis el-, ventilations- och värmeinstallationer. Det väsentliga är att förstå och känna till kamerans begränsningar och hur dessa påverkar ens mätresultat. Med god kunskap om instrumentens tillförlitlighet kan resultaten tolkas och värderas på ett korrekt sätt.

Förenklat består en värmekamera av systemdelarna optik, detektor, digital bildbearbetning och gränssnittet mot användaren. Varje del väljs och anpassas efter det tilltänkta användningsområdet. Den produktspecifika informationen kommer från

3.4. TEKNIKEN I KAMERAN

FLIR genom produktinformationsblad (FLIR, 2013) och samtal med deras personal inom yrkesutbildning. Detaljerad information utgör företagshemligheter varför fokus ligger på huvudprinciperna för komponenterna.



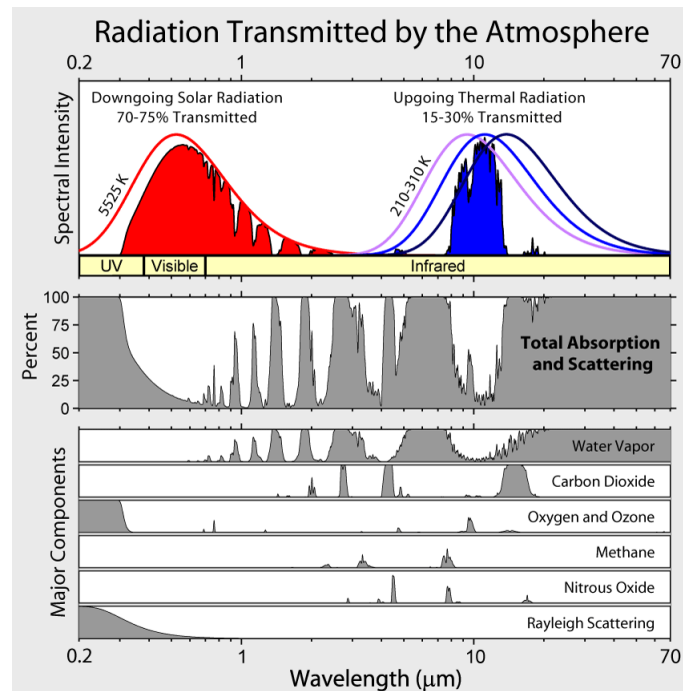
Figur 3.5: Handhållna värmekameror av modellerna i5 och i7 som användes under besöket.

3.4.1 Val av spektrumområde

Det infraröda vågbandet sträcker sig från det synliga ljusets övre gräns, 600 nm, upp till mikrovågorna med våglängder runt 1 mm. Att skapa en kamera som analyserar alla dessa våglängder är opraktiskt av många anledningar. Olika material interagerar med strålning av olika våglängder på olika sätt så för att optimera varje komponent måste ett smalare vågband väljas. De kameror vi använt i laborationerna analyserar strålning i våglängder mellan 7 och 13,5 mm, även kallat *Long Wave InfraRed*, (LWIR). I detta vågband, ett så kallat atmosfäriskt fönster, är transmissiviteten för gaserna i atmosfären hög och dess inverkan på mätresultatet därför försumbar. Som konsekvens är både vattenånga och koldioxid näst intill genomskinliga och omöjliga att detektera för dessa värmekameror, se figur 3.6.

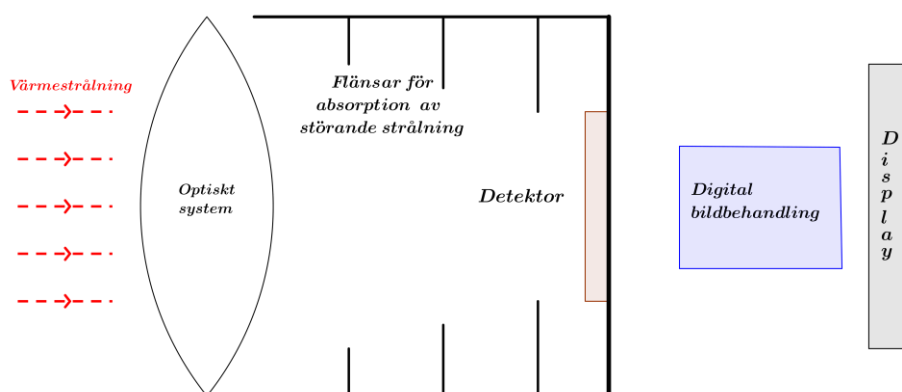
3.4.2 Optik

Både i5 och i7 är utrustade med fast fokus och en närgräns på 0,6 m. Då vanligt glas har extremt dålig transmissivitet i de aktuella våglängderna görs linserna till värmekamerorna av Gasir® eller GeSbSe. Gasir® är ett kalkogent glas och GeSbSe är en legering av halvmetallerna germanium och antimon samt icke-metallen selen. På grund av sin IR-transmissivitet är germanium klassat som strategiskt viktig för den nationella säkerheten i flertalet länder (Moskalyk, 2004)(Brown, 2000). I de äldre modellerna används Gasir® som har ett brytningsindex omkring 2,5 i LWIR och transmissiviteten varierar mellan 68,5 och 64,5% (Umicore, 2015). Då alla kroppar med temperaturer över den absoluta nollpunkten utstrålar värmestrålning



Figur 3.6: EM-strålning transmitterad genom atmosfären. "Atmospheric Transmission". Licensierad under CC BY-SA 3.0 via Wikimedia Commons.

finns absorberande flänsar mellan optiken och detektorn för att fånga in störande brus från komponenterna själva. Bland de kylda kamerorna varierar det hur många komponenter som hålls kylda. Ju fler som kyls ner, desto mindre blir bruset från de interna komponenterna.



Figur 3.7: Schematisk bild av värmekamera.

3.4. TEKNIKEN I KAMERAN

3.4.3 Detektor

I uppsatsen används *detektor* för att beskriva komponenten som detekterar strålning. Detektorn kan i sin tur bestå av många små detektorer, pixlar, här kallade *sensorer*. Idag används i huvudsak två typer av sensorer i värmekameror, fotonräknande sensorer (single-photon detector, SPD) och bolometrar. De förstnämnda omvandlar inkommande fotoner till en detekterbar ström genom en foto-elektrisk reaktion. Bolometrar absorberar inkommande strålning vilket resulterar i en temperaturhöjning som kan detekteras på olika sätt. SPD:s har högre sensitivitet och snabbare reaktionstid vilket gör det möjligt att ta bilder med kort slutartid i snabb följd. Bolometrar har fördelar är bland annat låg energianvändning, bra signal-brusförhållande vid rumstemperatur, ett bredare spektrum och enklare tillverkning. För enklare handhållna instrument är microbolometrar den vanligaste sensortypen (Ang, Kropelnicki, Tsai, Leong & Tan, 2014).

Microbolometer

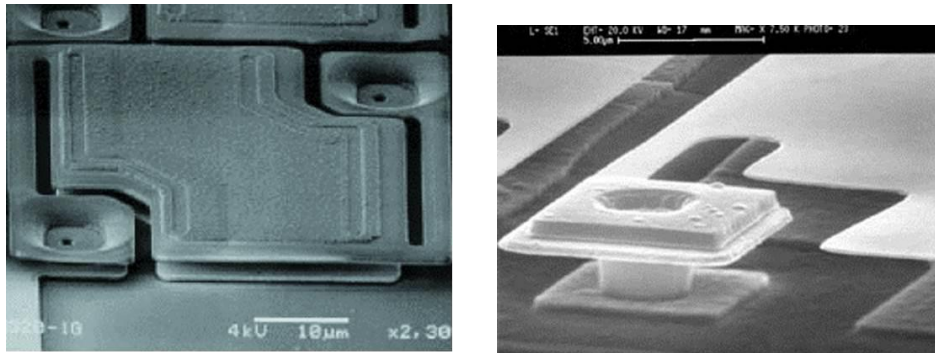
En bolometer består av en absorberande del kopplad till en termisk reservoar. När absorbatoren träffas av strålning höjs dess temperatur och ökningen kan bestämmas genom att mäta resistansen. Den termiska konduktiviteten i kopplingen mellan reservoaren och absorbatoren "nollställer" absorbatorns temperatur. Förhållandet mellan absorbatorns värmekapacitet och den termiska konduktiviteten mellan absorbatoren och reservoaren bestämmer sensorns kortast möjliga avläsningsintervall.

$$\tau = \frac{C_{abs}}{G} \quad (3.15)$$

En snabb sensor kräver således en bra konduktivitet mellan reservoar och absorbator samt låg värmekapacitet. En absorbator med låg specifik värmekapacitet och bra konduktivitet resulterar i högre brusnivåer. För pålitliga avläsningar krävs då en starkare signal och i slutändan en mindre finkänslig sensor.

Focal Plane Array, FPA

De tidiga värmekamerorna använde sig av roterande speglar för att bestråla en enda sensor med en liten del av synfältet (instantaneous field of view, IFOV) åt gången. En färdig bild skapades genom att sätta ihop alla enskilda delar av synfältet. Senare utvecklades metoden så att en hel rad detektorer skannade av synfältet rad för rad, så kallade *line scanners*. Den komplicerade mekaniken gick ofta sönder och gjorde utrustningen ömtålig och skrymmande. Med enklare och billigare sensorer är det mer fördelaktigt att montera många sensorer i en tvådimensionell matris placerad i optikens fokalplan (Focal Plane Array, FPA). En sådan uppställning möjliggör högre bildfrekvens och kortare slutartid samt har fördelen att varje del av synfältet mäts samtidigt. Detektorn i FLIR i7 består av 140×140 enskilda sensorer medan mer avancerade modeller har en upplösning på 640×480 pixlar. Microbolometrar byggs på integrerade kiselkretsar som innehåller den nödvändiga elektroniken för

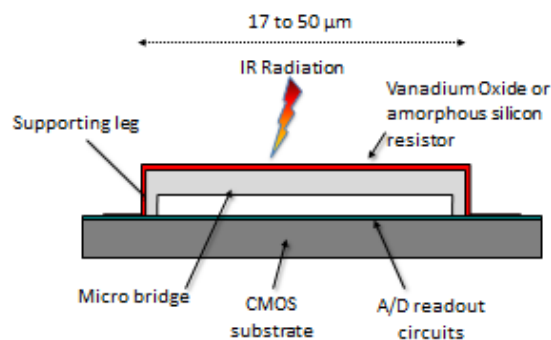


(a) Bild av en microbolometer i FPA, i överkant syns grannpixeln.

(b) Närbild av stödbenet som höjer och isolerar absorbatoren från ROIC.

Figur 3.8: Bilder på microbolometrar tagna i svepelektronmikroskop, varje bolometer är $< 50 \mu\text{m}$. Används med tillstånd från ITC, FLIR Sverige.

att läsa av den enskilda sensorn, så kallade *Readout Integrated Circuit (ROIC)*. Absorbatorn består vanligen av en tunn film vanadiumoxid av olika sorter på grund av deras höga temperaturkoefficient (Chen, Yi, Zhao & Xiong, 2001). För att isolera absorbatorn från kiselkretsen höjs det tunna metallskiktet upp några micrometer, se figur 3.8 och 3.9, och en reflekterande yta placeras på kiselkretsen innan allt innesluts i vakuum. Storleken på de enskilda microbolometrarna minskar i takt med utvecklingen. Mycket av utvecklingen sker inom vapenindustrin och är hemlig men pixelstorlekar ner mot $17 \mu\text{m}$ har använts i 2048×1536 -detektorer (Hecht, 2012). Varje pixel måste isoleras från pixlarna i sin direkta omgivning för att ge ett indi-



Figur 3.9: Schematisk skiss av en microbolometer. Används med tillstånd från ITC, FLIR Sverige.

viduellt mätvärde. Hur stor andel av en pixel som utgörs av faktiskt absorberareyta är direkt avgörande för hur stor del av hela detektorn som faktiskt analyserar den inkommande strålningen. Utvecklingen av detektorer gäller därför inte bara antalet och storleken på pixlarna utan också hur stor den andelen den sammanlagda sensory-

3.4. TEKNIKEN I KAMERAN

tan är, så kallad *fill factor*. Ny forskning antyder att fill factors upp mot 100% för kvadratiska sensorer får negativa effekter vid vissa typer av digital bildbehandling (Hardie, Droege, Dapore & Greiner, 2015).

Termisk upplösning

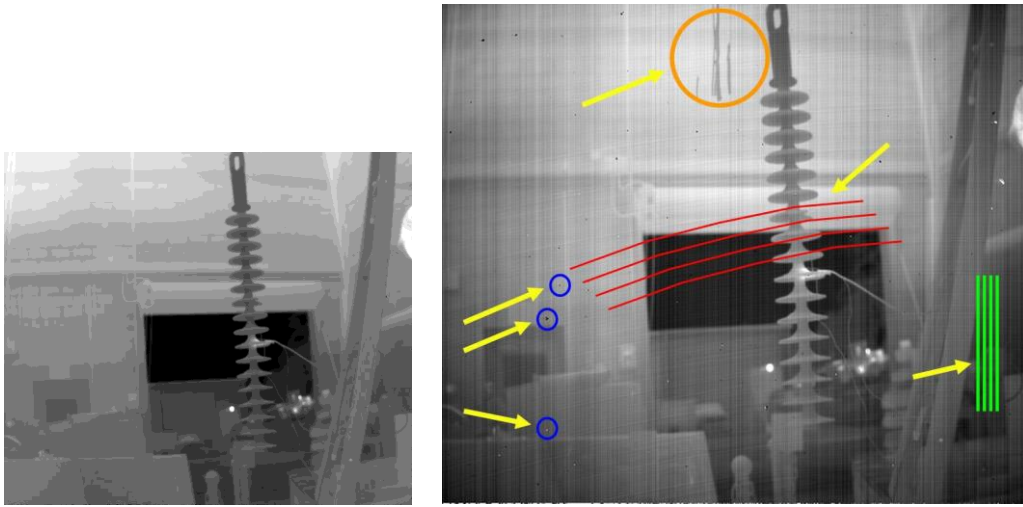
Hur små temperaturförändringar en sensor kan avläsa, dess *termiska upplösning*, avgörs till stor del av absorbatorns värmekapacitet och massa. Ju mindre strålningens energi som behövs för att förändra temperaturen hos sensorn desto mindre skillnader kan registreras. För att förändringen med säkerhet ska kunna antas som korrekt registrerad måste den vara signifikant större än brusvariationerna. Praxis är att ange den termiska upplösningen som *Noise-Equivalent Temperature Difference (NETD)* (Hecht, 2012). Typiska värden för handhållna modeller är 50 – 20 mK, de äldre modellerna i5 och i7 har NETD på 100 mK.

NonUniformity Correction - NUC

Alla detektorer av FPA-typ är belastade med fixerat brus (*Fixed-Pattern Noise, FPN*) som kommer av skillnaderna i känslighet hos enstaka pixlar. FPN har varit ett större problem i värmekameror för LWIR än i de vanliga kamerorna för synligt ljus (Torres & Hayat, 2003). För att kompensera för FPN utför kameran en icke-uniformskorrektion (*NonUniformity Correction, NUC*). Vid användning av värmekamerorna händer det ofta att bilden fryser ett ögonblick och ett tydligt klick-ljud hörs samtidigt som det står "kalibrering" högst upp på skärmen. Ljudet kommer från det "pingisracket" som sätts framför detektorn inne i kameran och helt isolerar FPA:n från inkommande strålning. "Pingisracket" är litet och håller samma temperatur som kameran, alla pixlar bör då ge samma mätvärde. I de fall där så inte sker kan dessa pixlars mätvärden korrigeras.

3.4.4 Bildbehandling

Rådatan som samlas in från sensorerna läses av enligt olika algoritmer, vanligen linjevis. Datan behandlas på olika sätt innan en färdig bild presenteras för användaren. Efterbehandlingen kan delas in i två kategorier, till den första hör de som kompenserar för icke-ideala omständigheter i atmosfären och instrumentet. Till den andra hör de metoder som syftar till att förtydliga bilden. Då inget system är perfekt finns många korrigeringar att göra. Alla kameror kalibreras före försäljning. För mer avancerade modeller med utbytbar optik måste varje lins ha sin egen kalibreringsinställning. Figur 3.10 visar exempel på olika störningar som kompenseras för genom digital bildbehandling. Enligt presentationer på Sensorsymposium 2014, arrangerat av Försvarets materialverk (FMV), är superupplösning (*Super Resolution, SR*) en av de vanligare teknikerna för att förbättra bildkvalitén. SR kombinerar flera lågupplösta bilder av samma vy för att kombinera till en högupplöst bild. Genom små förflyttningar mellan bildtagningarna kan detaljer mindre än pixlarnas storlek urskiljas i den slutgiltiga bilden (Steinvall, 2014).



Figur 3.10: Den vänstra är den färdigbehandlade bilden som den visas på displayen i realtid, den högra bilden visar rådatan med olika typer av defekter markerade. Fel som korrigerats är bland annat döda pixlar (blå) och skrapmärken från produktionen (rött). Tillstånd från ITC, FLIR Sverige.

Multi Spectral Dynamic Imaging - MSX

Idag är det vanligt att använda kombinationer av vanliga digitalkameror och IR-kameror för att lättare se detaljer i bilderna. Då utvecklingen av FPA:er för det synliga spektret har kommit längre än de för IR är det inte svårt att montera en mer högupplöst digitalkamera precis bredvid IR-linsen. Med bildbehandling och kompensering för parallaxvinkeln kan konturer och text från det synliga spektret fogas in i termografin. Tekniken är användbar vid exempelvis inspektion av säkringsskåp då säkringsnummer kan avläsas direkt i IR-bilden. Tekniken finns inte i modellerna i5 och i7 men i samtliga nya modeller. Tekniken tas upp här då den är pedagogiskt problematisk. Med MSX ges en falsk detaljnivå och det blir möjligt att se osynliga föremål i värmebilden, till exempel genom fönsterglas. Mer om de pedagogiska problemen i avsnitt 7.1.1.

3.4.5 Beräkning av temperaturen

Den strålning som träffar kamerans detektor är långt ifrån en svartkroppsstrålning. För att beräkna temperaturen måste kameran kompensera för de störningar som finns. Den största felkällan är emissiviteten hos ytan som studeras. Ska noggranna mätvärden fås krävs manuella inställningar i kameran. De flesta modeller har en lista med material och ungefärlig emissivitet. I avancerade modeller kan avstånd, luft- och bakgrundstemperatur ställas in exakt för att få bättre värden till kamerans kompenseringss algoritmer.

$$M_{det} = (M_{obj} \cdot \varepsilon(\lambda) \cdot T_{atm} + M_{omg} \cdot \rho_{obj} \cdot T_{atm} + M_{atm} \cdot \varepsilon_{atm}) \cdot T_{optik} \quad (3.16)$$

3.4. TEKNIKEN I KAMERAN

Ekvation 3.16 är ett exempel på hur atmosfären (*atm*) och omgivningen (*omg*) påverkar den detekterade (*det*) strålningen från objektet (*obj*), (Burnay, Williams & Jones, 1988). Eftersom mätningarna görs i ett atmosfäriskt fönster, se figur 3.6, är atmosfärens inverkan försumbar för kortare mätavstånd, $\tau_{atm} \approx 1$ och ε_{atm} , α_{atm} , $M_{atm} \approx 0$. I praktiska sammanhang är transmittansen för de flesta ytor nära 0 och ekvation 3.3 ger

$$\rho = 1 - \alpha \quad (3.17)$$

som enligt Kirchoffs lag (ekvation 3.6) kan skrivas

$$\rho = 1 - \varepsilon \quad (3.18)$$

En enklare form av ekvation 3.16 blir då

$$M_{det} = (M_{obj} + M_{omg} \cdot (1 - \varepsilon_{obj}))\tau_{optik} \quad (3.19)$$

Ur ekvation 3.19 fås effekten som objektet strålar ut för en given areaenhet som

$$M_{obj} = \frac{M_{det}}{\tau_{opt}} - M_{omg}(1 - \varepsilon_{obj}) \quad (3.20)$$

För att beräkna temperaturen på objektet används sambandet i Stefan-Boltzmanns lag, ekvation 3.7, mellan M_{obj} och dess temperatur T_{obj} , $M_{obj} = \varepsilon(\lambda)\sigma T_{obj}^4$, vilket resulterar i

$$T = \left(\frac{\frac{M_{det}}{\tau_{opt}} - M_{omg}(1 - \varepsilon_{obj})}{\sigma \varepsilon_{obj}} \right)^{\frac{1}{4}} \quad (3.21)$$

Låg emissivitet gör att omgivningens temperatur får större inverkan på temperaturmätningen. Som tumregel rekommenderas att inte göra mätningar direkt på ytor med en emissivitet under 0,6. Möjliga lösningar kan vara att fästa eltejp (emissivitet 0,95) på ytan eller att mäta temperaturen i håligheter.

Kapitel 4

Didaktisk teori

Communication is a process of sharing experience till it becomes a common possession. It modifies the disposition of both the parties who partake in it.

(Dewey, 1916, s. 9)

Människan har mycket att lära. Det nyfödda barnet är helt beroende av hjälp och omsorg från omvärlden. Successivt lär det sig att hantera olika situationer och att ta hand om sig självt. Vi lär oss att gå, vi lär oss att tala ett språk och att kommunicera med vår omvärld. Detta har vi gjort i alla tider men i dagens samhälle räcker inte dessa kunskaper långt. I dag är kunskapsinhämtning och utvecklandet av olika förmågor en dominerande del av en människas 20 första år. Vi måste lära oss att läsa, skriva och räkna, behärska verktyg, analysera komplexa system och att använda maskiner. Samhället och individer lägger stora resurser på att lära sig så mycket som möjligt så effektivt som möjligt. Ändå är det omdiskuterat vad lärande egentligen är. I vårt arbete har vi utgått från att lärande sker i ett socialt sammanhang, i en gemenskap, enligt det sociokulturella perspektivet.

4.1 Det sociokulturella perspektivet

Den sovjetiske filosofen och pedagogen Lev S. Vygotskij utgick från en konstruktivistisk syn på kunskap och att denna konstruerades i ett socialt sammanhang. Individens möjliga utveckling begränsas av dess förförståelse och ryms inom den *proximala utvecklingszonen* (*Zone of Proximal Development, ZPD*). I en grupp kan medlemmarna bidra med kunskaper till gruppens gemensamma ZPD och utöka vad varje medlem har möjlighet att lära sig, "det som barnet idag kan göra i samarbete kommer det imorgon att kunna göra självständigt" (Vygotskij, 2007, s.333).

4.1.1 Vetenskapliga och vardagliga begrepp

Enligt detta perspektiv är språket det absolut viktigaste verktyget för lärande. Med hjälp av språket sker den kommunikation i vilken vi delar våra upplevelser med andra och gör dem till allmän egendom som kan användas vid andra tillfällen (Säljö, 2000, s. 105). Enligt Vygotskij skiljer sig det vetenskapliga och det vardagliga språket sig från varandra och de har olika inlärningsvägar. Hur samspelet mellan det vardagliga och vetenskapliga språket fungerar är avgörande för hur barnet lär sig. Vardagliga begrepp uppstår naturligt ur ett behov i barnets reella värld, ett objekt i dess närhet får ett namn och först senare utvecklas förmågan att utföra abstrakta operationer med begreppet. De vetenskapliga begreppen går motsatt väg, ett begrepp, som en värme, presenteras abstrakt genom ett förhållande. Sedan får det vetenskapliga begreppet kopplas till vardagliga objekt eller fenomen i barnets miljö, (Vygotskij, 2007, s. 348). Vygotskij beskriver det som att de olika typerna av begrepp vandrar längs samma axel men från varsitt håll.

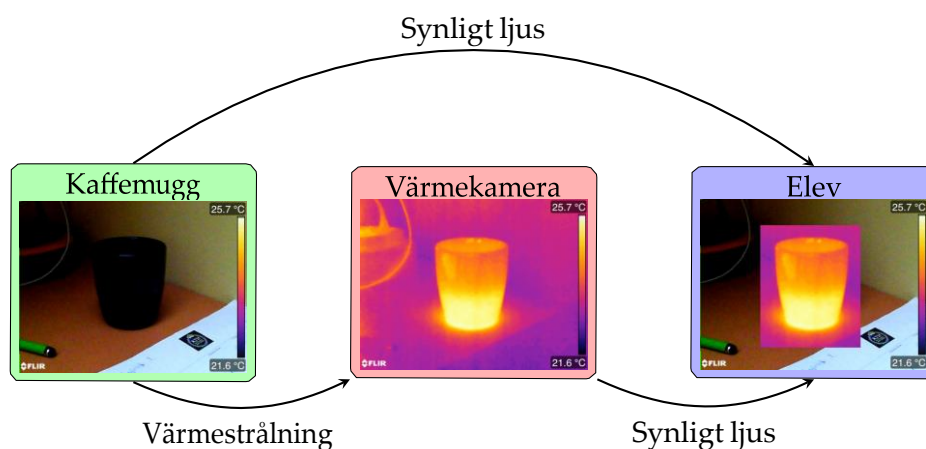
Värme, kyla och temperatur presenteras tidigt som vardagliga begrepp. Alla har känt och upplevt värme och kyla som något både positivt och negativt. Temperaturskalan används som mått på hur varmt eller kallt något är, är det minusgrader ute krävs en varmare jacka, är det +20 °C räcker det med en tröja. Enligt Vygotskij (2007, s. 347) är det största hindret för de vardagliga begreppens utveckling deras situationsbundenhet. Här hjälper de vetenskapliga begreppen till att lyfta de vardagliga till ny abstraktionsnivå. Då de vardagliga begreppen står närmare elevens empiriska upplevelser kan det vara svårt att bryta de missuppfattningar som kan uppstå när vardagliga och vetenskapliga begrepp blandas (Andersson m. fl., 2003).

4.1.2 Mediering genom artefakter

Människans förmåga att konstruera och använda verktyg har haft en avgörande betydelse för vår intellektuella utveckling. Med verktyg avses här både fysiska och intellektuella hjälpmedel. De fysiska artefakterna mikrofon och videokamera kan, tillsammans med de intellektuella verktygen språket och komprimeringsalgoritmer, användas för att lagra minnen och händelser utanför våra egna kroppar. En inspelad händelse kan ses av en annan person som i någon mån kan skapa sig en uppfattning om vad som skett. Uppspelningen kan ske i realtid eller långt senare, nära eller långt bort. Oavsett vilket blir verkligheten förmedlad av artefakterna innan den når åskådaren. Denna förmedling eller *mediering* är central i det sociokulturella perspektivet (Säljö, 2000). De värmekameror som använts i denna studie utökar den del av det elektromagnetiska spektret som vi vanligen använder för detaljerade observationer. De medierar värmestrålning med våglängd 7,5-13 μm till en färgglad bild vi kan se med blotta ögat. Användaren ser kamerans tolkning av verkligheten och har på så sätt utökat sitt "synliga spektra" med kamerans, se figur 4.1.

I lärandeprocessen används olika artefakter och verktyg. Genom dessa utökas individens ZPD. De intellektuella verktyg som finns inbyggda i en mobiltelefon behöver inte förstås av den enskilde användaren. Det går exempelvis utmärkt att lyssna

4.2. PRAGMATISMEN



Figur 4.1: En elev observerar en varm mugg i både det synliga och infraröda spektret genom mediering av en värmeamera.

på mp3-låtar utan att förstå fouriertransformer och temperaturer kan mätas med värmekameran utan att användaren själv känner till vare sig Plancks strålningslag eller Stefan-Boltzmanns lag. Men för att förstå hur lärandeprocessen med dessa artefakter går till måste det faktiska användandet av dessa studeras som en helhet. "Om vi skall förstå lärande som en del av sociala praktiker [...] kan vi inte analysera dessa apparater i sig och därefter studera det 'rena' mänskliga tänkandet. Vi måste se och förstå hur tänkande utövas av människor som agerar i sociala praktiker med hjälp av artefakter. När vi studerar tänkandet eller lärandet 'i sig', har vi tappat bort vårt fenomen och ägnar oss åt studier av tämligen hjälplösa individer som berövats sina sociokulturella resurser" (Säljö, 2000, s81).

4.2 Pragmatismen

Den amerikanske utbildningsfilosofen John Dewey har med sin pragmatism haft en stor betydelse för utvecklingen av den svenska skolan och dess läroplaner under stora delar av 1900-talet. Den pragmatiska nytto-tanken återfinns så väl i urvalet av kunskapsinnehåll som i diskussionen kring skolans roll som institution i samhället (Dewey, Hartman, Hartman & Lundgren, 2004). Ett av fysikämnets syften är att belysa fysikens betydelse i samhället och ge eleverna förmågan att använda kunskaperna till "granskning och användande av information" (Skolverket, 2011a, s. 2). I den fjärde artikeln i *Mitt pedagogiska Credo* från 1897 betonar han lärandets aktiva natur, det som ofta uttrycks som "learning by doing", en kritik mot det som kallas katederundervisning. Fem år senare publiceras *Barnet och läroplanen* som ytterligare betonar lärande som aktivt bearbetande av omgivningen och samspelet mellan elevens intressen och läroplanen. Lärarens uppgift blir att se till "att omständigheterna dag för dag är sådana att deras egna aktiviteter oundvikligen rör sig i denna riktning, till ett förverkligande av dem själva!" (Dewey m. fl., 2004, s.

125). I Wickman och Ligozat beskrivs detta med Deweys begrepp *end-in-view* eller *mål-i-sikte* (2011). Det önskvärda lärandet kan endast ske om uppgiften ger eleverna ett mål-i-sikte och utgår ifrån vad de redan klarar av. Vidare hävdar Wickman att följderna av kontinuitetsbehovet blir att helt fria aktiviteter saknar betydelse för eleverna då de varken har något att utgå ifrån eller något att ta sikte på och sträva mot (2014).

4.3 Praktiska epistemologier

I svensk didaktikforskning har Deweys idéer om kontinuitet och mål-i-sikte kombinerats med Wittgensteins filosofi kring språkspel och resulterat i vad som kallas *praktiska epistemologier*. Deweys mål-i-sikte delas upp i ett *närliggande syfte* som eleverna kan relatera till och förstå och ett *övergripande syfte* som är lärarens mål med undervisningssekvensen. En gemensam term för dessa två syften är *organisrande syften* och kontinuiteten uppstår när de närliggande syftena leder fram till de övergripande (Johansson & Wickman, 2011).

4.3.1 Språkspel

Wittgenstein bryter med sitt tidigare tankegods genom publiceringen av *Filosofiska undersökningar* 1953. Hans senare idéer grundar sig i att språket alltid finns i ett socialt sammanhang som är med och definierar dess betydelse (Nordin, 2011). Språkspelet varierar med dess aktörer och plattformar precis som begreppet *varm* har olika betydelser i olika sammanhang. Två kockar kan prata om en varm soppa, en kund kan be att få köpa en varm tröja och inredningsarkitekter kan prata om en varm ljussättning. I alla dessa sammanhang har ordet *varm* en specifik och given betydelse, inredningsarkitekten skulle inte försöka få till en *isolerande* ljussättning lika lite som expediten skulle ha *upphettade* tröjor på lager. Wickman och Östman (2002) beskriver det som att begreppet *står fast* i vart och ett av de olika fallen. Ord som står fast behöver ingen vidare förklaring utan används obehindrat av språkspels deltagare. Benämningen *stå fast* kan tyckas vilseledande då Wittgenstein menar att inget står fast i en absolut bemärkelse, det är relationerna och situationen runt begreppet som håller det fast. Med relationer menas exempelvis likheter och skillnader till andra begrepp. Wickman och Östman beskriver utifrån detta kunskap som "relationer av likheter och skillnader" och "lärande som uttolkning av nya relationer" (2002, s. 605). I interaktioner sker en ständig omförhandling av relationer och vad som står fast. När något nytt påträffas, som inte går att jämkas in eller ge en gemensam betydelse, skapas ett *mellanrum*. Det är genom att fylla dessa mellanrum med adekvata relationer till något som redan står fast som det nya kan *fästas* och lärande kan ske. Om mellanrummet är för stort räcker inte enstaka relationer för att fylla det och lärandet uteblir när mellanrummet kvarstår, att likna med Vygotskijs ZPD, avsnitt 4.1.

4.4. REPRESENTATIONER OCH ÄMNESSPECIFIKA SÄTT ATT VETA

4.4 Representationer och ämnesspecifika sätt att veta

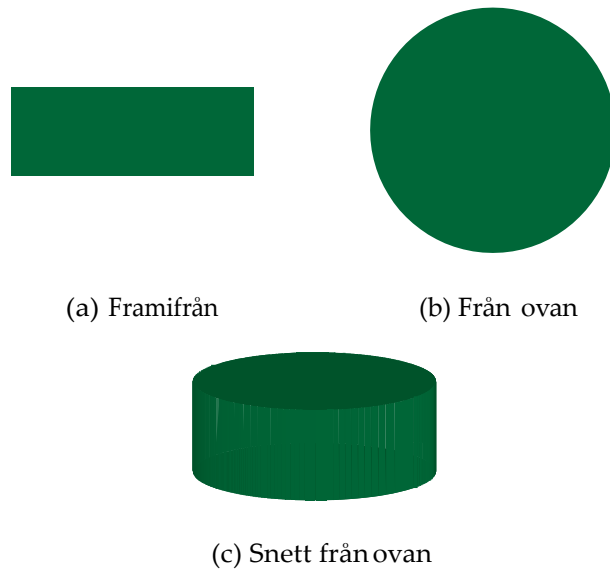
Inom en vetenskaplig disciplin används en specifik uppsättning av termer, liknelser, metoder, verktyg, symboler och praxis. Verksamheten inom disciplinen utvecklar en struktur av semiotiska representationer, en diskurs, anpassad efter det givna ämnesområdet. Airey och Linder (2009) beskriver hur en *ämnesspecifik diskurs* (*Disciplinary discourse*, egen översättning) formar och formas av det *ämnesspecifika sättet att veta* (*Disciplinary way of knowing*, egen översättning). Diskursen och sättet att veta går inte att separera, du kan inte få det ena utan det andra. En betydande del av lärandet är därför förknippat med att bli tillräckligt bekant med den givna diskursen genom ett aktivt deltagande. Airey och Linder (2009) poängterar att diskursen inte endast innehåller talat eller skrivet språk, huvudpoängen är den uppsjö av andra semiotiska och fysiska aspekter (*modes*, egen översättning) som används för att beskriva ett fenomen och att en tillräcklig variation av aspekter är nödvändig för att få en helhetsbild. En liknelse kan göras till hur en cylinder ser ut från olika synvinklar, se figur 4.2.

4.4.1 Facetter och nödvändig mängd aspekter

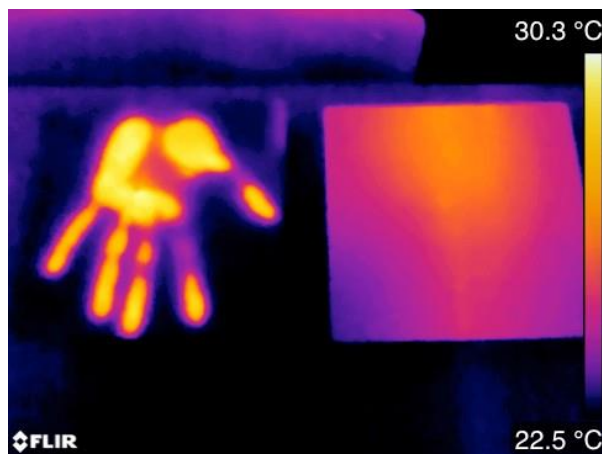
För att få en helhetsbild av cylindern räcker det inte att enbart betrakta föremålet rakt framifrån. På samma sätt finns ingen enskild aspekt som ger en bra bild av samtliga facetter (*facet*, egen översättning) av begreppet värmetransport. För att förstå begreppet, och förstå den tredimensionella formen hos cylindern, behöver en behärska en tillräcklig del av den ämnesspecifika diskursen genom verktyg, aktiviteter och semiotiska representationer, "become *discursively fluent* in a critical constellation of modes" (Airey & Linder, 2009, s. 33). De olika aspekterna belyser begreppet på olika sätt, precis som betraktningssvinklarna ger oss olika vyer av cylindern. Värmetransport kan till exempel beskrivas matematiskt med en diffusionsekvation (4.1), genom att ta i en gryta med en torr respektive blöt grytlapp eller genom en värmebild av handavtryck på metall- och träytor, se figur 6.5 och 4.3.

För att förstå och uppleva en given facett av ett ämnesspecifikt sätt att veta är det nödvändigt att behärska den eller de aspekter av diskursen som belyser just den aktuella facetten. Att behärska en aspekt leder inte per automatik till förståelse för korresponderande facetter. Den partiella differentialekvationen i 4.1 kan lösas utan att bidra till förståelsen av just värmetransport. Airey och Linder beskriver aha-upplevelser som kopplingar mellan facetter och just aspekter som behärskats sedan tidigare (2009, s. 42). Mellan dessa facetter och aspekter finns de mellanrum som behandlas i avsnitt 4.3.1.

Laborativa aktiviteter, verktyg, facktermer, matematiska modeller och sinnesintryck är alla väsentliga aspekter för en helhetsbild av komplexa diskurser. Utbildningen och betygskriterier måste därför innehålla övning i de olika aspekterna såväl som översättning mellan dem (Airey & Linder, 2009, s.45).



Figur 4.2: Samma objekt ser helt olika ut från två olika perspektiv. I kombination med en tredje vinkel fås en mer holistisk bild av objektet.



$$\frac{\partial u}{\partial t} = \kappa \cdot \nabla^2 u \quad (4.1)$$

Figur 4.3: Två olika representationer av värmeledning.

4.5. LABORATIONER

4.5 Laborationer

Laborationer är idag en självklarhet i undervisningen i naturvetenskap och teknik. Det har det varit i över 100 år (Thorell, Andersson, Jonsson & Holst, 2014). Det naturvetenskapliga arbetssättet upptar en stor del av grundskolans kursplaner och gymnasieskolans ämnesplaner i de naturvetenskapliga ämnena. I det centrala innehållet för årskurs 7-9 finns följande:

Fysikens metoder och arbetssätt

- Systematiska undersökningar. Formulering av enkla frågeställningar, planering, utförande och utvärdering.
- Mätningar och mätinstrument och hur de kan kombineras för att mäta storheter, till exempel fart, tryck och effekt.
- Sambandet mellan fysikaliska undersökningar och utvecklingen av begrepp, modeller och teorier.
- Dokumentation av undersökningar med tabeller, diagram, bilder och skriftliga rapporter.
- Källkritisk granskning av information och argument som eleven möter i källor och samhällsdiskussioner med koppling till fysik.

Förmågor i grundskolans kursplan

Genom undervisningen i ämnet fysik ska eleverna sammanfattningsvis ges förutsättningar att utveckla sin förmåga att

- använda kunskaper i fysik för att granska information, kommunicera och ta ställning i frågor som rör energi, teknik, miljö och samhälle,
- genomföra systematiska undersökningar i fysik, och
- använda fysikens begrepp, modeller och teorier för att beskriva och förklara fysikaliska samband i naturen och samhället.

Vidare står det:

Genom undervisningen i ämnet fysik ska eleverna sammanfattningsvis ges förutsättningar att utveckla sin förmåga att

- använda kunskaper i fysik för att granska information, kommunicera och ta ställning i frågor som rör energi, teknik, miljö och samhälle,
- genomföra systematiska undersökningar i fysik, och
- använda fysikens begrepp, modeller och teorier för att beskriva och förklara fysikaliska samband i naturen och samhället.

(Skolverket, 2011b)

Förmågor i gymnasieskolans ämnesplan

Undervisningen i ämnet fysik ska ge eleverna förutsättningar att utveckla följande:

1. Kunskaper om fysikens begrepp, modeller, teorier och arbetsmetoder samt förståelse av hur dessa utvecklas.
2. Förmåga att analysera och söka svar på ämnesrelaterade frågor samt att identifiera, formulera och lösa problem. Förmåga att reflektera över och värdera valda strategier, metoder och resultat.
3. Förmåga att planera, genomföra, tolka och redovisa experiment och observationer samt förmåga att hantera material och utrustning.
4. Kunskaper om fysikens betydelse för individ och samhälle.
5. Förmåga att använda kunskaper i fysik för att kommunicera samt för att granska och använda information.

Fysikens karaktär, arbetssätt och matematiska metoder

Om fysikens karaktär och arbetssätt skriver skolverket:

- Det experimentella arbetets betydelse för att testa, omvärdera och revidera hypoteser, teorier och modeller.
- Planering och genomförande av experimentella undersökningar och observationer samt formulering och prövning av hypoteser i samband med dessa.
- Bearbetning och utvärdering av data och resultat med hjälp av analys av grafer, enhetsanalys och storleksuppskattningar.
- Utvärdering av resultat och slutsatser genom analys av metodval, arbetsprocess och felkällor.

(Skolverket, 2011a)

Skolan ska vila på vetenskaplig grund och beprövad erfarenhet och det är därför viktigt att laborationer inte bara görs efter vad som har gjorts av tradition utan också efter de resultat som forskningen har gett och kommer att ge. Det första som är intressant är vad laborationen har för syfte. Varför görs laborationen? Det finns en mängd syften. Syftet med det laborativa arbetet kan delas in i tre domäner, den kognitiva, affektiva, och psykomotoriska domänen. Den kognitiva domänen syftar till att stärka elevernas förståelse för det naturvetenskapliga begreppen och de naturvetenskapliga arbetssättet. Den affektiva domänen syftar till att skapa intresse, uppskattning och positiva attityder till naturvetenskap. Slutligen den psykomotoriska domänen syftar snarare till att utveckla praktiska färdigheter samt elevernas förmåga att följa instruktioner (Högström, Ottander & Benckert, 2012).

Det är mycket som påverkar hur väl laborationerna fungerar för elevernas lärande. Ett område som är belyst är instruktionernas roll. Domin försöker sammanfatta en taxonomi med fyra typer av laborationsinstruktioner, dessa är, beskrivande, undersökande, upptäckande och problembaserad. Dessa har sina olika särarter när det kommer till utfallet av laborationen om utfallet är förutbestämt eller inte. Vidare

4.5. LABORATIONER

leder de olika instruktionstyperna till ett deduktivt eller induktivt förhållningssätt för eleverna där eleverna i de deduktiva typerna av laborationer använder generella principer för att förstå fenomen medan de i de induktiva observerar fenomenen för att själva komma fram till principerna. Slutligen skiljer Domin på om laborationsinstruktionerna har en given eller elevproducerad procedur (1999). I tabell 4.1 ges en översikt av de olika typerna.

Typ	Utfall	Förhållningssätt	Procedur
Beskrivande	Förutbestämt	Deduktiv	Given
Undersökande	Ej Förutbestämt	Induktiv	Elevproducerad
Upptäckande	Förutbestämt	Induktiv	Given
Problembaserad	Förutbestämt	Deduktiv	Elevproducerad

Tabell 4.1: De olika typerna av laborationsinstruktioner enligt Domin (1999).

Till detta kan läggas tre grader av frihet, där problemet, metoden och svaret kan lämnas öppet till eleverna (Schwab & Brandwein, 1962, s. 55).

Vilket syfte och vilken typ av laborationsinstruktion som används är det läraren som bestämmer. Dessa beslut tas inte enbart av pedagogiska skäl utan många gånger kan det vara tillgång på material, tid och elevernas förmågor som avgör valen (Högström m. fl., 2012). De senaste 20 åren av exponentiell tillväxt av tillgänglig teknik har en stor påverkan på utfallet, upplägget och hur vi bör forska på laborationer (Hofstein & Lunetta, 2004). Domin menar att analyser pekar mot att inget meningsfullt lärande sker i de beskrivande typerna av laborationer (1999). Lärandet kan dock öka om eleverna får tillfälle att göra efterarbete som har direkt koppling till laborationen (Domin, 2007).

Del III

Metod

Kapitel 5

Metod

För att studera hur en artefakt fungerar i undervisning krävs att själva användandet i en faktisk undervisningssituation med elever analyseras (Säljö, 2000). För att utreda hur värmekamerorna har fungerat i relation till de organiserande syftena måste en verklig undervisningsepisod undersökas (Johansson & Wickman, 2011). Studien har för avsikt att använda *design based research* (DBR), se avsnitt 5.1, och enkätsvar, transkriberingar, inlämnade rapporter och tagna bilder för att utvärdera besöket samt praktisk epistemologisk analys för att analysera om och hur värmekamerorna har bidragit till en ökad förståelse genom breddad representation.

1. *Hur kan värmekameror användas i ett skolbesök på Vetenskapens Hus?*

För att besvara frågeställning 1 används DBR med analys av transkriberingar, inlämnade rapporter, tagna bilder och observationer som utvärderingsgrund.

2. *Hur kan laborativa aktiviteter med värmekameror se ut för att öka förståelsen av begreppet värme?*

För att avgöra hur de enskilda momenten fungerar används en praktisk epistemologisk analys av elevernas förståelse och lärande. Enkäten var ursprungligen tänkt som en effektstudie för att mäta hur elevernas förståelse påverkats av besöket men på grund av uteblivna svar efter besöket användes den enbart som indikator på elevernas kunskapsnivå inför besöket.

3. *Hur kan ett skolbesök på Vetenskapens Hus bättre integreras i den ordinarie undervisningen?*

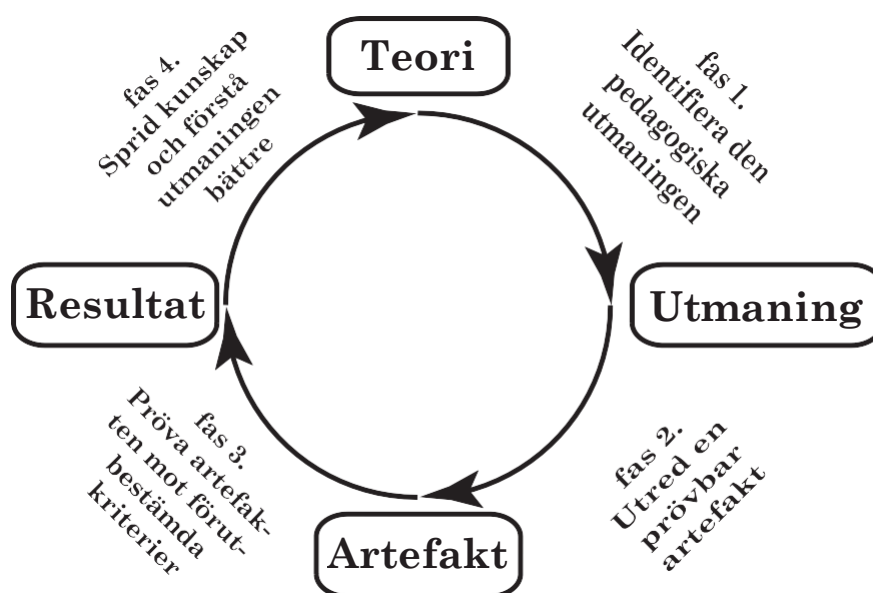
Genom observationsprotokoll för lärarna, samtal och observationer studeras lärarens roll. För- och efterarbetet studeras genom inspelning och transkribering av gruppdiskussion och analys av enkätsvaren med hjälp av *individual gain* (Hake, 2002).

Besöket har testats och utvärderats i fyra omgångar, två mindre tester med ett fåtal elever på Vetenskapens Hus och två fullständiga tester med två gymnasieklasser. För de tidiga testerna låg fokus på vilka praktiska moment som var svåra att genomföra då ämnesstoffet var anpassat för gymnasiets kurser. I de senare gjordes grundligare analyser av elevernas lärande och besöket som helhet.

5.1 Designbaserad metod

I ingenjörskonsten anses design vara själva essensen i professionen. Verbet designa och substantivet design är på engelska samma ord. Verbet är den kreativa processen som genererar en hypotetisk lösning på ett problem inom utövarens expertområde. Substantivet är den generella hypotetiska lösningen som ofta är materialiserad (Kelly, Lesh & Baek, 2008, s. 22). Genom den designbaserade metodens innovativa praktik med stegen utveckling, prövning, implementering och spridning kan lärandet stärkas (Kelly m. fl., 2008, s. 1). Den är en praktisk forskningsmetod som anses kunna överbrygga klyftan mellan forskning och praktik inom utbildningsområdet (Thorell m. fl., 2014).

För att få en komplett designcykel behövs fyra faser. Den första är att identifiera



Figur 5.1: Komplet designcykel

den pedagogiska utmaningen. Denna ska baseras på tillgänglig litteratur och tidigare forskning såväl som erfarenhet och ideologi hos designern (Kelly m. fl., 2008, s. 27). När det finns en klar bild av den pedagogiska utmaningen så börjar fasen av att utveckla en prövbar artefakt. Detta är den kreativa fasen då ordet design kommer till sin rätt. Det är viktigt att designa efter förutbestämda kriterier. Dessa kriterier ligger sedan till grund för den tredje fasen som är att testa artefakten. Den sista fasen är att som i annan pedagogisk forskning få ut resultaten till resten av den utbildningsvetenskapliga forskarvärlden, men också för att vidare förstå den ursprungliga pedagogiska utmaningen samt kunna revidera den och därigenom sluta cirkeln så arbetet kan börja på nytt (Kelly m. fl., 2008, s. 28).

5.2. ORGANISERANDE SYFTEN

5.1.1 Den designbaserade metoden i den här studien

I den här studien representeras de olika faserna av följande. Som fas ett började projektet med litteraturstudier kring främst laborationers roll och undersökta exempel på hur värmekameror tidigare använts i undervisningen. Värmekameror är fortfarande en för skolorna dyr utrustning så det är inte så vanligt förekommande. Trots detta finns det exempel på lärare och forskare som tagit fram exempel på visualiseringar av särskilt värme som varit inspiration till utvecklandet av skolbesöket.

Den andra fasen som har tagit mycket tid är att designandet av skolbesöket. Materiel har tillverkats, testats, omarbetats, alltså egna små designcykler i designcykeln för att få fram stationer till den stationslaboration som tidigt blev modell för besöket. För att hitta kriterier att designa mot tillverkades en enkät med samma frågor som användes i Nordlab (Andersson m. fl., 2003). Frågorna syftar till att identifiera vardagsuppfattningar om värme och temperatur som försvårar elevernas fysikaliska förståelse för begreppen.

Den tredje fasen skulle genom *individual student gain* (Hake, 2002) ge indikationer på hur väl laborationen fungerade i att byta ut vardagsuppfattningar mot mer fysikalisk förståelse av begreppen. Tyvärr så var det få elever, 16 från skola 1 och 8 från skola 2, som gjorde enkäten innan och *ingen* elev som trots upprepade uppmaningar gjort den efter besöket. Därför har istället inspelningar, elevernas bilder och rapporter vid de olika stationerna under ett autentiskt skolbesök med en klass analyserats med praktiska epistemologier för att hitta meningsskapande möten.

Den fjärde fasen är i första skedet ett omarbetande av laborationen inför ett ytterligare skolbesök med en annan klass. Ytterligare analys av inspelningar, rapporter och bilder utgör sedan grunden för denna rapport.

5.2 Organiserande syften

För att analysera om instruktionerna är meningsfulla och leder fram till lärandemålet har stationernas *närliggande* och *övergripande* syften undersökts, det som Johansson och Wickman kallar kontinuitet (2011) och beskrivs i avsnitt 4.3. Hur väl de närliggande syftena agerat som mål-i-sikte har studerats med hjälp av de beskrivande frågorna i elevrapporten. Vägen mellan de närliggande och övergripande syftena har kartlagts med en praktisk epistemologisk analys av inspelade laborationsbesök.

5.3 Praktisk Epistemologisk Analys (PEA)

För att analysera de transkriberade konversationerna som ägt rum under fördiskussioner och laborationer används en praktisk epistemologisk analys som beskrivs av Wickman och Östman (2002) och vars teoretiska bakgrund beskrivs i avsnitt 4.3. Analysen består i att studera interaktionerna och identifiera vad som står fast, hur

mellanrum identifieras, hur mellanrum fylls med hjälp av relationer samt om några mellanrum kvarstår. Om aktiviteterna spänt upp mellanrum som sedan kan fyllas genom relationer har aktiviteten bidragit till en ökad förståelse, forskningsfråga 2.

5.3.1 PEA i den här studien

Ljudupptagning har gjorts vid tre laborationsstationer och av två grupper, den ena med tre och den andra med fem elever, vid fördiskussioner, efter godkännande av de medverkande. Samtliga inblandade har fått information om studiens mål och hur det inspelade materialet kommer att anonymiseras innan det publiceras. En del inspelningar har transkriberats i sin helhet, i andra då miljön varit bullrig har hörbara episoder valts ut efter genomlysning. Transkriberingen innehåller utsagor, pauser och de ljud från utrustningen och materiel som kunnat identifieras som relevanta. Transkriberingarna har sedan jämförts med respektive grupps minnesanteckningar och bilder i de fall dessa kommit oss till del. Bilderna som sparats utgör i de flesta fall ett urval av den mängd bilder som gruppen tog, bortsorteringen gjordes av eleverna själva under besökets slutskede.

Inspelningarna visar hur eleverna tolkar och reagerar på de instruktioner de får, vilka begrepp och termer som står fast och vilka som behöver ytterligare förklaringar. Genom att följa gruppernas resonemang från vad som *står fast* och vad de uppfattat som *mål-i-sikte* fås en uppfattning om uppgiftens kontinuitet mellan närliggande och övergripande syfte. Det vill säga om de laborativa aktiviteterna utsatt eleverna för situationer som de kan lära sig av, forskningsfråga 2. Särskilt fokus har legat på att se vilka nya representationer en värmekamera gör tillgängliga och vilka relationer dessa bidrar med för att fylla mellanrum.

5.4 Elevrapporter och bilder

Det elevproducerade materialet består av ett textdokument med frågor för varje station samt de bilder de själva valt ut att spara för senare bearbetning. Rapporterna innehåller dels beskrivande frågor för att grupperna ska dokumentera vad som händer men också förklaringsfrågor där de ska reflektera över varför det blir som det blir. Svaren till de beskrivande frågorna har använts för att se hur väl ett tilltänkt mål-i-sikte har fungerat samt hur lätt ett fenomen varit att observera för eleverna. De förklarande frågorna används för att avgöra om laborationen utgör någon utmaning och därmed inneburit ett tillfälle för lärande. Bilderna har studerats för att avgöra hur lätt det är att producera tillräckligt bra material för vidare arbeten. Det gäller speciellt hur bilden komponeras för att få kameran inställd i rätt temperaturområde, till exempel om en varm hand finns med och gör små nyanser osynliga.

Del IV

Resultat och Analys

Kapitel 6

Skolbesöket

Då Vetenskapens Hus främsta uppgift är att locka elever att fortsätta med tekniska eller naturvetenskapliga studier har det varit viktigt att alla moment innehåller något underhållande och inspirerande. En anledning till att skolor besöker Vetenskapens Hus är för att göra experiment som inte kan göras på skolan på grund av bristande resurser eller kunskaper. Därför har fokus legat på att utföra handlingar och att samla in data samt att dokumentera iakttagelser med värmekamera och minnesanteckningar. Mer ingående analys sparas till efter besöket, antingen som hemuppgift eller lektionsarbeten, flera förslag till uppföljningsarbeten ges i lärarhandledningen, se bilaga 11.

För att fånga känslan av att "här på Vetenskapens Hus gör vi saker ni inte gör i skolan" och direkt återkoppla till förberedelsematerialet inleds besöket med att *slicka på en lyktstolpe en kall vinterdag*. Genom att kyla ett varmförzinkat metallrör i flytande kväve och sedan blåsa på det bildas ett tunt iskristallager, ungefär som vid en kall vinter. Sedan läggs en blöt, rosa wettextrasa klippt i en tungliknande remsa på och fastnar. När den dras bort går den antingen av eller lämnar efter sig stora fläckar av fastfryst ludd. Den korta diskussionen som följer leder in till ämnet värme och temperatur.

En kort presentation av Vetenskapens Hus, besökets program och en kort genomgång av värmestrålning och värmekameran introducerar materialet och verktygen. Sedan följde en praktisk demonstration av hur kameran används, vad displayen visar samt några av svårigheterna med att ta en bra bild som varierande emissivitet, reflektioner och transmitivitet av olika material. För inledande presentation se bilaga 11. Kameran av modell E8 kan kopplas till projektor via en dator och på så sätt visas fenomenen för hela gruppen.

6.1 Utformning av laborationen

För att få med visualiseringar av många olika fenomen utformades laborationen med olika stationer. I tabell 6.2 sammanfattas stationernas organiserande syften och i avsnitten som följer beskrivs utvecklingen av varje station mer i detalj. Stationerna

ställdes upp vid olika bord i laborationssalen före lektionsstart. När presentationen och inledningen var klar fick eleverna bilda grupper själva, så långt det gick tre och tre men i vissa fall bildades enstaka elevpar. Ursprungstanken var att skapa par, en som hade kameran och en som hade datorn, men under de tidiga testerna med praoelever upptäcktes att om gruppen bestod av tre elever gick de praktiska momenten mycket bättre och snabbare. Därför ändrades instruktionerna till: en elev med värmekamera, en med datorn och en med huvudansvar för att utföra det praktiska momentet, exempelvis pumpa eller blåsa med fläkten. I den sista versionen med de tre stationerna *värmeledning*, *tryck och faser* samt den *fria stationen* fick alla inta alla roller varsin gång. Uppdelningen innebar också en ökad kommunikation mellan deltagarna. I exemplet nedan från det första skolbesöket där person A höll i värmekameran, B utförde och C skrev i rapporten.

A: nej, tjugonio men asso så att du får en liten (.) överblick. Sen va (1) ...

C: ok, vad är förklaringen då? (3)

B: Får man se på bilden, eller hur det ser ut (.) a coolt

A: Sen så vart den i mitten den vart ju då mörkast och så vart den där, men asså det är int...

B: det är konstigt uppfattar jag det som

A: Ja men då är det väl, då är kanske, nåt annat, asså andra...

B: Men kolla, meh ah jaha,

A: Ja här kan man se

A beskriver vad hen ser på kamerans display och tvingas sätta ord på iakttagelserna. Efter ett tag går B runt och tittar själv och får en beskrivning av förloppet från A. Personen vid datorn, C, intog ofta en sekreterarroll som drev arbetet framåt genom att poängtera instruktioner och nästa steg. Följande avsnitt är från det andra skolbesöket och värmetransportstationen.

A: Din själ e kall, å du e varm här. Här e du varm också, här är du kall. (Oklart vilka områden som avses.)

B: Va?

A: Oj! Jag e också varm kolla.

(NUC-kalibreringsljud från kameran)

B: "Hur vill ni förklara känslan och värmebilderna?" Hur vill vi förklara dom?

Här är A på väg att tappa fokus på uppgiften men hämtas in av B som läser frågan från rapporten. Rollerna var sällan statiska utan alla vill se allt på varje station och de turades då om att titta och göra. Deras beskrivningar av vad de såg har underlättat analysen av samtalen då det blir lättare att veta vad de ser och lägger sitt fokus på. Eleverna tvingas också träna sin kommunikativa förmåga i stor utsträckning vilket ingår som kunskapskrav på samtliga betygsnivåer.

6.2. ENKÄTSVAR

6.2 Enkät svar

Enkäten skapades för en effektutvärdering av besöket. Frågorna är ett urval av materialet från Nordlab (Andersson m. fl., 2003). Frågorna valdes ut efter relevans för laborationens olika stationer. Frågorna rättades binärt, 1 för korrekt svar, annars 0. Flervalsfrågorna rättades separat av de båda författarna och resultatet jämkades sedan. Totalt inkom 24 svar, 16 från skola 1 och 8 från skola 2, samtliga inkom innan klasserna genomförde besöket. Resultatet sammanfattas i tabell 6.2. B-frågorna är alla motiveringsfrågor, dessa och fråga 8, 10 och 11 besvarades med fritext, övriga var flervalsfrågor.

Inför utskicket efter besöket reviderades enkäten då eleverna upplevde den som onödigt lång och tråkig. Då många av flervalsfrågor besvarats korrekt till stor del av skola 1 bedömdes det onödigt att ha med dessa frågor i efterenkäten. I den andra enkäten ingick endast fråga 8, 10, 11, 12a och 12b. Trots detta inkom inga svar efter besöket.

Svaren gav en tydlig indikation på spridningen i förkunskaper och attityd till ämnet mellan grupperna. Skola 1 klarade 78% av alla frågor medan skola 2 bara klarade 22%. Då en mycket större andel av svaren upplevdes som oseriösa eller varit enklast möjliga väg ut från den ena skolklassen räknades dessa och jämfördes under kolumnen oseriösa i tabell 6.1. Exempel på svar som räknats som *oseriösa* är tomt textfält, könsord, "gissa ba" med mera. Om eleven uttryckligen skrivit "vet ej" har detta inte räknats som ett seriöst försök. Här ska påpekas att många av svaren från skola 2 gjorde det tydligt att eleverna inte ansträngt sig varför skillnaden i poäng också visar skillnaden i attityd.

Fråga	1a	1b	2a	2b	3a	3b	4	5	6	7a	7b	8*	9
Skola 1	16	14	16	13	16	13	16	14	14	14	15	6	12
Skola 2	4	0	2	0	2	0	0	4	1	3	0	1	1

Fråga	9a	9b	10*	11*	12a	12b	13a	13b	14a	14b	Rätt	Oseriösa
Skola 1	12	10	10	10	11	8	12	12	13	10	78%	1,4%
Skola 2	1	0	3	1	2	0	5	2	6	1	22%	27%

Alla b-frågor är motiveringsfrågor med fritextsvar.

*Fritextfrågor.

Tabell 6.1: Tabell över skolklassernas resultat på enkätfrågorna. Från Skola 1 erhöles 16 svar, från skola 2 8 svar. Korrekt svar gav 1 poäng, annars 0. Frågorna är hämtade från Nordlab (Andersson m. fl., 2003) och enkäten finns i sin helhet i bilaga 11.

6.3 Elevrapporter och värmebilder

I tabell 6.3 har pilotklassernas rapporter utvärderats efter hur väl de lyckats besvara frågorna. Beroende på vilken typ av fråga som studeras, beskrivande (b) eller förklarande (f) säger det något om laborationens närliggande syfte eller dess svårighetsgrad. De beskrivande frågorna visar i vilken utsträckning laborationsinstruktionerna och uppställningen har gett eleverna ett fruktbart närliggande syfte, om gruppen lyckats genomföra aktiviteten rent praktiskt och observerat de eftersökta fenomenen. De förklarande frågorna ger en indikation på om eleverna kan resonera kring sina iakttagelser och vilka slutsatser de drar. För att analysera om nytt lärande skett, om mellanrum skapats och fyllts eller om nya kopplingar gjorts mellan fasetter och aspekter, krävs en djupare analys av det inspelade materialet. Tabell 6.4 sammanställer de bilder som eleverna skickat in. Om det bedöms att eleverna kan arbeta vidare och dra fruktsamma slutsatser från tagna bilder återfinns en etta i tabellen, annars en nolla och har inga bilder inkommit trots att de gjort stationen markeras detta med ett streck.

6.3.1 Analys

Resultaten är väldigt olika för de båda skolbesöken. Förklaringen till detta kanske mest finns i elevernas olika förutsättningar och attityder som framkom i enkäten (avsnitt 6.2). I sammanställningen av elevernas rapporter (tabell 6.3) kan vi observera att för värmetransport och tryck och faser som båda skolbesöken gjort har eleverna uppnått stationernas närliggande syften för de två första respektive det första momenten. Det ger en indikation på hur väl instruktionerna är utformade. De senare momenten är svårare och kräver att eleverna behåller fokus. Här skiljer det sig mer. Hur väl eleverna kunnat resonera och om de skickat in bilder påverkas mycket av elevernas attityd och förkunskaper som skiljer sig mycket.

Eleverna i det första skolbesöket har skickat in bilder i mycket större omfattning (tabell 6.4). Eleverna har själva valt vilka bilder de skickat in. I det första skolbesöket har många fler bilder som inte har direkt med stationerna att göra skickats in medan i det andra skolbesöket har få bilder och nästan enbart bilder direkt kopplade till stationerna valts ut. Detta tolkas som ytterligare ett tecken på skillnad i attityd och att upptäckarglädje var större i den första skolklassen.

6.4 Förarbete

För att ge eleverna bättre förutsättningar skickades ett förarbetsmaterial, bilaga 11, ut att arbeta med före besöket. Detta bestod av en del om metrologi, läran om mätningar. Detta eftersom det ingår i kursplanen under rubriken Fysikens metoder och arbetssätt (Skolverket, 2011b). Vidare finns en del om emissivitet och skenbar temperatur. Detta tas senare upp i presentationen men det är nya begrepp för eleverna som är nödvändiga för att hantera kameran och därför ska de ha mött dem mer än en gång innan de börjar använda utrustningen. Efterföljande del är

6.4. FÖRARBETE

ett skönlitterärt utdrag ut Mikael Niemis bok "Populärmusik från Vittula". Delen motiveras av att bryta de ofta vanemässiga dikotomier som sätts upp mellan bland annat rationell/emotionell, naturvetenskap/konst, kognitiv/estetisk, fakta/värden (Wickman & Jakobson, 2005, s. 2). Texten ger ett exempel på värmeledning som får det riktigt att rysa i kroppen. Materialet avslutas med följande diskussionsfrågor:

1. Kan ni komma på exempel där man mäter fysikaliska storheter direkt?
2. Kan ni komma på exempel där man mäter fysikaliska storheter indirekt?
3. Varför kan du sitta i en bastu som är 90°C men inte bada i vatten med samma temperatur?
4. Vad händer om du slänger vatten på aggregatet, förklara så utförligt som möjligt?
5. Varför tror du att personen i boken fastnade med läpparna i den tibetanska böneplattan?
6. Vad skulle ni vilja undersöka med en värmekamera?

Station	Övergripande syfte		Närliggande syfte		Typ
Friktion	Förståelse för att friktion leder till energiomvandling från mekanisk till termisk energi.	Planera, genomföra och utvärdera ett kort och kontrollerat experiment.	Att tydligt visualisera energin som omvandlas till värme genom friktion.	Att dra vikter på olika underlag	Problem-baserad
Värmeledning		Förståelse för att olika material har olika förmåga att absorbera, emittera och leda värme.	Att visualisera konduktion i olika material	Att lysa och blåsa på stavar.	Beskrivande
Tryck	Den ideala gaslagen	Att kokpunkten varierar med trycket.	Att pumpa in luft i en PET-flaska och studera vad som händer med den.	Att sänka trycket i en spruta.	Beskrivande
Fasövergångar	Förståelse för att fasomvandlingar är antingen exoterma eller endoterma.	Att se att de exoterma reaktionerna kan värma, de endoterma kyla.	Lyckas få en bild av kondensation av vatten.	Lyckas visualisera olika vätskors avdunstning.	Beskrivande
Fri-station	Att upptäcka fysikaliska fenomen omkring sig. Att samla in och tolka data.		Att fritt få ta värmebilder som anknyter till fysikämnet i sin helhet.		Undersökande

Tabell 6.2: Översikt över stationernas övergripande respektive närliggande syften (Johansson & Wickman, 2011) samt deras typ enligt (Domin, 1999), se avsnitt 4.5. I de fall stationerna har flera delmoment har deras syften delats upp om de skilt sig åt.

6.4. FÖRARBETE

Fråga	Friktion				Värmetransport					Tryck					Faser	
Delfråga	1	2	3	4	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2
Typ	b,f	b	b	f	b	f	b	f	b	b	b	f	b	f	b,f	b,f
Grupp	Skola 1															
1	3	3	3	3						2	3	3	3	3		
2	3	3	3	3	2	2	3	3	2						2	1
3					3	3	2	3	3	3	2	2	-			
4					3	3	3	3	-						3	2
5	2	3	3	3						3	3	1	2	3		
6					3	3	3	3	2	3	3	3	3	3	3	2
7	2	2	3	3	2	1	3	-	2						2	1
8	3	3	3	1						2	2	2	3	3		
9	3	-	3	3	2	-	1	-	1							
Grupp	Skola 2															
1					1	1	2	2	1							
2					2	1	1	1	1							
3										3	2	2			2	
4&5*					3	1	3	1	2	2	1				2	
6**																

*Båda grupperna sände in identiska rapporter men med olika namn på framsidan. Det går inte att avgöra vilken grupp som kopierat och vilken som författat.

** Gruppen sände inte in någon rapport, enbart ett fåtal bilder.

Tabell 6.3: Tabellen sammanfattar resultatet från elevernas rapporter. Svaren har graderats från 1-3, frågorna är kategoriserade som *beskrivande* (b), *förklarande* (f) eller som en kombination av båda. Beroende på frågans natur betyder 3 antingen att förklaringsmodellen är korrekt eller att de har lyckats utföra instruktionerna och beskriva ett resultat. 1 visar på samma sätt ett misslyckat genomförande eller förklaringsförsök och 2 är ett mellanläge.

Fråga	Friktion	Värmetransport			Tryck	Fasövergångar		Andel
Delfråga	1	1	2	3	1	1	2	
Skola 1								
Grupp								
1	1				1			50%
2	1	1	1	1		1	1	79%
3		1	1	1	1			100%
4		1	1	1		1	1	64%
5	1				1			48%
6		0	1	1	1	1	1	96%
7	1	1	1	1		1	1	76%
8	0				1			100%
9	1	1	1	0				71%
Skola 2								
Grupp								
1		-	-	-	0			50%
2		1	1	0				100%
3					1	1		100%
4**		-	-	-	-	-		-
5**		-	-	-	-	-		-
6		1	0	0	1	-		100%

*Andel avser andelen bilder som skickats in som direkt har med laborationsuppgifter att göra. De bilder som sändes har fått väljas ut av eleverna själva. Dessa bilder är de samma som de tog med sig till skolan, det vanligastemotivet för icke-relevanta bilder är eleverna själva.

**Dessa grupper sände inte in några bilder alls.

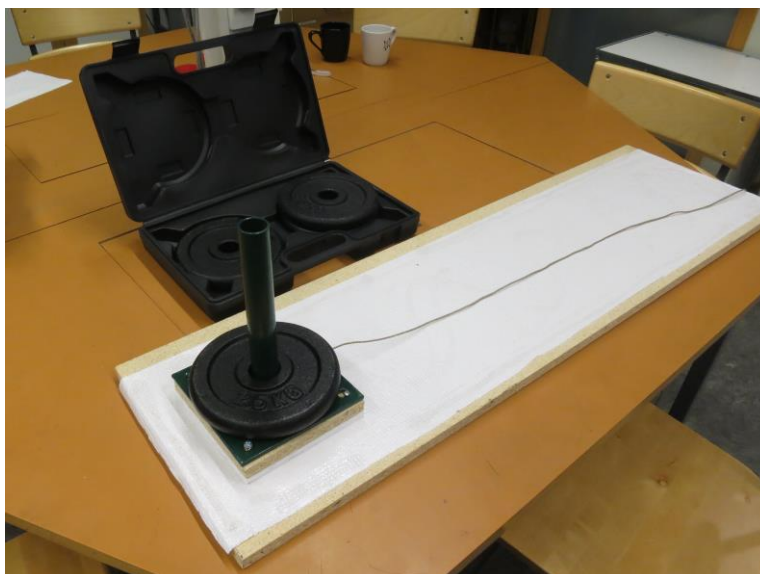
Tabell 6.4: Tabellen sammanfattar resultatet från elevernas värmebilder. Om eleverna tagit bilder som bedöms kunna ligga till grund för ett resonemang kring fenomenet erhålls en etta. I annat fall en nolla. Om eleverna inte skickat in bilder trots att gruppen besökt stationen återfinns ett streck i tabellen.

6.5 Friktion

6.5.1 Stationens utformning

Friktion är ett centralt fysikaliskt begrepp i fysiken. Med hjälp av värmekameran går det att visualisera hur rörelseenergi omvandlas till termisk energi genom friktion (Haglund, Jepsson, Hedberg, Xie & Schönborn, 2014). Stationen går ut på att eleverna ska försöka upptäcka den värme som bildas av att dra vikter över olika underlag. I denna station har också det naturvetenskapliga arbetssättet fått ta plats med att formulera en hypotes som sedan får undersökas. Det finns en släde med tillhörande vikter så eleverna kan variera vikten på släden. Det finns en träbana med ena sidan rent trä och andra sidan ett påklustrat plastmaterial. Eleverna uppmanas

6.5. FRIKTION



Figur 6.1: Stationen om friktion

att först observera med värmekameran när de drar släden med en vikt. De får sedan formulera en hypotes, göra upp en plan för att testa hypotesen, genomföra planen och dra slutsatser.

6.5.2 Analys

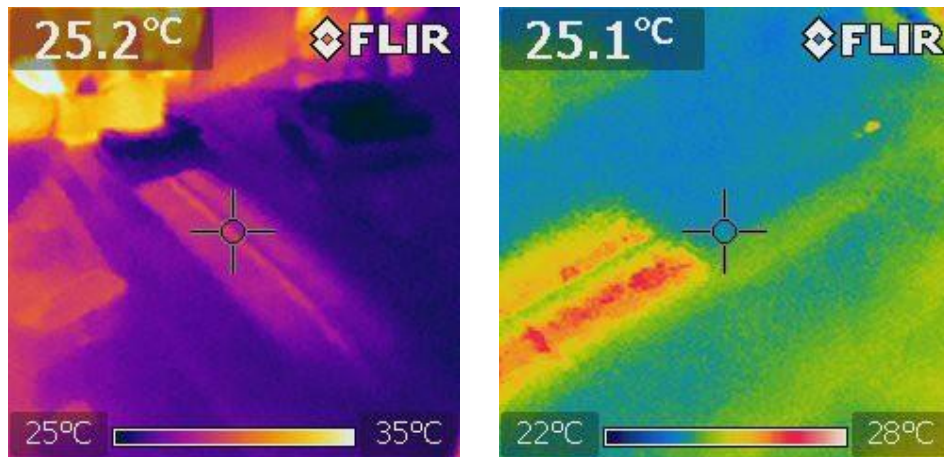
Tabell 6.3 visar att samtliga grupper skriver bra eller mycket bra svar i rapporten. Vidare visar tabell 6.4 att alla grupper utom en tar värmebilder som visualiserar fenomenet. De närliggande syftena som återfinns i tabell 6.2 är alltså uppfyllda. För att till fullo nå de övergripande målet behöver stationen kompletteras med en diskussion. Den här stationen är enligt Domins kategorisering problembaserad (1999). Problemet eleverna ställs inför är att undersöka vilka faktorer som påverkar friktionen. Nära till hands finns att testa med olika vikter eftersom det finns en låda med vikter på bordet, att undersöka vikternas påverkan gjorde alla sex grupper som gjorde stationen. Två av grupperna nöjde sig med det. Träskivan hade en naken och en med ett plastmaterial beklädd sida. Detta gjorde att två grupper undersökte underlagets påverkan. Tre grupper testade hastighetens påverkan på friktionen. I elevernas svar kan det fortfarande finnas mellanrum mellan vad eleverna ser i kameran och kopplingen till de fysikaliska begreppen "destu mer vikter vi hade på vikthållaren destu starkare röd blev friktionsbanan. destu fortare vi drog vikthållaren destu starkare röd blev friktionsbanan". Andra elever tydliggör deras koppling mellan det visuliserade i kameran och det fysikaliska begreppen

"Här skriver ni vad som hände när ni utförde planen, era resultat och slutsatser... Med vikt och konstigt underlag: 27, Utan vikt med konstigt

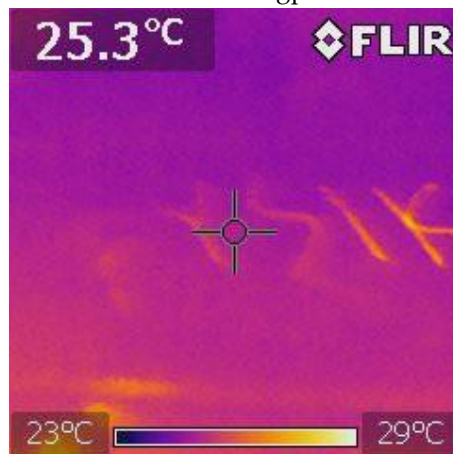
underlag: 26, Med vikt på vanligt bort: 26, Utan vikt på vanligt bord: 25.8, Snabbare med vikt på konstigt underlag: 30, Friktion "skapar" värme, ju buckligare underlag, tyngre objekt och snabbare rörelser desto mer friktion och då högre temperatur".

Analysen visar att stationen är lyckad men att den lämpar sig bättre om besöket görs med högstadiееlever då ämnesinnehållet inte utmanade gymnasieeleverna i någon större utsträckning.

Under det första besöket var det svårt för elevgrupperna att hinna med det tänkta antalet stationer, två tredjedelar hann med färre än tre stationer och ingen lyckades genomföra alla fem, se tabell 6.3. Under revideringen inför den andra testomgången valdes därför stationen bort med hänsyn till tidsbristen.



(a) Eleverna använder handen för att dra. (b) En annan grupp som har en annan färgpalett.



(c) Eleverna har inspirerats av stationen och provar skriva fysik med handen

Figur 6.2: Värmebilder tagna av elever vid skolbesök 1.

6.6. VÄRMETRANSPORT

6.6 Värmetransport

6.6.1 Stationens utformning

Ett av de mest centrala fenomenen när det kommer till termisk energi i grund- och gymnasieskolan är hur den termiska energin kan transporteras. I gymnasieskolans ämnesplan för fysik 1 nämns värmetransport explicit (Skolverket, 2011a, s. 3). Därför var det naturligt att också ha en station som behandlade detta. Det finns tre typer av värmetransport, strålning, konduktion och konvektion. Vikt lades vid att få med alla typer. I en populärvetenskaplig artikel från Linköpings universitet så ges exempel på aktiviteter med värmekameran, bland annat så sattes tummar på en metall- respektive en träbit och värmeledningen i de olika materialen observerades (Haglund m. fl., 2014). Detta gav inspiration till utvecklandet av en konduktionslåda, en med frigolit isolerad låda med en trästav och två aluminiumrör. För att



Figur 6.3: Stationen om värmetransport

tillföra värme till de delarna som är utanför lådan användes en lampa som exempel på strålning och en hårfön som exempel på konvektion. Änden på trästaven och ena metallröret tejpades med eltejp så det fick samma emissivitet. Inne i lådan tejpades allt med eltejp för att få en bra bild i kameran, se figur 6.3.

När lampan används som värmekälla och värmetransporten sker genom strålning kommer de tejpade ändarna ta upp lika mycket strålning. I fallet med trä kommer änden utanför lådan vara varmare för att den inte leder bort värmen lika bra. Metallröret med tejpad ände kommer vara näst varmast och det beror på att värmen transporterats med ledning vilket eleverna kan observera med en temperaturgradient på röret inne i lådan. Det metallrör med otejpade ände kommer inte ta upp lika mycket värmestrålning och kommer ha en svagare gradient.

När eleverna använder fön så bör inte tejpens göra lika stor skillnad, då värmetransporten sker genom konvektion. Vissa grupper noterade att den otejpade staven tar upp mer värme från luften, detta kan bero på att tejpens verkar isolerande.

Under stationen ska eleverna också lägga händerna på en svartmålad trä- och

aluminiumplatta. De kommer kunna känna att aluminiumplattan känns svalare än träplattan. I värmekameran kommer de se ett tydligt handavtryck på träplattan medan aluminiumplattan bara blivit varmare utan ett tydligt handavtryck. Eleverna ska av detta kunna dra slutsatser om materials olika värmeledningsförmåga.

6.6.2 Analys

Transkriberingen från skola 1 grupp 6:

A: den där blev väldigt blå men inte lika lila blå (.) som (1) den första...

A skapar en relation mellan stavarnas värmebildsfärger inuti lådan och deras temperatur. Hen uppmärksammar skillnaden i färgton.

B: vadå i vilken, i vilken...

B uppmärksammar mellanrummet som uppstår då A utgår från att "den" står fast men de andra ser inte kamerabilden.

A: den där var röd (.) jätteröd...

A fortsätter skapa relationer mellan stavarna och kamerans värmebild och utgår från att ett nytt "den" står fast samt ignorerar det redan existerande mellanrummet.

B: Den längst till höger?

B försöker fylla mellanrummet genom att fråga A vad hen menar.

A: a

A bekräftar B och fyller mellanrummet så att "den" står fast.

(ohörbart) (2)

B: blev rödast?

B uppmärksammar ytterligare ett mellanrum mellan färgton och stav.

A: Ja, den blev jätteröd, dom andra vart inte röda alls som du ser..

A hjälper B att skapa en relation genom att visa och relatera till bilden.

A: Ungefär trettio.. (.) ..tre komma fem grader, den i mitten är ungefär på 27,9... nästa är på...

C: ska jag skriva ner det?

C skapar relation till mellanrummet (vad i deras observationer som är relevant i rapporten) genom att söka bekräftelse från de andra.

A: nej, tjugonio men asso så att du får en liten (.) överblick. Sen va (1) ...

A avvisar C:s förslag på relation men erbjuder inget eget förslag.

C: ok, vad är förklaringen då? (3)

C ger förslag på ny relation för att fylla mellanrummet till rapportsvaren.

B: Får man se på bilden, eller hur det ser ut (.) a coolt

B skapar en relation genom att själv titta på värmebilden.

A: Sen så vart den i mitten den vart ju då mörkast och så vart den där, men asså det är int...

A bekräftar B:s relation och försöker jämk ihop den med sin egen genom att beskriva den.

B: det är konstigt uppfattar jag det som

B poängterar att mellanrummet kvarstår trots de nya relationerna.

A: Ja men då är det väl, då är kanske, nåt annat, asså andra...

A försöker hitta andra relationer för att fylla mellanrummet.

B: Men kolla, meh ah jaha,

B accepterar relationer som A beskriver.

6.6. VÄRMETRANSPORT

A och B som båda tittat på värmekamerans display har jämkat ihop sina relationer mellan bild och objekt och utgår från att de står fast. C har inte sett värmebilden och har inte accepterat A och B:s relationer. Lite senare i diskussionen är A och B igång med att utveckla sina relationer gemensamt medan C fortfarande är utanför och försöker knyta an till rapporten som hen har på datorn.

B: så nedersta verkar varmast

B föreslår en relation

A: den där varmast sen den, sen den.

A bekräftar B:s förslag och fortsätter som om den stod fast.

B: Ah ok så på insidan (5)...

B godkänner A:s utvecklade relationer så att de också står fast.

A: På insidan är den som lyser starkast lyser minst, sen så den som lös näst starkast lyser starkast...

A sammanfattar det som står fast.

C: Så tvärt om,

C accepterar A:s utvecklade relation genom en abstraktion.

B: jaha jag fattar varför! för det värmen sprids ut mest på den hära, alltså så verkar det svagast här och starkast här, men på trät som inte leder...

B skapar en relation mellan material och egenskapen värmeledningsförmåga och anser att den fyller mellanrummet.

A: Ja...

A accepterar relationen.

B: ...så blir det varmest där det faktiskt träffas men det sprids inte ut (2)

B utgår då från att förklaringen står fast och mellanrummet är fyllt.

C: vad ska jag skriva? värmen kan eller (ohörbart) eller vadå (.)

C går tillbaka till mellanrummet för hen har inte godkänt relationen mellan värmeledning och skillnaderna i temperatur som fast.

B: va sa? (6)

B: på korta änden var (.) va kallast här (11)

B förstår inte varför relationen inte står fast för C.

C: vad tror ni är förklaringen? (.)

C skapar en relation till de andras relationer för att fylla mellanrummet.

B: ööh att värmen sprider ut sig bäst...

B presenterar sin relation mellan material och värmeledningsförmåga som att den står fast.

A: ja

Vilket bekräftas av A.

B: ... i metallen

A: den som är gjord (1) ja asså det var ungefär samma... (4) det var inte helt tvärt om utan de mittersta, bara den som var gjord av trä, den blev kallast där, men de andra två lös lika mycket (.)

A dementerar C:s tidigare abstraktion och ersätter den relationen (tvärtom) med sin och B:s relation (värmeledningsförmåga hos materialet).

C: va, är det någon som är gjord av trä?

C skapar en relation till mellanrummet genom en direkt fråga om materialet.

A: De här två, på insidan lös lika mycket, A utvecklar C:s relation genom att knyta an till värmebilden.

C: ah okej

C bekräftar att relationen står fast.

A: och de var mycket varmare än va den var här, men här var den mycket varmare men den där var fortfarande...

A fortsätter utveckla relationen med nya aspekter.

terna.

C: mmmm

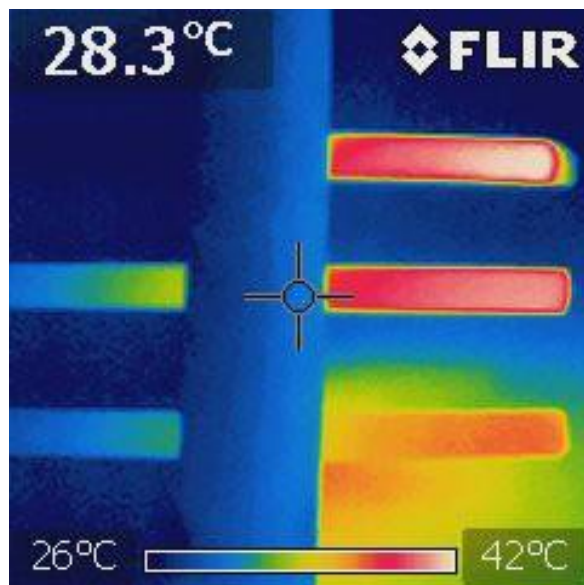
A: ... varmare än den där på utsidan (15)

C börjar acceptera även de nya aspek-

A fortsätter utvecklingen.

Genom analysen av detta transkriberingsutdrag är det uppenbart att elevernas interaktion skapat ett mellanrum som de sedan gemensamt fyller med först relationer mellan värmebild och objekt delarnas temperaturer och sedan relationer mellan temperaturskillnader och materialegenskapen värmeledningsförmåga.

Enligt tabell 6.2 är det närliggande syftet för stationen att eleverna ska lysa på stavarna. Med detta ska de kunna nå det närliggande syftet att visualisera konduktion och på det sättet nå det övergripande syftet att olika material har olika förmåga att absorbera, emittera och leda värme. Enligt deras rapporter och värmebilder (tabell 6.3 respektive 6.4) så har de tagit bilder och kunnat besvara frågorna på ett sätt som indikerar att de kopplat temperaturskillnaderna inuti lådan till begreppet konduktion. I transkriberingen har B förstått hur det hänger ihop och ger



Figur 6.4: Här är ett exempel på elevvärmebild efter att ha använt lampan som värmekälla.

sedan förklaringen till de andra i gruppen vilket visar en av nackdelarna med en beskrivande laborationstyp. Så fort en student upptäcker den eftersökta principen så ges det till resten av gruppen (Domin, 1999). Mycket av elevernas samtal går ut på att komma fram till vad de ska skriva i rapporten. Rapporten har utformats för att minimera denna tid och upprepade instruktioner ges om att endast göra minnesanteckningar. Rapporten efterfrågar dock både observationer och resonemang och det senare kräver tid.

6.6. VÄRMETRANSPORT

I slutet av transkriberingen är det uppenbart att det fanns en svårighet att veta vilken stav respektive rör som var gjord av vilket material. Därför förbättrades stationen genom att märka upp detta på lådans kanter.

Transkribering från skola 1 grupp 6:

C: Handpåläggning

A: Ja, öh, Metaller leder värme bra, trä leder inte värme bra.

A upprepar vad som står fast sedan det första momentet med stavarna.

B: A, placera metall- och träplattan precis brevid varandra.

A: det här ser väldigt mycket ut som (ohörbart)

A skapar en relation genom liknelse.

C: Det här är metallen (3)

C uttrycker sig som om faktumet står fast.

B: Det där är , eh, trä eller?

B bygger vidare på C:s utsaga och skapar en relation till den andra plattan men utan att helt bekräfta det och skapar därmed ett mellanrum.

A: Ja, för det här är metallen

A bekräftar B:s och C:s båda utsagor som fasta genom att indirekt relatera till instruktionerna om en metall- och en träplatta och därigenom fylla mellanrummet.

C: okej och okej jag tror att du sen ska lysa på, eller kolla på den (.) i 20 sekunder, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20 (2)

C accepterar A:s relationskoppling och fortsätter utifrån att de båda står fast.

B: oh jävlar

B uttrycker genom sin fascination ett mellanrum mellan vad hen ser i kameran och i verkligheten.

C: Smutch, man ser att det blivit varmare

C använder värmebildens färger som att deras betydelse står fast.

L: jo men att det ser ut så också, det kan du väl fota.

C: Hur kändes det?

Ett mellanrum uppstår då enbart B hade händerna på plattan och vet hur det kändes. C uppmärksammar detta genom att skapa en relation till rapportfrågan.

B: På träplattan såg man tydliga konturer efter min hand

B missuppfattar C:s fråga och mellanrummet kvarstår.

C: Ja men hur kändes det?

C påpekar relationen till mellanrummet.

B: varmare, alltså träplattan kändes varmare, och metallplattan kändes kallare (3)

B besvarar C:s fråga med en jämförelse mellan plattorna.

C: kan jag skriva så? (3) alstrar

C försöker jämkä ihop sin uppfattning av relationen mellan plattorna med B:s upplevelse.

B: ingen som kommer fatta, men det är bara vi som ska läsa eh (.) med kameran såg eh (1) man tydliga spår efter (3) eh Konturer (3) efter handen.

B avfärdar delvis mellanrummet som C relaterat till som betydelselöst men accepterar C:s relation. B går sedan vidare med att skapa andra relationer.

C: Vad sa du?

B: efter handen, medan på metallen såg man bara ett värmemoln så att säga

B utvecklar relationen genom att beskriva värmebilden.

C: på träplattan (1) medans på (ohörbart)

B: okej vad drar ni för slutsatser? Det är väl att metallen snabbare leder bort värmen omkring, i sig

B uttalar sig som om relationerna mellan värmebild och den taktila upplevelsen står fast och föreslår en relation som kan fylla mellanrummet till förklaringen i rapportfrågan (värmeledningsförmåga).

A: Ja.

A accepterar B:s relationer.

B: Medan träplattan, varmare.. ja...

Här visar B:s tvekan att relationen hen gav inte helt står fast hos hen själv.

A: träplattan isolerar för, istället. okej, (ohörbart)

A använder "isolerar" som om relationen "isolera"- "dålig 0+ att leda värme" står fast. Med det bekräftar hen B:s relation.

C: Vänta vad var det jag skulle skriva här på slutsatser? Träplattan (ohörbart)

Av det hörbara får en anta att C börjar acceptera A och B:s relationer för att fylla mellanrummet till en skriftlig förklaring.

A: Bättre värmeledni... eller metallplattan har bättre värmeledningsförmåga.

A bekräftar C:s tolkning av relationen genom att omformulera den, jämföra ihop den med det hen och B redan anser stå fast.

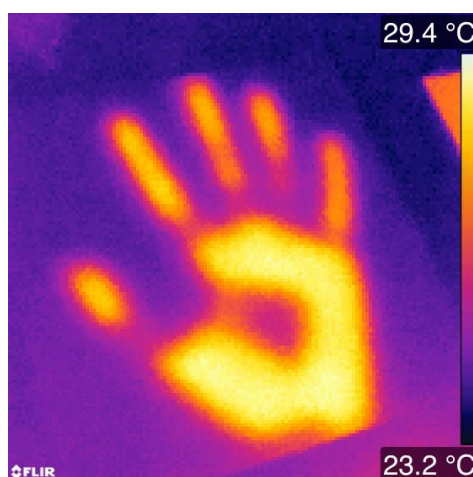
Detta moment i stationen ger ytterligare en chans att visualisera konduktion. Besöken på vetenskapens hus har som syfte att öka intresset för naturvetenskap och teknik och då är inslag i den affektiva domänen (Högström m. fl., 2012) viktiga. I transkriberingen så ser vi att det lyckas. Eleverna blir imponerade av det tydliga handavtrycket på träplattan. Gruppen från transkriberingen skrev: "Träplattan kändes varmare och vice versa. Med kameran såg man tydligare konturen av handen på träplattan medans på metallplattan är handtrycket mer 'utsmetat'" och av det drog de slutsatsen "Metallplattan leder värme bättre vilket den fördelar mer, medans träplattan inte delar med sig av värmen". De har dragit slutsats om materialens olika värmeledningsförmåga vilket var syftet men det är oklart om de uppfattar att metallplattan faktiskt är kallare. En annan grupp skriver "det var kallare på metall plattan medans det var en normal temperatur på trä plattan? Vad såg ni? när vi riktade värmekameran på de både plattorna så såg vi inget på metall plattan medans vi såg min hand avtryck på trä plattan". Gruppen har i rapporten inte noterat att metallplattan också värmts upp men att den värmen spridit sig i nästan hela plattan. Detta uppmärksammades dock av B som ett "värmemoln" i den muntliga diskussionen. Ytterligare en annan grupp skriver

Metallen leder bort mer värme från handen, vilket gör att den känns kallare. Värmen fördelas också över hela plattan och lämnar därmed inget spår. I träet leds värmen sämre, och därför stannar värmen från

6.7. TRYCK

handen kvar där man hade handen, och lämnar ett avtryck. Den känns också varmare då värmen inte leds bort så snabbt.

Det är väldigt olika kvalité på elevernas slutsatser och det är uppenbart att om den här typen av station ska komma till sin fulla rätt så behövs det någon slags efterarbete med diskussion. Det var svårt för eleverna att få med båda plattorna i samma bild. Dessutom var de få elever som tog bild på "den tråkigare" metallplattan.



Figur 6.5: Exempel på elevvärmebild på träplattans tydliga handavtryck.

I den sista delen med fönen ges eleverna möjlighet att upptäcka skillnad i konvektion och strålning och materials olika förmåga att absorbera värme genom de olika transporttyperna. I den sista frågan skriver eleverna i rapporten "Oklädda metallstaven varmest, sen klädda metallstaven sen sist trästaven". De ombeds att jämföra med tidigare resultat men utelämnar det. Återigen behövs en efterföljande diskussion.

6.7 Tryck

I ämnesplanen för fysik finns den ideala gaslagen med som en modell för atmosfärens fysik. För att se atmosfärens gaser krävs väldigt avancerade och specialiserade värmekameror som inte analyserar i LWIR-spektret som utgör just ett atmosfäriskt fönster. Genom att studera en PET-flaska med relativt låg värmekapacitet som enkelt värms upp vid tryckförändringar inuti den kan enklare kameror visualisera ideala gaslagen, avsnitt 3.3.1.

Stationen bestod i sin ursprungliga form av två delar, i den första pumpas en 50cl PET-flaska upp med hjälp av en cykelpump och studeras med värmekameran, känseln och synen. I den andra studeras hur vattnets kokpunkt påverkas av sänkt tryck. Efter utvärdering av första klassbesöket slogs de två stationerna Tryck och Fasövergångar ihop till en där endast de första delarna av båda stationerna ingick.



Figur 6.6: Tryck-stationen i sitt första utförande med de två delarna högt och lågt tryck.

6.7.1 Högt tryck

En vanlig cykelventil fästes i korken och tätades med lim. Efter kontakt med Coca-cola och Spendrups som garanterade att deras oskadade flaskor tålde tryck upp till 11 respektive 7 bar valdes det tåligare alternativet. Testversionen provades i sprängbur och pumpades så mycket cykelpumpen klarade av, upp till 10 bar. Redan vid 3 bar märktes en tydlig temperaturökning genom värmekameran och vid beröring. Instruktionerna var i korta drag att pumpa upp flaskan till ett tryck på 5 bar och sedan lätta på trycket genom att skruva av korken. Genom att använda känseln, synen och värmekameran att dokumentera före och under uppumpandet samt precis efter att korken skruvats av får eleverna chansen att bevittna hur temperaturen kan påverkas av trycket och fundera på hur detta hänger ihop genom ideala gaslagen. Förloppet skulle studeras och dokumenteras med värmekameran och tre frågor besvaras i rapporten:

- Vad såg ni och hur kändes det när ni pumpade in luft i flaskan?
- Vad hände när ni lättade på trycket?
- Vad tror ni att det beror på?

6.7.2 Lågt tryck

Denna uppgift har hämtats från (Åberg, 2015) men modifierats lite för att vara enklare att genomföra. En 60 ml stor spruta fylldes med ca 10 ml ljummet vatten. Sedan täpptes öppningen till med en igenproppad slangbit. Eleverna skulle sedan dra ut pistongen och studera vad som hände inuti sprutan samt försöka förklara varför. När lufttrycket inne i kolven sänks krävs mindre termisk energi för att ångtrycket ska överstiga lufttrycket. Därför sjunker vattnets kokpunkt så lågt att ljummet vatten börja koka inuti sprutan. I rapporten skulle följande frågor besvaras:

6.7. TRYCK

- Vad såg ni i sprutan?
- Vad tror ni att det beror på?

6.7.3 Analys

Vid tidiga tester upptäcktes att eleverna hade stora svårigheter med att fästa ventilen i cykelpumpen. Stor möda och mycket tid gick åt till att kontrollera att det var tätt och om luften pumpades in i flaskan. Detta löstes genom att ändra på hur ventilen fästes i korken så att pumpen fick bättre grepp om ventilen samt att låta kork och ventil alltid sitta kvar i pumpen. För att lätta på trycket skruvas korken av medan den och ventilen fortfarande satt kvar i pumpen.

Instruktionerna gav ett tydligt närliggande syfte, av de sju grupper som besökte stationen förstod samtliga vad som praktiskt skulle göras. Endast en grupp noterade *inte* temperaturökningen och ytterligare en grupp uttryckte sig tvetydigt i vad som orsakade vad av temperatur och tryckhöjning, se tabell 6.3. När korken skruvades av noterades temperaturminskningen av alla utom den grupp som inte nämnde temperatur eller värme alls. Några grupper noterade kondensbildning i flaskan, se bild c i figur 6.7. En av grupperna använde ett vardagligt språk och beskrev hur "värmeströmmar ut" men hänvisar sedan till allmänna gaslagen när de ska förklara händelsen. Instruktionerna för rapportskrivandet var att "ta minnesanteckningar" för att senare kunna jobba vidare och producera en ordentlig bearbetning. Det är därför troligt att eleverna valde det uttryckssätt som ligger dem närmast och som de bäst tycker beskriver situationen och i vardagligt tal används just uttryck som att "inte släppa ut värmen" och "hålla värmen". Detta tyder på att gruppen inte känner sig lika säkra med den naturvetenskapliga diskursen kring värme och temperatur som med det vardagliga uttryckssättet. De undviker att konstruera en egen beskrivning med en naturvetenskaplig diskurs, däremot är de bekväma i att använda den vid förklaring. En tolkning är att de behärskar diskursen tillräckligt för att imitera vissa delar av den. Enligt Airey och Linder är dessa situationer där imitationen blir uppenbar av yttersta vikt för att kunna avgöra om eleven verkligen behärskar diskursen eller bara lärt sig imitera den (2009, s. 42). Med presentationer eller skriftlig inlämning i efterarbetet kan de öva på att översätta sitt vardagliga språk till ett mer naturvetenskapligt korrekt.

En av grupperna från skola 1 utförde försöket tre gånger och behärskade det praktiska bättre och bättre för varje gång. Följande meningsutbyte är från tredje upprepningen.

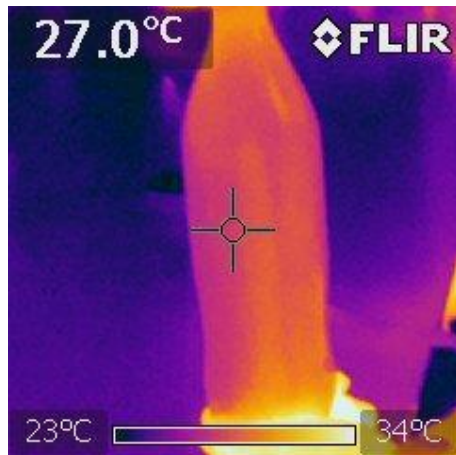
B: Har vi fotat?

A: Så nu.

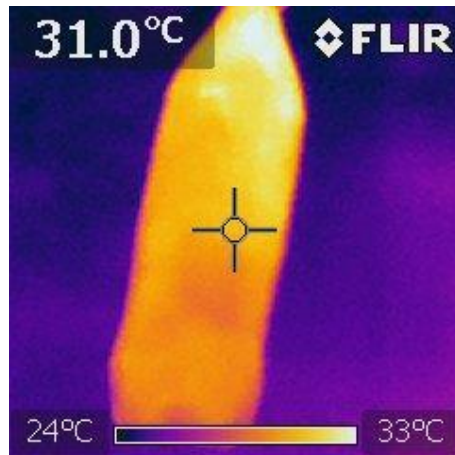
C: Gu va rolit.

A: *pysljud* Ta bort handen. Korken e svart.

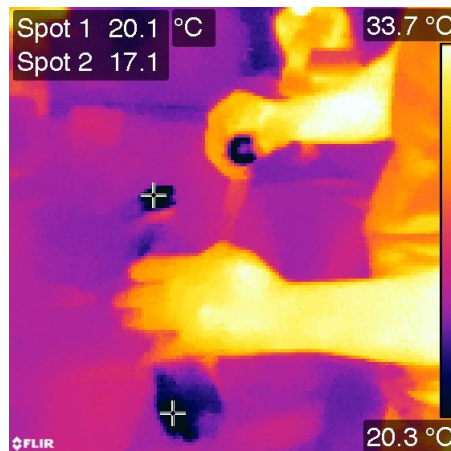
A skapar en relation genom att beskriva värmebilden.



(a) PET-flaska under uppumpning, temperaturen uppmätt till 27 °C.



(b) PET-flaska vid ett högre tryck, troligtvis den angivna gränsen 5 bar, och högre temperatur, spotmätaren uppger 31 °C.



(c) PET-flaska strax efter att korken skruvats av och trycket snabbt sjunkit. De två mätpunkterna visar 17 respektive 20 °C. De mörka områdena, korken, mynningen och botten har kylts ner när flaskan öppnats och trycket plötsligt sänkts. Botten har troligtvis kylts av kondens som uppstått vid temperatursänkningen och sedan runnit ner mot flaskans botten.

Figur 6.7: Värmebilder tagna av elever vid skolbesök 2, mätpunkterna i c är utplacerade i efterhand.

6.7. TRYCK

B: Voila.

B accepterar A:s relation.

A: Korken blir svart. Korken e kall.

A fortsätter som att relationen mellan svart och kall står fast.

B: Men vaddå den e så kall, känn på den.

B skapar en relation till upplevelsen som inte stämmer med hens förväntning.

A: Ja oj! Känn på korken.

C: Jävlar. wow!

A och C accepterar B:s beskrivning

...

B: Alltså allt tryck åker ju ut där. Men jag vet inte varför den blir kall.

B:s skapar en relation till mellanrummet.

C: Men vi måste skriva, varför tror vi att korken blir det?

C utvecklar B:s relation med ett mellanrum till ett skriftligt svar.

A: Asså ingen aning, de kan ju va för att allt tryck ba "ptff" men jag vet inte varför det skulle bli kallt.

A föreslår en relation till tryckminskning som för att fylla mellanrummet med ett orsakssamband utan förklaring.

...

A: Ah, vi kan tänka på det där sen, vi vet ju vad som hände.

A föreslår att mellanrummet kvarstår till efterarbetet.

B: Okej vi kan tänka sen.

B accepterar A:s förslag och lämnar mellanrummet tomt.

Här är det tydligt att de lärt sig behärska experimentutförandet och kameran så att de obehindrat kopplar *svart* i kameran till *kallt*. De vet vad de ska göra, har målsikte, och är säkra på vilket utfallet ska bli, B uttrycker ett självsäkert "Voila" när hen skruvar av korken. När de ska förklara händelsen kan de inte dra några kopplingar till ideala gaslagen som i kursen Fysik 1a endast nämns i samband med atmosfären, klimat- och väderprognoser (Skolverket, 2011a, s. 3). Den nya representationen av ideala gaslagen i miniformat kopplas inte till den matematiska modellen eller de stora systemen de tidigare studerat. Eleverna saknar en relation mellan tryck och temperatur och därför kvarstår mellanrummet. Om laborationen

inte följs upp med efterarbete riskerar detta mellanrum att kvarstå då inga relationer har kopplats. I ett senare skede är det möjligt att denna fasett av ideala gaslagen kan kopplas ihop med den matematiska formeln och flaskans höjda temperatur kan vara en representation som hjälper till att ge en bättre helhetsbild av den ideala gaslagen.

I den andra delen fick eleverna problem med det praktiska genomförandet. De såg små bubblor och tolkade det som att luft kommit in och gjorde om experimentet. För att experimentet ska lyckas bör kolven innehålla så lite luft som möjligt. En liten luftbubbla bildas lätt när korken sätts i, denna är så liten att det inte spelar någon roll men för eleverna som inte gjort experimentet förut var det en källa till frustration att inte få bort alla luftbubblor. Upprepade försök drog ut på tiden och fenomenet blev svårare att upptäcka ju längre tid som gick då vattnet i bägaren blev kallare och därför inte kokade lika häftigt. Värmekameran bidrar inte genom att belysa en annan fasett av experimentet. Plasten i sprutan är inte transparent för LWIR-strålning så det som syns med värmekameran är värmeavtryck från händerna. Just att värmekameran inte var till någon hjälp upplevdes som en besvikelse.

B: Jag ser ingenting. (Med värmekameran till BL2.)

Eleverna interagerar med varandra men ett mellanrum uppstår när de ska använda värmekameran som inte visar något de förväntat sig.

C: Nej.

C bekräftar att mellanrummet kvarstår.

BL2: Nej, då kanske det inte är någonting att se.

BL2 bekräftar elevernas observationer och ger en relation till förklaringen att det inte finns något att se.

B: Ahmen, neeej.

B accepterar BL2:s relation trots uttryckt missnöje.

BL2: Ja men ni får titta på andra sätt. Ser ni nånting annat?

BL2 skapar en relation till vad som syns med blotta ögat för att fylla mellanrummet.

A: Va tråkigt.

A accepterar BL2s förklaring men uttrycker besvikelse.

A uttrycker ett missnöje, troligtvis för att besöket fokuserar på värmekameror. När kameran sedan inte går att använda i just denna station kan det ha gett en känsla av att bli lurad, B:s andra utsaga.

De flesta grupperna gjorde en koppling till ideala gaslagen med korrekt resonemang kring tryck och kokpunkt. I värmekameran kan det se ut som att värmen stiger inne i sprutan då kolven dras ut eftersom det ljumma vattnet rör sig ut i hela sprutan. Här varierade svaren mellan grupperna. Två grupper nämnde inte temperaturen alls, en poängterade att "temperaturen var densamma" och ytterligare en påstod att sprutan blev varmare. Här räcker inte rapportsvaren till för att helt avgöra vad grupperna menar. Stora delar av sprutan blir varmare då vattnet som sprids i den har en högre temperatur än luften men det har inget med kokpunkten

6.8. FASER

och tryckförändringen att göra. Hur de som inte nämnt temperaturen har resonerat är oklart men kan enkelt utredas genom att bilda tvärgrupper som får jämföra resultaten vid ett senare tillfälle, se förslag i lärarhandledningen bilaga 11.

Sammantaget var det många saker som hindrade eleverna från att ha ett fruktbart mål-i-sikte för *Lågt tryck* och fokus hamnade istället på att lyckas följa instruktionerna. Nästan samtliga steg innebar praktiska svårigheter; att suga upp exakt 10 ml vatten, att få ut alla luftbubblor, att få på eller av korken och att dra ut pistongen samtidigt som sprutan hålls still på ett sådant sätt att den kan studeras med värmekameran. Inget av detta har relevanta pedagogiska poänger för uppgiften. En del uttryckte också besvikelse över att inte kunna använda värmekameran. De praktiska svårigheterna och det dåliga utnyttjandet av värmekamerorna gjorde att momentet *Lågt tryck* valdes bort och ersattes av fasövergångar i besökets andra version.

6.8 Faser

Stationen avser belysa olika fasetter av ämnet fasövergångar och hur de påverkar energiflödet. Hurendotermareaktioner kräver ett energitillskott, till exempel genom att kyla ner ett område, och exoterma avger energi genom att värma upp ett område. I ämnesplanen tas fasövergångar upp i punkten *termisk energi*, (Skolverket, 2011a, s. 3). Stationen bestod av två delmoment, *Vätska på underlag* och *Bägaren och pappret* som beskrivs nedan. Till den slutgiltiga versionen behölls den första delen där aceton, etanol och vatten droppades på ett absorberande underlag. Det andra momentet användes som demonstration vid presentationen av värmekameran och som möjlig extrauppgift utifall någon grupp skulle hinna klart och inte behöva vänta sysslösa. Experimentet har inspirerats av besök på FLIRs Infrared Training Center i Täby och Charlie Xies arbeten på Concordia, (Xie, 2015).

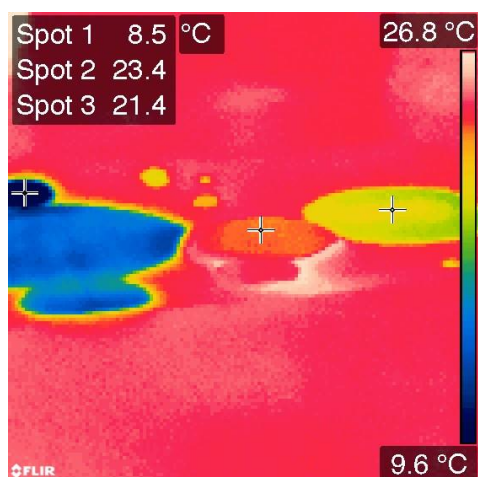


Figur 6.8: Stationen *Fasövergångar* med pipetter och kemikalier i burkar samt papperslappar och två muggar för kallt respektive ljust vatten.

6.8.1 Vätska på underlag

Som underlag användes Lab Soaker, ett laborationsunderlag som absorberar vätskor samtidigt som det skyddar bänkskivan. Med pipetter droppades ca 1 ml av de tre olika vätskorna på underlaget och eleverna skulle dokumentera händelseförloppet och försöka förklara det. Observationer under besöket visade en ovana hos eleverna i att hantera pipetter. Bägarna var inte höga nog för att pipetterna skulle kunna stå upp utan att välta och när de lades ned på bordet hände det att innehållet rann ut. Det gjorde det svårt för grupperna att droppa ut allt samtidigt. På grund av den stora skillnaden i flyktighet gjorde den lilla tidsskillnaden ingen skillnad för upplevelsen av effekten eller värmebilderna, se figur 6.9. Aceton ($\text{CH}_3(\text{CO})\text{CH}_3$) är en mycket flyktig vätska som bland annat finns i nagellacksborttagningsmedel. Vid kontakt med huden är det uttorkande och kylande men ger inga skador på huden i mindre mängder. 95%-ig etanol ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) är flyktigare än vatten men inte i samma paritet som acetonet. Både etanol och aceton är billiga kemikalier som vanligen finns i de flesta laboratorier. Genom att studera skillnaden i temperatur med hjälp av värmekameran visas hur mycket termisk energi som går åt till avdunstningen av respektive vätska. Genom att känna på underlaget kan eleverna avgöra hur mycket av vätskan som finns kvar. Även efter att acetonet avdunstat syns ett termiskt spår av vätskan. Detta visar ett av de praktiska användningsområdena som värmekameror har inom byggsektorn, nämligen att upptäcka fuktskador. I rapporten skulle följande frågor besvaras:

- Beskriv era resultat från försöket med vätska på underlag, vilka slutsatser drar ni?

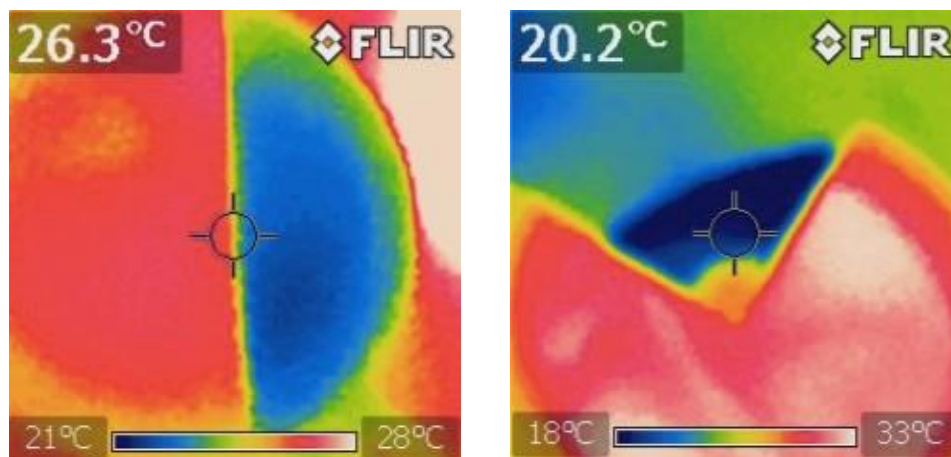


Figur 6.9: Elevbild från andra skolbesöket av aceton, vatten och etanol uppräknat från vänster till höger. Mätpunkterna är inlagda av författarna i efterhand genom programmet FLIR Tools. Emissiviteten för samtliga mätpunkter är satt till $\epsilon=0,95$.

6.8. FASER

6.8.2 Bägaren och pappret

Det andra delmomentet använder endast papperslappar, två muggar och vatten av olika temperaturer. En mugg med vatten strax under rumstemperatur täcks till hälften av en papperslapp och betraktas med värmekameran. Vattennivån ska vara strax under kanten på muggen som också bör vara torr. I värmebilden kommer tre temperaturzoner utskilja sig, det kalla vattnet, det rumstempererade pappret och bordet samt den del av pappret som täcker vattnet och är något varmare. Den något förhöjda temperaturen uppstår då vattenångan kondenserar (exoterm reaktion) på papprets undersida och där avger energi. Effekten avtar när pappret blir fuktigt och avdunstningen från ovansidan upprättar en termisk jämvikt.



(a) Papperslapp över kallt vatten visar två zoner tydligt. Den tredje, papprets rumstempererade område utanför muggen finns ej med i bilden. Det varma området till höger i bild kan vara reflektion från en lampa eller varmt vatten spillt på underlaget.

(b) Pappersbit doppad i varmt vatten, det mörkblå området är kylt av avdunstning, det varma vattnet har runnit ner som en gul droppe i papprets hörn.

Figur 6.10: Exempel på elevers värmebilder av stationen *Fasövergångar* från första pilotbesöket.

Papperslappen ska sedan doppas i det varma vattnet, i värmekameran doppas en mörk pappersbit i en gul/vit vätska. När den lyfts upp går den blöta delen från att ha samma färg som vattnet till att bli blåsvart med start högst upp. Återigen är det avdunstningsprocessen som använder den termiska energin till att omvandla vattnet till ånga. I rapporten skulle följande fråga besvaras:

- Beskriv era resultat från försöket med bägaren och pappret, vilka slutsatser drar ni?

6.8.3 Analys

Som syns i tabell 6.3 lyckades samtliga genomföra den första delen och hälften observerade, beskrev och lämnade en godkänd förklaringsmodell till sina iakttagelser. Uppgiftens närliggande syfte var konkret och lätt att uppnå för eleverna samtidigt som kontinuiteten fanns till det övergripande syftet. Bilderna som sänds in har till största delen bedömts som användbara för efterarbete trots att grupperna haft problem med att droppa vätskorna samtidigt. Godkända resonemang kring förhållandet mellan hur fort vätskorna avdunstade och den uppmätta temperaturen gavs i två av rapporterna. "Acetonet blev kallast, etanolet näst kallast och vattnet varmast. Vi tror att detta beror på att energi i aceton och etanol går åt till fasövergång (till gas).

Detta för att acetonet avdunstar snabbast, och etanolet näst snabbast i rumstemperatur." Gruppen beskriver en möjlig förklaring av de observationer de gjort med hjälp av värmekameran (temperaturmätning), känsel och syn (vilken vätska som först avdunstade). De relaterar hur snabbt avdunstningen sker till mängden energi som går åt och kan därmed fylla mellanrummet som frågan skapade. De grupper som inte relaterade skillnaderna i avdunstningshastighet under laborationen skulle med hjälp av bildmaterialet och adekvata uppgifter i efterarbeten kunna fylla detta mellanrum i efterhand. Här finns också en möjlig koppling till kemiämnet som eleverna troligtvis förknippar mer med denna typ av materiel. Vilka kemiska reaktioner som lämpligen studeras med värmekameror utgör ett eget forskningsfält.

Det andra momentet var svårare att genomföra så att tydliga observationer och bra bilder kunde tas. Vattennivån måste ligga tillräckligt nära pappret samtidigt som pappret och muggens kanter måste vara helt torra. En vanlig observation var att "pappret är varmare än det kalla vattnet" eller uttryckt som att det "såg varmare ut" när det lades över kallt vatten. Detta är säkert en korrekt iakttagelse då färgskalan ändras efter högsta och lägsta temperatur i bilden men inte den temperaturskillnad som eftersöktes i de organiserade syftena. Det närliggande syftet med de tre temperaturzonerna var för svårt att nå för eleverna. Som syns till vänster i figur 6.10 har enbart skillnaden mellan vattnet och pappret kommit med varför bilden inte går att använda till efterarbete för det tilltänkta övergripande syftet. Försöket att doppa en pappersbit i varmt vatten var betydligt enklare att utföra men finns bara beskrivet i en rapport från grupp 4 i första besöket som också angett avdunstning som förklaring för papprets plötsliga nedkylning.

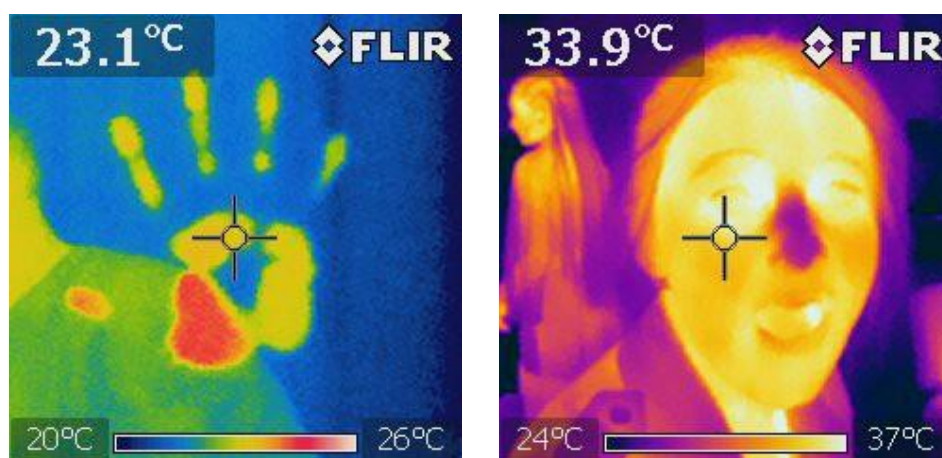
Till det andra skolbesöket behölls enbart den första delen som slogs ihop med tryck-stationen medan den andra delen, att doppa pappersbiten i varmt vatten, lades in som extrauppgift ifall någon grupp skulle bli klar snabbare än de andra. Den delvis övertäckta muggen lades in som demonstrationsdel i presentationen av värmekameran. Den är lämplig för att illustrera fördelen med olika palettval och hur samma temperatur representeras av olika färger beroende på bakgrundens temperatur.

6.9 Fria station

Som avslutning på besöket fick grupperna en undersökande uppgift, att helt fritt hitta något de tyckte såg spännande, snyggt eller intressant ut i värmekameran. De kunskaper om kameran de fått från de andra stationerna skulle de utnyttja till att titta på vanliga saker omkring dem, i klassrummet, i huset eller utomhus, och se dessa ur ett infrarött perspektiv. Stationen syftar till att uppmuntra eleverna att tänka fritt och testa saker de inte fått göra på de andra stationerna. I rapporten ombads de endast beskriva vad bilderna föreställde för att lättare kunna jobba vidare med dem i skolan.

Analys

Ingen av grupperna gjorde någon anteckning i rapporterna om den fria stationen, däremot har ett fåtal bilder, totalt 7 st från 2 grupper, skickats in som är tagna efter de ordinarie stationerna och som därför antas tillhöra detta moment. Bilderna är i de flesta fallen inspirerade av och visar samma fenomen som stationerna, termiskt handavtryck eller kall vätska på en yta. De visar också kalla ytor i ansiktet på en person, av bilden att döma går det inte att avgöra om något gjorts för att kyla ner kroppsdelen eller om det är en naturlig temperaturvariation, figur 6.11.



(a) Kombination av termiskt avtryck och tydlig reflektion i en isolerruta. (b) En tydlig temperaturskillnad mellan olika delar av ansiktet.

Figur 6.11: Elevbilder från den fria stationen.

I figur a har en hand placerats på en isolerruta och värmebilden visar avtrycket samt reflektionen av fotografen. En bild av exakt samma vy tagen med en vanlig kamera hade inte bara visat andra färger utan helt andra objekt. I det synliga spektret hade föremålen utanför fönstret avbildats men med en värmekamera syns spår av handen och reflektionen av fotografen. Med bilden fångas många av de

egenskaper som skiljer IR från synligt ljus och den utgör därför en bra utgångspunkt för en diskussion i efterarbetet.

Att tolka värmebilder är inte lätt om en inte vet vad bilden föreställer. Genom att diskutera bilder från den fria stationen får eleverna en större utmaning i att tolka bilden då de inte har samma förkunskaper om situationen som de har om de stationer de alla sett. En korrekt tolkning kräver djupare insikt om vad som skiljer EM-strålning av olika våglängd åt och hur de interagerar med olika material. Därför utgör just den fria stationen ett mycket bra underlag för ett givande efterarbete.

Den fria stationen relaterar mer till den affektiva domänen och erbjuder eleverna att upptäcka värmekameran med en högre frihetsgrad. För att återknyta till den kognitiva domänen är uppföljande aktiviteter nödvändiga.

6.10 FLIR Tools och datainsamling

Besöket avslutades med att eleverna själva skulle föra över bilderna från sin kamera till datorn för att sedan maila bilder och rapport till sig själva. Detta bedömdes vara det smidigaste sättet för dem att få med sig datan hem till skolan. De fick själva välja vilka bilder de ville spara. På så sätt fanns en extra morot att få med sig datan för dem som ville ha med bilder på sig själva. Som visas i tabell 6.4 erhöles minst en bild från 13 av 15 grupper.

Kamerorna har lösa minneskort men går också att koppla via en USB-sladd och fungerar då som vanliga digitalkameror. Bilderna lagras i radiometriskt jpg-filer, det går alltså att ändra färgkontrast och palett samt lägga till eller ta bort olika mätpunkter i efterhand. Programvaran som använts är gratisversionen av FLIR Tools och fanns installerad på alla datorer. Programmet har en importfunktion och eleverna fick skriftliga instruktioner i ett häfte, se *Tips och Trix för användning av värmekameror* i bilaga 11. Det uppstod en del frågetecken kring hur importering i programmet gick till och om de behövde ändra något i bilderna. Det snabbaste och enklaste sättet var att se kameran som ett USB-minne och inte använda FLIR Tools alls. De grupper som använde den metoden behövde ingen hjälp och blev klara först. Finns programvaran på skolans datorer kan bilderna analyseras och bearbetas där.

Tidigt fanns en förhoppning om att grupperna skulle hinna bearbeta bilderna lite grann, justera färgkontrasten och skriva korta anteckningar. När de sedan exporteras som ett pdf-dokument är det lätt att skriva ut och hänvisa till en specifik bild i andra övningar. På detta sätt samlas alla bilder i en fil och det blir lättare att hålla ordning. För exempel på elevproducerat bildark se bilaga 11.

Någon egentlig bearbetning av bilderna hanns inte med under besöket. Ingen av testskolorna hade, på grund av knepiga IT-lösningar, möjlighet att installera programmen på skolans datorer varför vidare bearbetning av de radiometriskt bilderna inte var aktuellt.

Kapitel 7

Värmekameror i skolmiljö

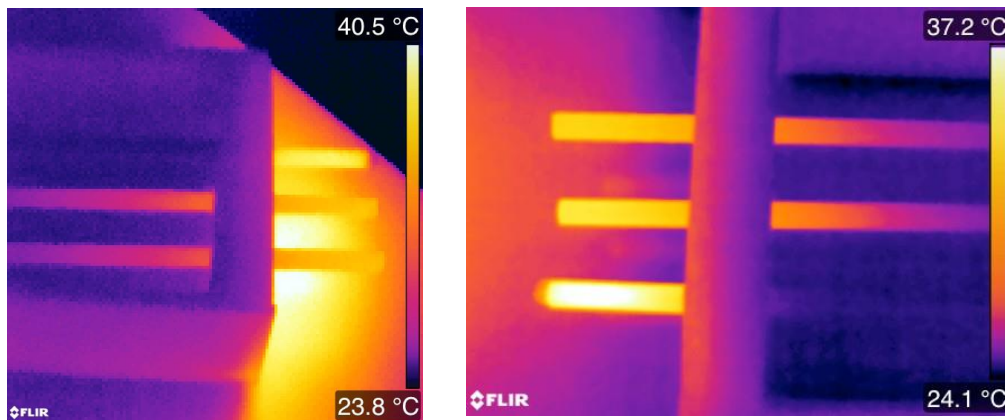
7.1 Vilka funktioner behövs?

De utgående modeller som använts i denna studie, i5 och i7, är enkla och robusta med få knappar och inställningsmöjligheter. Pistolgreppet och avtryckarknappen gör att de är lätta att hantera med en hand även för elever med mindre händer. Det gör dem smidiga och intuitiva att använda som "sikta och fota"-kameror samtidigt som en håller i eller fast det man studerar. De har en IR-upplösning på 100×100 respektive 140×140 pixlar. Den mer avancerade E8-modellen har dels fler funktioner som olika områdesmätningar och färgpaletter men framförallt en detektor med 320×240 pixlar. För kvalitativa resonemang är en lägre upplösning fullt tillräcklig. Det är vid korrekta kvantitativa mätningar av små objekt eller på större avstånd som upplösningen blir särskilt avgörande. Som syns i figur 7.1 har upplösningen ingen större betydelse för det kvalitativa resonemanget. I laborationsmiljö går det oftast att ordna så att objektet befinner sig på ett lämpligt avstånd så att bildkomponeringen blir bra.

Vid demonstrationer kopplades E8:an till en dator och med FLIR Tools visas kamerabilden i realtid med en projektor. När bilden projiceras upp i den storleken syns den relativt låga upplösningen tydligt. De flesta mobilkameror har idag 8 megapixel eller mer, alla digitalbilder har en väldigt hög upplösning jämfört med de aktuella värmebilderna som därför kan uppfattas som otydliga. Minst en kamera bör ha en strömningsfunktion för att enkelt kunna genomföra demonstrationer för större grupper. På det sättet kan även inställningar visas i kamerans menyer. Nya modeller med trådlös uppkoppling är ett ännu smidigare alternativ.

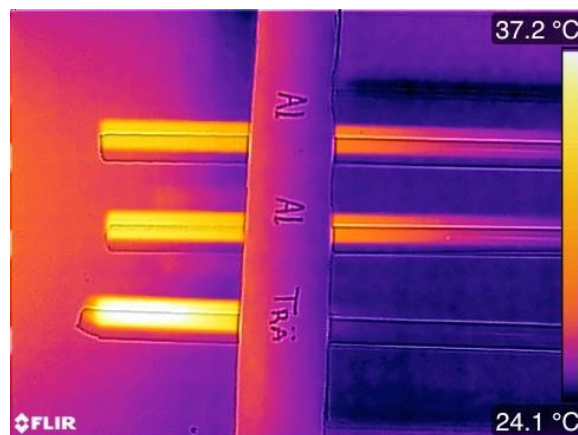
7.1.1 MSX - blandning av synligt och IR

Av nyare modeller har de flesta handhållna värmekameror även en vanlig digitalkamera som tar bilder samtidigt som IR-kameran. Det har många fördelar i yrkessammanhang, av 10 elskåp blir det lätt att hålla isär dem genom etiketter och text från den vanliga digitalbilden. Bilderna lagras i par och vid bearbetning kan man enkelt växla mellan IR och synligt ljus för att enklare avgöra exakt vilket område som är



Figur 7.1: Jämförelse av upplösning mellan modellerna i7 (140 × 140) och E8 (320 × 240). Bilderna är från hårtorksmomentet i värmetransportsstationen. Den vänstra bilden togs av elever med en i7, den högra av författarna med en E8.

av intresse då värmebilderna ofta är svåra att tolka utan kännedom om motivet. En bildbehandlingsteknik kallad MSX, avsnitt 3.4.4 och figur 7.2, kombinerar konturer från det synliga spektret med värmebilden så att text, skyltar och kanter blir tydligt definierade. Tekniken gör det möjligt att avläsa vad som står på konduktionslådan men ger en falsk detaljrikedom och gör att strukturer som är osynliga i IR ändå syns i bilden. Att automatiskt få en vanlig bild av det objektet är mycket bra och



Figur 7.2: Bilden från figur 7.1 med MSX aktiverat. Texten på lådan går att läsa trots att den är osynlig i IR-spektret. Konturerna och värmebilden är inte korrekt förskjutna på grund av felaktig avståndsställning som ska kompensera för paral-laxfelet mellan IR- och digitalkameran.

underlättar tolkningen av bilden i efterhand. Det är dock viktigt att användarna vet vad som är värmebild och vad som är konturer från det synliga spektret, speciellt i lärandesituationer där värmestrålningen är en del av själva stoffet. Det blir

7.2. NÅGRA EXEMPEL PÅ AKTIVITETER

motsägelsefullt att säga att "färger inte finns i IR-spektret" och sedan visa en MSX-bild där texten tydligt framgår som i figur 7.2. MSX gör också att konturer bakom fönsterrutor blir synliga trots att glaset inte släpper igenom värmestrålningen. För moment där de fysikaliska modellerna för värme eller strålning inte är läromålet är MSX-tekniken ett bra hjälpmedel. I teknikämnet kan värmekameror användas för att studera komponenter på exempelvis kretskort och då underlättar de tydliga konturerna möjligheten att avgöra exakt vilken komponent som är varm. Det finns en stor poäng i att lära sig hantera kameran utan MSX aktiverat, modeller där MSX inte går att avaktivera är därför olämpliga i undervisningssyfte.

7.1.2 Syftet avgör kraven

Syftet med undervisningsmomenten avgör vilka funktioner som är nödvändiga. Vid kvantitativa bedömningar spelar upplösning och korrekta inställningar av emissivitet, bakgrundsstrålning och reflektioner en mycket större roll än vid de kvalitativa. Det är därför av stor vikt att förstå kamerans begränsningar och felkällor för att göra korrekta mätningar. För kvantitativa mätningar på kortare avstånd är en upplösning i storleksordningen (320×240) att rekommendera.

Att lära sig hantera värmekameror som ett mätverktyg är inte nödvändigt för de vanliga gymnasieprogrammen eller låg- och högstadieselever. Då är de kvalitativa resonemangen kring fenomen dominerande som syften. I dessa fall är det ofta nog att varmare områden syns med otydliga konturer. För yrkesförberedande gymnasieprogram där hantering av värmekameran är ett läromål i sig bör modellerna vara mer lika de som används professionellt med högre upplösning och fler mätfunktioner. För att studera ändringar över tid är kameror med lämpliga ställningar och funktioner för dataloggning till datorprogram önskvärda.

Studien visar att det är fullt möjligt att använda kameror i mindre grupper om två, tre eller fyra elever och samtidigt ge alla deltagare chans att använda dem. Gruppaktiviteter ökar kraven på kommunikation och tränar elevernas förmåga att beskriva och välja ut vad som är viktigt och relevant i bilderna. För aktiviteter i halvklass räcker det med en uppsättning på mellan fem och åtta kameror.

7.2 Några exempel på aktiviteter

Värmekameror ger tillgång till nya representationer av fenomen som tidigare varit svåra att visualisera. I de flesta energiomvandlingar går en del energi förlorad som spillvärme genom friktion. I de flesta skolexempel negligeras detta, "du kan bortse från friktionen" är en vanlig brasklapp i många fysikuppgifter. Med värmekameror ges en chans att fånga denna spillvärme på bild. Den kontinuerliga kraft som krävs för att släpa föremål över golvet lämnar ett värmespår som går att fotografera. Många demonstrationsexempel innehåller komplicerade mekanismer för att få så lite friktion som möjligt så att de ska stämma med de idealiserade räkneexempel som lärs ut. Även om en värmebild inte möjliggör en korrekt kvantifiering av spillvärmens ger den ett bevis av dess existens.

Samtliga delmoment och stationer i besöket går att göra var för sig som kortare uppgifter. Stationerna är byggda av billiga material som är lätta att få tag på och bearbeta. Aktiviteterna rör fysikämnet på gymnasie- och högstadienivå men flera av dem går att göra i lägre åldrar, i synnerhet momenten för värmetransport och friktion. Genom att använda lämpliga föremål med liknande emissivitet går det att helt bortse från detta fenomen och betrakta alla relevanta ytor som ideala svartkroppar vid kvalitativa resonemang.

Ett område som påminner om professionell användning av kamerorna är inspektion av byggnader för att upptäcka köldbryggor eller drag. Här kan aktiviteter utformas med hög frihetsgrad, antingen som problembaserade eller undersökande. Fenomenen är lämpliga att koppla till energianvändning i vardagen och ett hållbarhetsperspektiv som är ett genomgående tema i alla ämnes- och kursplaner.

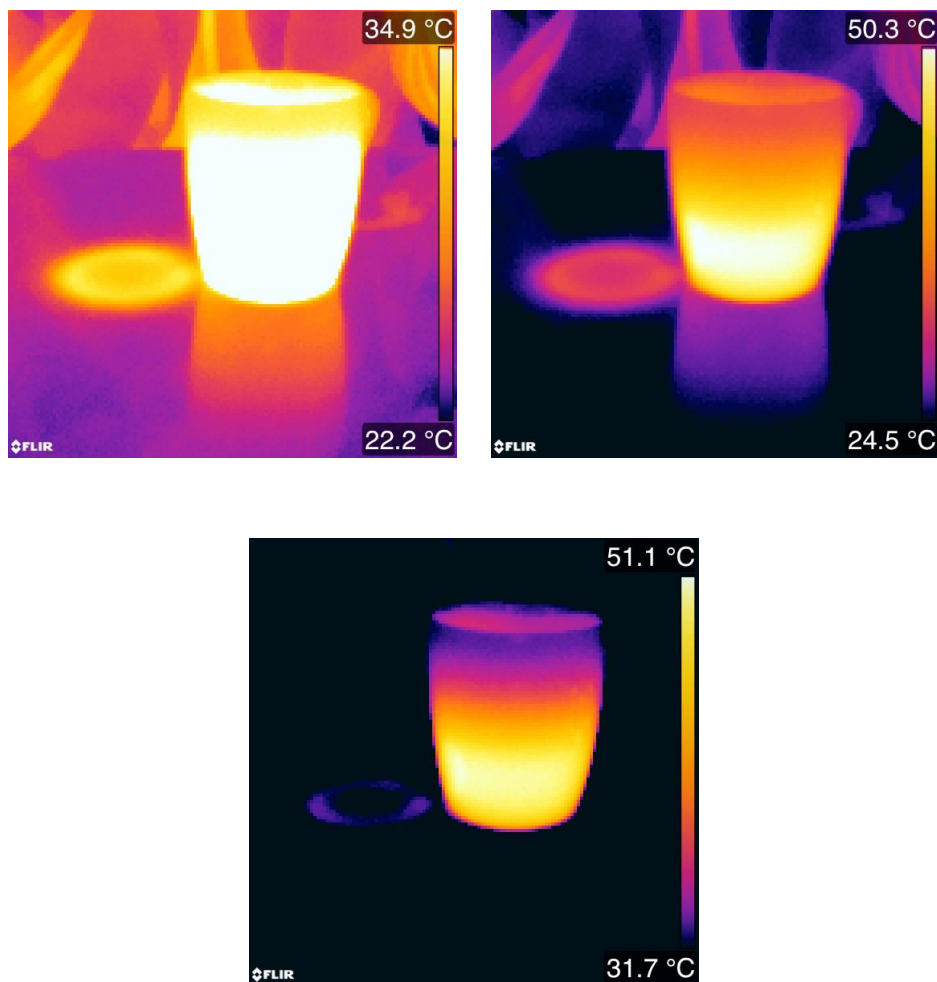
Denna studie begränsar sig till fysikämnets kunskapsmål men om skolor ska investera i en laborationsuppsättning värmekameror bör de användas i så många ämnen som möjligt. Inom kemi går det att se om reaktioner är endoterma eller exoterma, inom biologin kan växter och djur studeras och möjligtvis även aktiviteten i den mänskliga kroppen genom höjda temperaturer efter gymnastiklektioner. Värmekamerornas förmåga att avbilda sådant som vanligtvis är osynligt är intressant ur ett konstnärligt och estetiskt perspektiv och går att arbeta med i alla de estetiska ämnena.

Gemensamt för alla aktiviteter är behovet av bearbetning och diskussion av bildmaterial och observationer. Förslag på uppgifter som passar uppgifterna i skolbesöket finns i lärarhandledningen, bilaga 11, och några av dessa går att tillämpa på andra uppgifter.

7.3 FLIR Tools och bearbetning

Ett lämpligt sätt att bearbeta och jobba med insamlad data är att manipulera bilderna i efterhand i datorn. I studien användes FLIR-kameror som fungerar med programvaran FLIR Tools. Fördelen med att använda ett program som utnyttjar den radiometriska datan i bildfilerna är att många av kamerainställningarna går att ändra i datorn efter att bilden tagits. För att få bilden att bli tydligare är färgkontrasten och palettval de viktigaste inställningarna. Ett objekt med mycket avvikande temperatur kan ändra kamerans automatiska färgkontrast så att föremålet av intresse blir för mörkt eller för ljust. Genom att manuellt ändra färgkontrasten till ett temperaturområde närmare föremålet syns små temperaturskillnader i föremålet tydligt, se figur 7.3.

7.3. FLIR TOOLS OCH BEARBETNING



Figur 7.3: Till vänster syns gradienten i muggens reflektion i bordsytan och temperaturskillnaden till platsen där den stod förut. I mittenbilden syns det att hela muggen inte är full av varm vätska men bakgrunden är fortfarande ganska framträdande. I den högra är temperaturkontrasten inställd så att alla färgnyanser ligger i temperaturspannet hos muggen för maximal detaljrikedom just där. Bilderna är olika versioner av samma radiometriska värmebild.

Kapitel 8

Integrering av Science Centra

8.1 Integrera ett besök på Science center i undervisningen

”Vi möter idag mer än 60 000 skolelever och lärare per år med huvudsyftet att inspirera och skapa intresse och kunskap i en miljö som visar naturvetenskap, teknik och matematik på riktigt.” (Vetenskapens Hus, 2015)

Det är utgångspunkten för Vetenskapens Hus. Ett besök ska inspirera och skapa intresse och erbjuda experiment eller aktiviteter som lärare och elever inte kan göra på skolan till exempel för att utrustningen är för dyr.

Ett besök med elevgrupp brukar vara i 90 min, men ibland en halv- eller heldag med kombination av föreläsning, lunch och laborationsaktiviteter. Ni kan komma med en grupp på ca 25-30 elever. Om ni kommer med en helklass så delar vi oftast upp eleverna i grupper för att bibehålla kvaliteten.

(Vetenskapens Hus, 2015) Särskilt om det är ett av de kortare besöket och laborationen är av den beskrivande typen så är ett efterarbete där eleverna får reflektera över laborationen nödvändig för att eleverna ska få någon konceptuell utveckling (Domin, 2007, s. 149). Detta har inte gjorts i så stor utsträckning tidigare på Vetenskapens Hus och arbetet får ses som ett första försök.

Tiden till laborativt arbete begränsas på alla skolnivåer. Detta på grund av faktorer som klasstorlekar, schema, materiel, krav från kursplaner med mera. I skolan leder det till att fokus handlar på att följa instruktioner och samla data så fort som möjligt och umgås under tiden (Högström m. fl., 2012). En lösning på detta problem är att eleverna får fokusera på datainsamling på Vetenskapens Hus och sedan göra den nödvändiga uppföljningen för konceptuell utveckling i skolan. Dock ska konceptuella frågor bäddas in under datainsamlingen i en beskrivande eller problembaserad laborationsaktivitet för att ge största möjliga konceptuella förståelse (Domin, 2007, s. 151).

I den framtagna lärarhandledningen, bilaga 11 ges tre förslag på efterarbete. Detta skulle kunna utvecklas betydligt särskilt med tanke på den betydelse som

KAPITEL 8. INTEGRERING AV SCIENCE CENTRA

efterlaborativa aktiviteter har. En svårighet i att få till efterarbetet på skolan är att det tar mycket tid för lärarna. Ingen av lärarna under testbesöken följde upp med ett tillfälle på skolan. Det som angetts som anledning har varit brist på tid, lektionstillfällena är fullproppade för att försöka få med allt i de centrala innehållet.

Ytterligare ett försök att integrera besöket gjordes genom förarbetet som beskrivs i avsnitt 6.4. I lärarhandledningen uppmanas läraren att under tiden eleverna diskuterar diskussionsfrågorna gå runt och försöka identifiera om de vardagsföreställningar som försvårar förståelsen av begreppet värme och finns beskrivna i (Andersson m. fl., 2003) finns representerade.

Den första testklassen hade ingen möjlighet att diskutera frågorna på skolan så de fick diskutera frågorna på Vetenskapens Hus innan de började med skolbesöket. Detta gav tillfälle att spela in elevernas diskussion som sedan har transkriberats. De två första frågorna om direkta och indirekta mätningar klarade elevgruppen väldigt snabbt där de tar längd som exempel på en storhet som kan mätas direkt:

B: Okej, frågan är då "Kan ni komma på exempel där man mäter fysikaliska storheter direkt?"

B försöker etablera en relation till frågan

C: Ja jag skulle ju säga till exempel, längd är ju en fysikalisk storhet, eh, som *omöjligt att höra*

C menar att längd är något som står fast

B: Linjal

C: Ja, du menar, jag tror att dom menar, man behöver inga beräkningar för att räkna ut det. Längd, då mäter du ju bara. Ögonmått.

C försöker skapa relation mellan begreppet indirekt mätning och beräkningar

Som exempel på indirekt mätning av en storhet tog de hastighet och acceleration:

B: Fråga två, kan ni komma på exempel där man mäter fysikaliska storheter indirekt?

B agerar som att den relation som C försökt skapa mellan direkta och indirekta mätningar och beräkningar står fast

C: hastighet acceleration

Resten av frågorna är lite mer intressanta att analysera då de handlar om värme. Det är tydligt att eleverna har en tidigare förståelse av värmeledning. De förklarar varför man kan sitta i en bastu som är 90°C men inte bada i vatten som har samma temperatur.

B: Fråga tre, varför kan du sitta i en bastu som är nittio grader men inte bada i vatten med samma temperatur?

C: Jodå det är ju olika ...

C skapar en relation till materielens olika värdegenskaper

A: Jag vet kan jag snälla få svara, vatten leder värme mycket bättre.

A vill visa att värmeledningsförmåga står fast

B: Ah än luft.

8.1. INTEGRERA ETT BESÖK PÅ SCIENCE CENTER I UNDERVISNINGEN

B skapar en relation till det som A menar står fast

A: Och då tar vi åt oss värme från vatten mycket bättre än luft vilket gör att vi kommer uppnå en högre temperatur inombords i kroppen mycket fortare än när vi sitter i en bastu. om vi skulle sitta i en bastu i tre timmar i nitti grader så skulle vi inte överleva det, eller i typ ett dygn, även om du fick vatten för då hinner luften liksom göra din kropp varm, 90 grader.

A fortsätter att fördjupa relationen till det som står fast

B: Som vattnet skulle gjort.

B försöker skapa en relation till det resonemang A för

A: ah, men vattnet skulle gjort på en snabbare...

A utvecklar relationen

B: Liquid och gas-forms.

A: mm inom parentes liquid där nersänkt.

C: Men du kokar ju inte korv i luft, du kokar ju korv i vatten, för de går ju snabbare.

C befäster det som står fast med en liknelse

AB: ååååh

Elevernas kunskap för olika materials värmeledningsförmåga står fast. Dock så uppstår ett mellanrum när de börjar diskutera stenarna på aggregatet:

B: Fråga fyra, vad händer om du slänger vatten på aggregatet, förklara så utförligt som möjligt. (läser från pappret.) En fråga...

A: Vad är aggregat?

Det finns ett mellanrum för A till namnet på värmealstraren i en bastu.

C: Aggregatet är det som alstrar värme i en bastu, eller alstrar, alltså gör värmen i en bastu.

C skapar en relation så att termen står fast.

B: Då avdunstar det, det blir såhär *pyyyshhhh*

B skapar en relation med ett onomatopoetiskt uttryck.

A: Ah å det är därför det blir varmt... ..

A accepterar relationen.

C: Men dock, vattnet är ju bara 90 grader, hallå, aggregatet är ju bara nittio grader, de e ju inte mer. (.) Hallå hörni, aggregatet är ju bara 90 grader men vattnet avkokar ju när det är hundra, varför avdunstar det när det är 90?

C uppfattar ett mellanrum mellan bastutemperaturen och att det skulle ske en kraftig avdunstning.

B: åååh

A: asså jag tror att de här stenarna behöver ju va varmare, aggregatet då menar jag. behöver ju va varmare än...

A föreslår en relation som överbryggat mellanrummet.

C: men var kommer den energin i från dårå? dom e ju också 90 grader?

C accepterar inte den relationen.

B: Nej, dom e inte nitti grader.

B ser inte mellanrummet utan tycker stenarnas högre temperatur står fast.

A: stenarna är väl knappast nitti grader.

A tycker också att den högre temperaturen står fast.

C: Jo dom e också 90 grader.

C accepterar det inte.

B: Nej dom värmer upp luften *till* 90 grader.

B försöker skapa ytterligare relationer som överbryggat mellanrummet.

KAPITEL 8. INTEGRERING AV SCIENCE CENTRA

C: Nej, anledningen till att stenarna känns varmare är för att dom leder värme bättre än luft.

C försöker skapa andra relationer som stärker sin egen tes.

A: Men C, de avdunstar ju inte...

A accepterar inte de relationer som C föreslår.

C: Så de leder bort kylan i dina händer snabbare.

men C ger inte upp.

B: Men du ska ju inte ta på stenarna, du ska ju slänga vatten på dom.

B försöker med fler relationer.

C: Ja de vet ja. Men ni säger, stenarna är ju lika varma som resten.

A: Nej

C: Jo

A: Nej

B: Men då skulle ju inte vattnet avdunsta.

C: (.) Jo men de, de e ju samma sak, du kan ju hålla vatten på ett bord, å de så försvinner det, även fast det inte är 100 grader i luften.

B: Men det blir såhär ptysssch

C: Ah det fräter ju

B: Men va? Inte på bordet men när man slänger det på aggregatet.

A: PTYSSCH! (gör fräsljud)

C: Men de e ju samma grej när du slänger vatten på bordet.

B: Nä då fräter det fan inte.

C: Åh då avdunstar det, det är bara att det avdunstar mycket snabbare när det är 90 grader. (.) Men det är ju fortfarande inte 100 grader.

Eleverna accepterar inte varandras relationer.

B: Vem var det som ställde den frågan från början?

C: Men de e ju en fråga..

B: nej men alltså 100 grader-grejen, aja skit i det.

C: Men vi skulle gå igenom det på fysiken men...

De accepterar relationernas kompatibilitet och att de står fast hos respektive.

Elev C kan inte få ihop att vattnet snabbt avdunstar från stenarna om de bara är 90 °C. Stenarna är enligt elev C 90 °C eftersom bastun är det. Detta är ett exempel på den sjunde formen av vardagsuppfattningar som finns i projektet Nordlab (Andersson m. fl., 2003), eleverna fokuserar på delsystem och uppfattar inte temperatur som ett resultat av ett termiskt jämviktsförlopp. Eleverna går vidare utan att helt reda ut saken.

Även vid frågan om böneplattan så står kunskapen om värmeledningsförmåga fast och eleverna hänvisar till sina tidigare resonemang:

B: Ja skämta, Ne men vi bestämmer den kall, ofcourse. då e det då kylan (.) ehm, i plattan, söker värmen i dina läppar, drar åt sig läpparna eftersom dom bär på värmen du inte har i din platta. Gud så bra det här blev.

B skapar en relation till problemet.

A: *applåderar*

C: åh anledningen till att du fryser fast e då att du blir kall, eller, le, leder värme väldigt bra.

C håller kvar vid tidigare relation om värmeledningsförmåga som står fast.

8.1. INTEGRERA ETT BESÖK PÅ SCIENCE CENTER I UNDERVISNINGEN

B: leder värme väldigt bra. exakt, hade du då...

B accepterar relationen.

C: annars händer det inte.

B: Hade du en såndär platta fast säg att plattan var luft

C: mm

B: Då hade ju inte läpparna sugit fast i luften.

B och C bekräftar relationen och visar att den står fast.

C: jag tror de om, asså om du skulle sätta dig på typ trä,(.) fastnar du inte men om du skulle sitta så i typ en timme så kanske du skulle fastna.

B: exakt, men de som det vi var inne på tidigare.

A: med ångan.

A bekräftar också relationen och värmeledningsförmågan står fast.

Från den sista frågan så kommer det inte så mycket som inte är flams. Men eleverna säger att de vill undersöka kroppen:

B: De var paus, fråga 6. (1) Vad skulle ni vilja undersöka med en värmekamera. Jo men jag skulle söka... (avbruten av ohörbart) Nej, nu skulle vi vilja söka efter spöken.

C: Nej jag skulle tycka det var kul med typ kroppen, så kanske det är varmare närmare hjärtat. (.) eller nej det e det inte.

A: jaja

Det är intressant att eleverna kommer att tänka på det. Det är faktiskt så att termografi är ett viktigt redskap för att detektera bröstcancer (Arora m. fl., 2008).

När läraren sedan kom till Vetenskapens Hus fick hen ett observationsprotokoll och uppgiften att återigen lyssna efter vardagsföreläsningarna. Detta för att ge läraren en annan roll under besöket. I andra besök på vetenskapens hus går läraren ofta runt och hjälper eleverna och detta kan vara direkt kontraproduktivt om själva tanken är att elevernas ska göra fel för att få en bättre utgångspunkt i efterföljande diskussion. Den första läraren förkastade protokollet och uppgiften efter ca 10 minuter. Detta då hen upplevde att observationen hämmade elevernas diskussion vid stationen. Vidare var lärarnas upplevelse att de såg andra sidor och kvalitéer hos sina elever under besöket på Vetenskapens Hus. En erfarenhet som framkommer ofta på Science center men som skulle vara väldigt spännande att utforska mer.

En idé som tyvärr inte hann realiseras var att paketera besöket så att det går att komma ut till skolor och göra det där.

Del V

Diskussion och slutsats

Kapitel 9

Diskussion

9.1 Skolbesöket

Utvecklandet av besöket tog mycket tid men var nödvändigt för att besvara de två första forskningsfrågorna. De praktiska testerna med pilotbesök lades veckorna efter påsklovet. Båda klasserna skulle slutföra fysik 1 under terminen och hade behandlat värmeavsnitten av kursen. Innan besöket hade eleverna blivit ombedda att svara på en enkät, läsa instuderingsmaterialet och haft gruppdiskussioner kring instuderingsfrågorna. Det var tydligt, särskilt i enkäten se avsnitt 6.2, att den första klassen hade bättre förkunskaper och behärskade den ämnesspecifika diskursen på en annan nivå än testklass 2. Med tanke på skolornas olika geografiska belägenhet och socioekonomiska status var detta inte överraskande. Skola 1 ligger i innerstan och har höga antagningsbetyg medan skola 2 ligger i en ytterförort och har hög andel elever med svenska som andraspråk. När den första testklassen hade svårt att hinna med alla delar av besöket trots goda förkunskaper var det uppenbart att antalet stationer och moment behövde ses över och begränsas.

Den fria stationen har inte aktivt nedprioriterats då den är av en annan labortyp och bedöms givande. Dock har det under besöket varit så att endast någon enstaka grupp hunnit iväg och upptäcka med värmekameran. Det har saknats redovisning i rapport och inte tydliggjorts vilken bild som hört till vilket har omöjliggjort analys av stationen.

En tolkning är att testklasserna utgör extremer i spannet av förkunskaper och engagemang. De två grupper som inte sände in något bildmaterial och sänt in identiska rapportsvar lämnade klassrummet under längre perioder och visade liten lust att genomföra besöket alls. Det hade varit intressant att testa den slutgiltiga versionen på en mer genomsnittlig skolklass för att se om tidsåtgången är passande.

Ett stort bakslag i studien var de uteblivna svaren på enkäten. Med en förhoppning om två dataset med runt 40 datapunkter kunde en kvantitativ jämförelse ha gjorts av resultaten före och efter besöket. Djupanalysen med PEA av transkriberingarna drog ut på tiden och ökade arbetsbördan samt gav ett resultat som inte var lika knutet till de vardagsföreställningar kring värmebegreppet som togs upp av enkäten och finns beskrivet i Nordlab (Andersson m. fl., 2003).

9.2 Värmekameran i laborativa aktiviteter

Skolbesöket innehåller exempel på enkla laborativa aktiviteter med värmekameror. Trots den sjunkande prisen är en uppsättning värmekameror fortfarande en stor investering för en skola. Därför poängterades vilka funktioner och egenskaper som varit särskilt användbara i utvecklingen av skolbesöket och vilka specifikationer kamerorna bör ha för att kunna användas på ett fruktbart sätt.

Samtliga aktiviteter har haft kvalitativa resonemang som mål. Att ta fram pålitliga mätvärden att använda i beräkningar är svårt och kräver mer av utrustning och användare i form av upplösning och korrekt inställda parametervärden.

Under en workshop på NO-biennalen diskuterades liknande aktiviteter med fysiklärare. Det blev då klart att utbildningsmaterial om kamerornas begränsningar och felkällor är nödvändigt för att de ska användas korrekt ute på skolorna. Det utbildningsmaterial som finns hos producenter är riktat mot näringslivet där korrekta mätvärden är huvudfokus. Syftet i skolfysiken är ett helt annat än det i de praktiska utbildningarna framtagna för termografister. Hanterandet av kameran är inte huvudmålet och övningarna är därför helt annorlunda.

Det är uppenbart att värmekameror inte är begränsade till vare sig fysikämnet eller gymnasiet. Tidigare forskning har visat att den kan användas även på mellanstadiet som ett tydligt visualiseringsverktyg för energiflöden (Haglund m. fl., 2014). Investeringskosten bör därför delas mellan alla årskurser och flertalet av skolämnen. Studien innehåller ingen marknadsundersökning av vilka modeller som finns från andra tillverkare utan ämnar visa vilka funktioner som använts och upplevts användbara i de aktiviteter som tagits fram.

Problemen med IT-upphandlingar som omöjliggör nedladdning av gratis programvara har varit aktuell för testskolorna. Å andra sidan så har som sagt lärarna bedömt tiden till uppföljande aktiviteter som obefintlig.

9.3 Integrering av science centra i ordinarie undervisning

Utformningen av skolbesöket har tagit avstamp i kursplaner för grundskolan och ämnesplanerna för gymnasiet. Det är en förutsättning för att besöket ska vara meningsfullt och kunna integreras i den ordinarie undervisningen. Att göra besök på ett science center eller andra lärmiljöer kan vara oförglömliga upplevelser för elever som kan ha positiv effekt på lärandet. Ett försök till integrering var att föreslå olika uppföljande aktiviteter som också är nödvändigt för denna typ av laboration.

9.4. VALIDITET OCH RELIABILITET

Tidpunkten för laborationerna gjorde dock att efterarbetet under skoltid av lärarna bedömdes svårt att hinna med. Maj består i skolans värld av helgdagar och nationella prov, att då lägga mycket lektionstid efter besöket upplevdes som svårt att motivera både för lärarna och eleverna. Eftersom det var en pilotstudie gjorde det dessutom det extra tidskrävande med enkäterna. Detta bidrog troligtvis till lärarnas bedömning att tiden inte fanns.

Skola 2 var nära att inte komma på grund av konflikter relaterade till motivation och uppförande. Läraren berättade senare om hur värdefullt det varit att få se eleverna i en annan miljö och såg andra kvalitéer hos eleverna. Så även om den andra testklassen presterade sämre i de data som samlats in var det en positiv upplevelse för läraren.

9.4 Validitet och reliabilitet

Validiteten och reliabiliteten är avgörande för trovärdigheten i all forskning. Denna studie har tre forskningsfrågor.

Den första handlar om att ta fram ett skolbesök. Skolbesöket utvärderas med hjälp av transkriberingar som analyseras med PEA och besöket utvecklas enligt DBR beskrivet i avsnitt 5.3.1 respektive 5.1.1. Värt att notera är att de båda testklasserna är väldigt olika, de är närmast ytterligheter vad gäller socioekonomisk och resultatmässig sammansättning. Detta gör att variationer av hur de lyckas kan mer bero på skillnaderna mellan grupperna än skillnader i laborationens upplägg, en svaghet för reliabiliteten. Den här typen av besök bör fortsätta utvecklas efter nya skolbesök som ger mer erfarenheter och fler iterationer av DBR-processen

Den andra frågan behandlar laborativa aktiviteter med värmekameror kopplat till elevernas lärande. Utgångspunkten var att genom en enkät kvantitativt, genom *individual student gain*, undersöka elevernas utveckling. Målet var att få in tillräckligt med datapunkter som dessvärre uteblev. Analysen fick då enbart förlita sig på PEA. Rapportförfattarna är två vilket innebär att analyserna av det transkriberade materialet kunde utföras separat och sedan jämföras vilket ökar reliabiliteten.

Den tredje och sista forskningsfrågan handlar om integrering av ett besök på Vetenskapens Hus i den ordinarie undervisningen. För- och eftermaterialet har producerats och skickats ut. Genom analys av en diskussion av instuderingsfrågorna så verkar detta få igång tankarna och kunna leda till att en del av begreppen står fast. Underlaget är litet och av efterarbetet finns inget då lärarna bedömde det som att tiden inte fanns för uppföljande aktiviteter.

9.5 Förbättringsförslag

- Lärarhandledningen kan utvecklas med mer fokus på de fysikaliska förklaringarna för att göra de uppföljande aktiviteterna enklare.
- Besökshandledningen kan göras tydligare och utförligare
- Stationerna kan fortsätta utvecklas. Det går att ta fram fler stationer som besöksledare, lärare eller elever kan välja emellan. Det går att bygga ut besöket så det blir längre och inkludera en diskussion.
- En station för hållbar utveckling skulle kunna tas fram
- Stationerna skulle kunna omarbetas till friare stationer med följden att fokus kan växla från de fysikaliska begreppen till det naturvetenskapliga arbetssättet.

Kapitel 10

Slutsats

I bilagorna till denna rapport finns all dokumentation för att kunna boka in och genomföra skolbesöket "Värme och temperatur" på Vetenskapens Hus. Detta har varit en önskan från Vetenskapens Hus eftersom UNESCO har utsett året 2015 till det internationella året för ljus och ljusbaserad teknologi. Skolbesöket har tagits fram och utvecklats på en begränsad tid och det finns delar som med fördel kan förbättras. De gäller främst lärarhandledningen med mer fokus på de fysikaliska förklaringarna och besökshandledningen som kan vara mer utförlig. Skolbesökets ramar har anpassats till Vetenskapens Hus praxis för skolbesöks utformning med 90 minuterspass så det ska gå att kombinera med ett annat besök och dela upp klassen i två. De olika stationerna kan finjusteras alternativt byggas ut och sättas ihop till ett längre besök som går utanför ramen.

Skolbesöket bygger helt på användningen av värmekameror vilket varit en förutsättning redan från början. Detta är ett nytt verktyg för eleverna vilket har präglat upplägget. Värmekamerorna är fortfarande ovanliga i den ordinarie skolutrustningen men stationerna och delarna är utformade på ett sådant sätt att det ska vara enkelt för skolan att konstruera dem själva om de har tillgång till värmekameror. Arbetet har visat att en IR-upplösning runt 140×140 är tillräckligt i laborationernas alla moment. Om prisutvecklingen på värmekameror fortsätter sjunka kommer det bli fullt möjligt att ha tillräckligt stora uppsättningar för att laborera i halv- eller helklass. Kamerorna lämpar sig då för ämnesövergripande aktiviteter, både mellan olika naturvetenskapliga ämnen men också inom strikt tvärvetenskapliga projekt mellan olika utbildningsprogram som estetiska och tekniska.

Användningen av värmekameror i undervisning ger möjlighet att visualisera det som tidigare varit osynligt. Utrustad med värmekameran försöker skolbesöket ge eleven en bättre förståelse för begreppet värme. Det har varit svårt att avgöra om detta lyckats. Att det inte inkom några svar på enkäten efter skolbesöket gjorde det omöjligt att använda enkäten för att försöka kvantifiera effekten av skolbesöket. Det som har analyserats är elevernas svar i rapporten, deras värmebilder samt transkriberingar av några grupper vid några stationer. Det går att konstatera att eleverna har goda förutsättningar att kunna få en djupare förståelse för begreppet

värme genom skolbesöket under vissa villkor. Eftersom stationerna är av typen beskrivande eller problembaserad så är uppföljande aktiviteter en nödvändighet för att nå konceptuell utveckling. Om dessa inte görs gemensamt ligger det på elevens eget ansvar att reflektera över laborationen och resultaten.

För att adressera behovet och för att på ett tydligare sätt integrera skolbesöket i den ordinarie undervisningen har skolbesöket utformats på ett sätt som försökt främja ett för- och efterarbete med förberedelsematerial och en lärarhandledning med förslag på uppföljning. Lärarna har inte hittat tid och utrymme till de uppföljande aktiviteterna vilket har varit olyckligt. Det är också ett nytt koncept som besökande inte är vana vid. Det är möjligt att lärarna uppfattar besöken som en isolerad händelse som behandlar ett givet ämnesområde som därefter ej behöver bearbetas. Att på detta sätt erbjuda "halva laborationer" kan vara ovant för lärarna. Möjliga lösningar är att lärarhandledningen och de uppföljande aktiviteterna utvecklas alternativt att skolbesöket byggs om för att också hinna med den delen. Om skolbesöket behåller sin nuvarande form är det av yttersta vikt att lärarna tydligt informeras om behovet av efterarbete före bokning.

Kapitel 11

Vidare forskning

För vidare forskning har följande områden funnits intressanta:

- Användandet av värmekameror inom andra skolämnen
Om skolor ska lägga mycket resurser på dyr utrustning är det viktigt att det kommer många till del. Vilka ämnen är lämpliga för tvärvetenskapliga samarbeten? Vilka program kan samarbeta i gemensamma projekt?
- Utveckla lärarutbildning för användande av värmekameror
Vad behöver lärare i olika ämnen veta om termografi för att kunna använda kamerorna i sina respektive ämnen?
- Utveckla integrering av science centra och ordinarie utbildning
Vilken information behöver lärarna och hur mycket tid kan de lägga ner på för- och efterarbeten? Om besöken till största delen består av datainsamling, vilka krav ställer det på lärarna vad gäller kunskaper och engagemang? Är det upplägget över huvud taget önskvärt ur ett lärarperspektiv?
- Värmekameror och ett hållbart perspektiv
Givet värmekamerornas goda förmåga att *se* energiflöden, hur kan de användas för att inkludera hållbarhetsperspektiv i olika ämnen?
- Relationen mellan lärare och elev i aktiviteter utanför skolan
Hur påverkas relationen mellan lärare och elever av besök och aktiviteter utanför klassrummet och skolans väggar? Vid besök på Vetenskapens Hus får läraren ta ett steg tillbaka och betrakta eleverna i arbete lett av någon annan, hur skiljer sig bilden de får av elever i detta, för dem, ovanliga perspektiv och situation? Hur förändras elevernas syn på lärarens roll om denne inte är den bestämmande som avgör vad som är rätt eller fel? Hur kan detta bidra till förbättrade relationer i klassrummet och göra att elever får chans att visa andra kunskaper och förmågor än i vanlig klassrumsundervisning?

Litteraturförteckning och Appendix

Litteraturförteckning

- Airey, J. & Linder, C. (2009). A disciplinary discourse perspective on university science learning: Achieving fluency in a critical constellation of modes. *Journal of Research in Science Teaching*, 46 (1), 27–49.
- Andersson, B., Bach, F., Frändberg, B., Jansson, I., Kärrqvist, C., Nyberg, E., . . . Zetterqvist, A. (2003). *Att förstå naturen-från vardagsbegrepp till fysik: sex workshops*. Enheten för ämnesdidaktik, Institutionen för pedagogik och didaktik, Göteborgs universitet.
- Ang, W. C., Kropelnicki, P., Tsai, J. M. L., Leong, K. C. & Tan, C. S. (2014). Design, simulation and characterization of wheatstone bridge structured metal thin film uncooled microbolometer. *Procedia Engineering*, 94 , 6–13.
- Arora, N., Martins, D., Ruggerio, D., Tousimis, E., Swistel, A. J., Osborne, M. P. & Simmons, R. M. (2008). Effectiveness of a noninvasive digital infrared thermal imaging system in the detection of breast cancer. *The American Journal of Surgery*, 196 (4), 523–526.
- Brown, R. D., Jr. (2000, September). *Germanium*. Hämtad 2015-05-27, från <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/germanium/220798.pdf>
- Burnay, S., Williams, T. & Jones, C. (1988). *Applications of thermal imaging*. Adam Hilger.
- Chen, C., Yi, X., Zhao, X. & Xiong, B. (2001). Characterizations of vo 2-based uncooled microbolometer linear array. *Sensors and Actuators A: Physical*, 90 (3), 212–214.
- CODATA. (2010). *2010 Committee on Data for Science and Technology (CODATA) recommended values*. Hämtad 2015-05-05, från <http://physics.nist.gov/cuu/Constants/index.html>
- Dewey, J. (1916). *Democracy and Education - An Introduction to the Philosophy of Education*. Macmillan Company.
- Dewey, J., Hartman, S., Hartman, R. M. & Lundgren, U. P. (2004). *Individ, skola och samhälle : Utbildningsfilosofiska texter av John Dewey*. Stockholm: Natur & Kultur.
- Domin, D. S. (1999). A review of laboratory instruction styles. *Journal of Chemical Education*, 76 (4), 543.
- Domin, D. S. (2007). Students perceptions of when conceptual development occurs during laboratory instruction. *Chemistry Education Research and Practice*,

- 8 (2), 140–152.
- FLIR. (2013). *Flir i-series data sheet*.
- Haglund, J., Jepsson, F., Hedberg, D., Xie, C. & Schönborn, K. (2014). Värmekameror gör det osynliga synligt. *Venue*.
- Hake, R. R. (2002). Relationship of individual student normalized learning gains in mechanics with gender, high-school physics, and pretest scores on mathematics and spatial visualization. I *The Physics Education Research Conference (Boise, ID)*.
- Hardie, R. C., Droege, D. R., Dapore, A. J. & Greiner, M. E. (2015). Impact of detector-element active-area shape and fill factor on super-resolution. *Frontiers in Physics*, 3 (31). doi: 10.3389/fphy.2015.00031
- Hecht, J. (2012). Photonic frontiers: Room-temperature ir imaging: Microbolometer arrays enable uncooled infrared camera. *Laser Focus World*, 48 (4). Hämtad 2015-05-27, från <http://www.laserfocusworld.com/articles/print/volume-48/issue-04/features/microbolometer-arrays-enable-uncooled-infrared-camera.html>
- Herschel, W. (1800). Experiments on the refrangibility of the invisible rays of the sun. *Phil. Trans. R. Soc. Lond*, 90, 284–292.
- Hofstein, A. & Lunetta, V. N. (2004). The laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century. *Science Education*, 88 (1), 28–54.
- Högström, P., Ottander, C. & Benckert, S. (2012). Lärares mål med laborativt arbete: Utveckla förståelse och intresse. *Nordic Studies in Science Education*, 2 (3), 54–66.
- Johansson, A. M. & Wickman, P.-O. (2011). Hur man kan förstå lärandeprogresion pragmatiskt. I *Beyond fragmentation: Didactics, learning, and teaching*. Barbara Budrich Publishers. (Svensk översättning.)
- Kelly, A. E., Lesh, R. A. & Baek, J. Y. (2008). *Handbook of design research methods in education*.
- Moskalyk, R. (2004). Review of germanium processing worldwide. *Minerals Engineering*, 17 (3), 393 - 402. Hämtad från <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0892687503004321> doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.mineng.2003.11.014>
- Nordin, S. (2011). *Filosoferna: det västerländska tänkandet sedan år 1900:[nietzsche-freud-bergson-sorel-russell...]*. Atlantis.
- Planck, M. (1900). On an improvement of wien's equation for the spectrum. *Verhandl. Dtsch. phys. Ges.*, 2. (Planck, M. (1900b). "Zur Theorie des Gesetzes der Energieverteilung im Normalspektrum". *Verhandlungen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft* 2: 237. Translated in ter Haar, D. (1967). *The Old Quantum Theory*". Pergamon Press. p. 82. LCCN 66029628.)
- Planck, M. (1901). On the law of distribution of energy in the normal spectrum. *Annalen der Physik*. ("Ueber das Gesetz der Energieverteilung im Normalspektrum")
- Säljö, R. (2000). *Lärande i praktiken : Ett sociokulturellt perspektiv*. Norstedts Akademiska Förlag.

Litteraturförteckning

- Schwab, J. J. & Brandwein, P. F. (1962). The teaching of science as enquiry. I J. J. Schwab & P. F. Brandwein (red.), *The teaching of science* (s. 3-103). Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Skolverket. (2011a). *Ämnesplanen för fysik för gymnasieskolan*.
- Skolverket. (2011b). *Kursplan för fysik för grundskolan*.
- Steinvall, O. (2014, September). *Long range imaging with optical sensors*. Hämtad 2015-05-02, från <http://www.fmv.se/Global/Dokument>
- Thorell, H. D., Andersson, C., Jonsson, A. & Holst, A. (2014). Är det man ser det som sker? *Forskning om Undervisning och Lärande*(13), 5–29.
- Torres, S. N. & Hayat, M. M. (2003). Kalman filtering for adaptive nonuniformity correction in infrared focal-plane arrays. *JOSA A*, 20 (3), 470–480.
- Umicore. (2015). *Gasir®1 - infrared transmitting glass*. Hämtad 2015-05-22, från http://eom.umicore.com/en/infrared-optics/blanks/show_GASIR-for-infrared-optics.pdf
- Vetenskapens Hus, h. (2015). *Vetenskapens Hus hemsida*. Hämtad 2015-05-24, från <http://www.vetenskapenshus.se/>
- Vygotskij, L. S. (2007). *Tänkande och språk* (vol. 3). Göteborg: Daidalos.
- Wickman, P.-O. (2014). En pragmatisk didaktik. I *Lärande i handling : En pragmatisk didaktik* (s. 17–24).
- Wickman, P.-O. & Jakobson, B. (2005). Den naturvetenskapliga undervisningens estetik. *Utbildning och demokrati*, 1, 81–100.
- Wickman, P.-O. & Ligozat, F. (2011). Scientific literacy as action. I *Exploring the landscape of scientific literacy* (s. 147–159).
- Wickman, P.-O. & Östman, L. (2002). Learning as discourse change: A sociocultural mechanism. *Science Education*, 86 (5), 601–623.
- Xie, C. (2015). *Transforming science education with IR imaging*. Hämtad 2015-05-18, från <http://energy.concord.org/publication/inframation2012.pdf>
- Åberg, S. (2015). *Koka vatten i en spruta*. Hämtad 2015-05-21, från <http://school.chem.umu.se/Experiment/88>

Bilagor

Lärarhandledning och förberedelsematerial

25 maj 2015

Lärarhandledning Värme och temperatur på Vetenskapens Hus

Freddy Grip, Sebastian Voghera



¹⁰²
VETENSKAPENS HUS

AlbaNova universitetscentrum, 106 91 Stockholm
08 - 553 784 60, vh@vetenskapenshus.se, www.vetenskapenshus.se



Grundskolans kursplan och gymnasieskolans läroplaner

Värme och temperatur finns direkt och indirekt i det centrala innehållet i grundskolans kursplan för fysik och i gymnasieskolans ämnesplaner för fysik 1 och fysik 2:

Grundskolans kursplan i fysik

I det centrala innehållet för årskurs 7-9 är följande delar aktuella:

Fysiken i naturen och samhället

- Fysikaliska modeller för att beskriva och förklara uppkomsten av partikelstrålning och elektromagnetisk strålning samt strålningens påverkan på levande organismer. Hur olika typer av strålning kan användas i modern teknik, till exempel inom sjukvård och informationsteknik.
- Energins flöde från solen genom naturen och samhället. Några sätt att lagra energi. Olika energislags energikvalitet samt deras för- och nackdelar för miljön.
- Partikelmodell för att beskriva och förklara fasers egenskaper och fasövergångar, tryck, volym, densitet och temperatur. Hur partiklarnas rörelser kan förklara materiens spridning i naturen.

Fysikens metoder och arbetssätt

- Systematiska undersökningar. Formulering av enkla frågeställningar, planering, utförande och utvärdering.
- Mätningar och mätinstrument och hur de kan kombineras för att mäta storheter, till exempel fart, tryck och effekt.
- Sambandet mellan fysikaliska undersökningar och utvecklingen av begrepp, modeller och teorier.
- Dokumentation av undersökningar med tabeller, diagram, bilder och skriftliga rapporter.
- Källkritisk granskning av information och argument som eleven möter i källor och samhällsdiskussioner med koppling till fysik.

Förmågor i grundskolans kursplan

Genom undervisningen i ämnet fysik ska eleverna sammanfattningsvis ges förutsättningar att utveckla sin förmåga att

- använda kunskaper i fysik för att granska information, kommunicera och ta ställning i frågor som rör energi, teknik, miljö och samhälle,
- genomföra systematiska undersökningar i fysik, och
- använda fysikens begrepp, modeller och teorier för att beskriva och förklara fysikaliska samband i naturen och samhället.

Laborationen kommer främst utveckla förmågorna i punkt två och tre. Sist i detta dokument finns förslag på efterarbete som knyter laborationen till skolan och erbjuder möjlighet att även utveckla förmågan beskriven i punkt ett.

Gymnasieskolans ämnesplaner i fysik 1 och 2

I fysik 1 finns värme och temperatur med mer direkt i form av termisk energi. Det finns även mer om fysikens karaktär än högstadiets kursplan.

Energi och energiresurser

- Arbete, effekt, potentiell energi och rörelseenergi för att beskriva olika energiformer: mekanisk, termisk, elektrisk och kemisk energi samt strålnings- och kärnenergi.
- Termisk energi: inre energi, värmekapacitet, värmetransport, temperatur och fasomvandlingar.

Strålning inom medicin och teknik

- Orientering om elektromagnetisk strålning [...].
- Tillämpningar inom medicin och teknik

Fysikens karaktär, arbetssätt och matematiska metoder

- Det experimentella arbetets betydelse för att testa, omvärdera och revidera hypoteser, teorier och modeller.
- Planering och genomförande av experimentella undersökningar och observationer samt formulering och prövning av hypoteser i samband med dessa.
- Bearbetning och utvärdering av data och resultat med hjälp av analys av grafer, enhetsanalys och storleksuppskattningar.
- Utvärdering av resultat och slutsatser genom analys av metodval, arbetsprocess och felkällor.

I fysik 2 finns värme och temperatur med lite mer indirekt. Av läromedlen att döma så kommer svartkroppsstrålning med först i fysik 2, i samband med mer utvecklande resonemang kring elektromagnetisk strålning.

Kunskaper och förmågor i gymnasieskolans ämnesplaner

Undervisningen i ämnet fysik ska ge eleverna förutsättningar att utveckla följande:

1. Kunskaper om fysikens begrepp, modeller, teorier och arbetsmetoder samt förståelse av hur dessa utvecklas.
2. Förmåga att analysera och söka svar på ämnesrelaterade frågor samt att identifiera, formulera och lösa problem. Förmåga att reflektera över och värdera valda strategier, metoder och resultat.
3. Förmåga att planera, genomföra, tolka och redovisa experiment och observationer samt förmåga att hantera material och utrustning.
4. Kunskaper om fysikens betydelse för individ och samhälle.
5. Förmåga att använda kunskaper i fysik för att kommunicera samt för att granska och använda information.

Laborationen kommer främst utveckla 1 och 2. Sist i detta dokument finns förslag på efterarbete som knyter laborationen till skolan och erbjuder ytterligare möjlighet att utveckla 2 och 5.

Laborationen i korthet

Elever har ofta vardagsföreställningar om värme, temperatur och värmeöverföringar som försvårar för en fysikalisk förståelse för dessa begrepp. På Vetenskapens Hus erbjuder vi nu ett skolbesök som syftar till att fördjupa elevernas förståelse kring värme och temperatur. Vi kommer arbeta med värmekameror och ha ett upplägg med olika stationer där ett eller flera begrepp fördjupas.

De stationer som finns är:

1. Värmetransport
2. Tryck och Faser
3. Friktion (Riktad till högstadiet)
4. Upptäck värmestrålning

Stationerna "Tryck och Faser" samt "Friktion" syftar till att koppla ihop värme med andra fysikaliska fenomen. Detta för att få eleverna att koppla till värme i olika situationer, att det finns endoterma och exoterma fasövergångar, att tryck och värme och friktion och värme är nära relaterat i praktiska och tekniska sammanhang. Stationen friktion lämpar sig bäst för elever på högstadiet och mer fokus ligger vid det naturvetenskapliga arbetssättet. I stationen "Värmetransport" kommer eleverna få titta på strålning och konduktion. Värmekameran har en förmåga att visualisera det som tidigare mer teoretiskt behandlats. I stationen "Upptäck värmestrålning" få eleverna helt fritt ta bilder på värmestrålning de hittar i omgivningen.

För- och efterarbete

Det finns material att arbeta med både före och efter besöket för att sätta besöket i ett större sammanhang och göra det till en del i den ordinarie undervisningen.

Förarbete

Vi har tagit fram ett kompendium med en fördjupande text om mätningar, en skönlitterär text om konsekvensen av konduktion och diskussionsfrågor. Vi rekommenderar att eleverna får läsa in materialet på egen hand och att tid avsätts för att diskutera diskussionsfrågorna i grupp. Tillfället för diskussion får gärna inledas med följande

klipp <https://www.youtube.com/watch?v=-JdhySH2PMc>. Klippet är knappt tre minuter och behandlar den historiska upptäckten av infraröd strålning. I projektet Nordlab (Andersson m. fl., 2003, s. 10) sammanfattades de vanligaste vardagsföreställningarna i sju aspekter. Som lärare är det värdefullt att under diskussionen gå runt och försöka identifiera vilka vardagsföreställningar som finns om värme i din grupp, utgå gärna från de sju aspekterna från Nordlab.

1. Värme är av materiell natur (värme är luftliknande, ett fluidum, ett "kvasimateriellt ämne", ibland i form av värmepartiklar).
2. Kyla är också av materiell natur.
3. Kyla är värmets motsats. Båda kan finnas i ett föremål, och kan neutralisera varandra.
4. Värme är lätt och tenderar att stiga uppåt, kyla är tungt och tenderar att sjunka nedåt.
5. Temperatur och värme tenderar att uppfattas som odifferentierade. Temperatur kan uppfattas som ett mått på mängden värme (eller kyla) i ett föremål.
6. Elevernas förklaringar av termiska fenomen beror av vilka egenskaper de tillskriver ingående föremål och material (järn kan t.ex. uppfattas som tätt och därmed en dålig värmeledare).
7. I sina förklaringar fokuserar eleven ofta ett delsystem och dess uppfattade egenskaper, snarare än växelverkan mellan två eller flera delsystem (exempelvis uppfattas temperatur som en inneboende egenskap hos ett föremål, och inte som ett resultat av ett termiskt jämviktsförlopp).

Efterarbete

När ni varit på besöket kommer eleverna ha bilder och rapporter från de olika stationerna digitalt. Eleverna kommer själva ansvara för att mejla eller på annat sätt ta med sig bilderna hem. Väl på skolan rekommenderar vi att tid avsätts för att följa upp besöket. Här finns några förslag på upplägg:

- Dela in klassen i grupper om fyra. Där varje elev får presentera en station var av fasövergångar, friktion, tryck och värmetransport. Efter det får alla presentera sin bild från den fria stationen upptäck värmestrålning.
- Sätt upp alla bilder från den fria stationen upptäck värmestrålning i klassrummet. Låt eleverna gå runt i grupper och försöka tolka de olika bilderna. Ha sedan en

gemensam diskussion och presentera bilderna.

- Bilderna och rapporterna i Word lämpar sig som underlag för en mer utförlig skriftlig rapport. Antingen att eleverna skriver om valfria bilder eller en station. Detta skulle kunna kamrättras.

Referenser

Andersson, B., Bach, F., Frändberg, B., Jansson, I., Kärrqvist, C., Nyberg, E., ... Zetterqvist, A. (2003). *Att förstå naturen-från vardagsbegrepp till fysik: sex "workshops"*. Enheten för ämnesdidaktik, Institutionen för pedagogik och didaktik, Göteborgs universitet.

Förarbetsmaterial

21 april 2015

Inför skolbesöket Värme och temperatur på Vetenskapens Hus

Freddy Grip, Sebastian Voghera



VETENSKAPENS HUS

AlbaNova universitetscentrum, 106 91 Stockholm
08 - 553 784 60, vh@vetenskapenshus.se, www.vetenskapenshus.se



Metrologi - läran om mätningen

Inom naturvetenskapen är det en självklarhet att göra mätningar för att få resultat till de utförda experimenten och undersökningarna. Men vid närmare eftertanke är det inte alltid så lätt som det först låter. Hur skulle du till exempel mäta massan på ett föremål?

Om du tänkte att du skulle väga föremålet så är inte heller det helt självklart. Om du lägger föremålet på en vanlig våg (typ badrumsvåg) så är det faktiskt inte massan som mäts utan det är den normalkraft som vågen påverkar föremålet med. Skulle vi resa till månen som har en annan dragningskraft och använda vågen där skulle mätningen ge helt fel värde på föremålets massa.

Under laborationerna på vetenskapens hus kommer föremåls temperaturer vara särskilt intressanta. Temperatur är en fysikalisk storhet som förenklat kan beskrivas som den genomsnittliga rörelseenergin hos molekylerna i föremålet. Temperaturen är inte heller särskilt lätt att mäta direkt. Här ser du fyra olika sorters termometrar. Hur tror du att de mäter temperaturen?



Figur 1: Fyra olika termometrar som alla mäter temperaturen på olika sätt.

De två första termometrarna utnyttjar att många föremål expanderar när de blir varmare. Vätskan i en glastermometer expanderar mer än vad glaset gör och därför kommer vätskepelaren stiga när temperaturen gör det. Hur tror du den runda termometrarna fungerar?

Den digitala termometern kollar hur svårt eller lätt det är för en ström att gå genom givaren och kan på det sättet dra slutsats om temperaturen. Den handhållna termometern mäter värmestrålningen och kollar temperaturen på det sättet. Det är alltså utvidgning, resistivitet och resistans eller värmestrålning som mäts och med den mätningen kan vi dra en slutsats om temperaturen. Det är väldigt vanligt att mätningen av en storhet är en slutsats efter egentliga mätningar av andra storheter, det är viktigt att ha i åtanke.

En annan viktig aspekt på mätningar är att de allra flesta mätningar påverkar experimentet. Om du stoppar ner en glastermometer i en kopp kaffe så kommer termometern kyla ner kaffet något och visa den temperatur som är när termometern och kaffet är i termisk jämvikt.

Värmekamerorna som kommer användas på Vetenskapens Hus mäter temperaturen på samma sätt som den infraröda termometern, nämligen genom att mäta värmestrålningen från föremålet. Det betyder att kameran inte påverkar föremålet som glastermometern men å andra sidan är kameran helt beroende av hur bra materialet, som föremålets yta är gjort av, är på att stråla i det infraröda området.

Emissivitet och skenbar temperatur

Kirchhoffs strålningslag säger att ett föremåls förmåga att emittera (stråla) är lika god som förmågan att absorbera (ta upp) strålning. Ett föremål som absorberar all inkommande strålning kallas en svartkropp. Genom att jämföra ett föremåls förmåga att absorbera (och emittera) strålning med en svartkropp får vi föremålets *emissivitet*, ϵ .

$$\epsilon = \frac{\text{utstrålad effekt}}{\text{utstrålad effekt av svartkropp}}$$

Riktat vi värmekameran mot perfekta svartkoppar kommer vi se deras faktiska temperatur. Det finns dock inget som är en perfekt svartkropp så den temperatur som värmekameran visar är föremålets skenbara temperatur, den temperatur föremålet skulle haft om den var en svartkropp. Om vi då vet föremålets emissivitet så kan vi ställa in det i kameran, kameran kompenserar för detta, och ger en mer korrekt temperatur. Matta föremål har generellt hög emissivitet medan blanka föremål har lägre emissivitet.

Den tibetanska Böneplattan

"Thorong La-passet, Annapurnamassivet i Nepal. Höjd 5 415 meter. Jag har klarat det. Äntligen är jag uppe! Lättnaden är så stor att jag vräker mig på rygg och bara flämtar. Benen svider av mjölksyra, huvudet dunkar och värker i höjdsjukans första stadium. Dagsljuset är oroväckande flammigt. En plötslig vindstöt varnar om sämre väder. Kölden biter i kinderna och jag ser en handfull vandrare skyndsamt axla sina ryggsäckar och börja nedfarten mot Muktinath.

Jag blir ensam kvar. Kan inte förmå mig att gå, inte än. Fortfarande andfådd sätter jag mig upp. Stöder mig mot höjdröset med sina fladdrande tibetanska bönevimplar. Passet består av stenar, en steril grusvall helt utan växtlighet. På ömse sidor tornar topparna upp sig, svarta råa fasader med himmelsvida glaciärer.

Några första snöflingor piskar mot jackan i vindstötarna. Inte bra. Om stigen hinner snöa igen blir det farligt. Jag spanar bakåt, men inga fler vandrare syns till. Måste skynda mig ner.

Men inte än. Jag står på den högsta punkt jag någonsin befunnit mig på. Måste ta avsked först. Måste tacka någon. En impuls griper mig, och jag faller på knä vid höjdröset. Känner mig en aning löjlig, men en ny rundblick bekräftar att jag är ensam. Snabbt böjer jag mig framåt som en muslim med stjärten i vädret, böjer mig framstupa och mumlar en tackbön. Och där är en järnplatta med ingjutna tibetanska bokstäver, en skrift jag inte kan tyda men som utstrålar allvar, andlighet, och jag böjer mig ner och kysser texten.

Det är i det ögonblicket som minnet öppnar sig. Ett svindlande schakt ner i min barndom. Ett rör genom tiden där någon ropar en varning, men det är för sent.

Jag sitter fast.

Mina fuktiga läppar sitter fastfrusna i en tibetansk böneplatta. Och när jag försöker våta loss mig med tungan fastnar även den. Vartenda barn i Norrland måste väl någon gång ha varit med om det. En isande vinterdag, ett broräcke, en lyktstolpe, ett rimfrostigt stycke järn. Mitt minne är med ens alldeles klart. Jag är fem år gammal och slickar fast mig i dörrlåset på brotrappan i Pajala. Först en oerhörd förvåning. Ett dörlås som obehindrat kan vidröras med vanten eller med ett naket finger. Men nu en djävulsk fälla. Jag försöker skrika, men det är svårt om man har tungan fastklistrad. Jag fåktar med armarna, försöker slita loss mig med våld men ger upp av smärtan. Kylan gör att tungan domnat, blodsmaken fyller munnen. Förtvivlat sparkar jag i dörren och utstöter desperat:

-Äääähhh, ääähhh

Då kommer morsan. Hon håller på en skål varmvatten, det rinner över låset och läpparna tinar loss. Skinnbitar sitter kvar på järnet, och jag lovar mig själv att aldrig någonsin göra om det.

-Äääähhh, ääähhh, mumlar jag medan snön piskar allt tätare. Ingen hör mig. Om någon vandrare ännu är på väg upp vänder de nog om. Min rumpa pekar i vädret, vinden ligger hårt på och kyler den. Munnen börjar förlora känslan. Jag drar av mig handskarna och försöker värma loss mig med händerna, flåsar ut min varma andedräkt. Men det är

lönlöst. Järnet suger åt sig värmen men förblir lika kallt. Jag försöker lyfta, rycka loss järnplattan. Men den är fastgjuten, rör sig inte en millimeter. Kallsvetten blöter ryggen. Vinden söker sig in under jacklinningen och får mig att huttra. Låga moln drar fram och sveper in passet i dimma. Farligt. Dävlighet farligt. Skräcken blir allt starkare. Jag kommer att dö här. Fastfrusen i en tibetansk böneplatta kommer jag aldrig att klara natten.

Det finns bara en möjlighet kvar. Jag måste rycka mig loss.

Tanken gör mig illamående. Men jag är tvungen. Sliter först lite på prov. Känner smärtan ila ända bak i tungroten. Ett... två... och så...

Rött. Blod. Och så en smärta som får mig att slå pannan i järnet. Det går inte. Munnen sitter fast lika hårt som innan. Jag skulle bli av med mitt ansikte om jag slet hårdare.

En kniv. Om jag åtminstone haft en kniv. Jag trevar med foten mot ryggsäcken, men den ligger flera meter bort. Rädslan knyter min mage, blåsan är nära att tömma sig i byxorna. Jag öppnar gylfen och bereder mig att pissa på alla fyra, som en ko. Så hejdar jag mig. Tar min dryckesmugg som hänger i bältet. Pissar i muggen och håller sedan innehållet över min mun. Det sipprar över läpparna, smälter, och på ett par sekunder är jag fri."

(Ur boken Populärmusik från Vittula av Mikael Niemi.)

Diskussionsfrågor

Diskutera följande frågor i grupper

1. Kan ni komma på exempel där man mäter fysikaliska storheter direkt?
2. Kan ni komma på exempel där man mäter fysikaliska storheter indirekt?
3. Varför kan du sitta i en bastu som är 90 °C men inte bada i vatten med samma temperatur?
4. Vad händer om du slänger vatten på aggregatet, förklara så utförligt som möjligt?
5. Varför tror du att personen i boken fastnade med läpparna i den tibetanska böneplattan?
6. Vad skulle ni vilja undersöka med en värmekamera?

Material till skolbesöket

Presentation

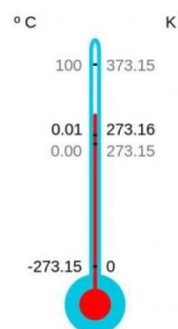
Värme och temperatur med värmekamera



Värme och temperatur

Vad är värme och temperatur?

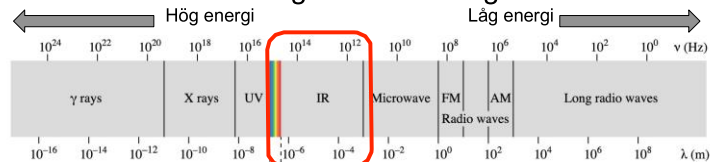
- „ Värme
 - „ En energiöverföring
- „ Temperatur
 - „ Genomsnittliga hastigheten på partiklarna
 - Enhet: Celsius eller Kelvin
- „ Kyla?
 - „ Ungefär som mörker



Värme och temperatur

Alla kroppar strålar

- Fotoner och elektromagnetisk strålning



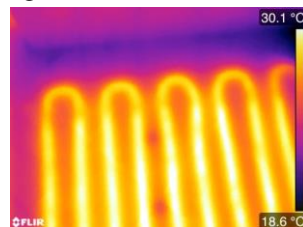
- Ytans temperatur avgör hur mycket och vilka våglängder

- Plancks' strålningslag
$$I(\lambda, T) = \frac{2hc^2}{\lambda^5} \frac{1}{e^{\frac{hc}{\lambda k_B T}} - 1}$$

Värme och temperatur

Synligt ljus och IR-strålning

- Varma ytor → Mest synligt ljus
 - Glödande eller brinnande saker
- Rumstemperatur → Mest IR-strålning
 - Vi, kablar, väggar, golv



MATERIAL TILL SKOLBESÖKET

Värme och temperatur

Värmekameran

- „ Detekterar värmestrålning
 - „ Våglängder 7,5 – 13 μm
- „ Ingen röntgenkamera!
- „ Två ömtåliga punkter!
 - „ Linsen – Ha alltid linsskyddet för om ni inte tittar med den
 - „ Detektorn – Rikta aldrig mot solen eller starka lampor!
- „ Ta bilder med ”avtryckaren” eller använd den som ett IR-öga.



VETENSKAPENS HUS



Värme och temperatur

Hur går labben till?

- „ 3 stationer – 20 min på varje
 - „ Instruktioner vid varje station, läs igenom innan ni börjar
 - „ Ni ska hinna med minst 2 stationer
- „ Varje grupp har
 - „ Värmekamera
 - „ Dator
- „ Rapport för minnesanteckningar – fyll i under tiden
 - „ Fortsätt med rapporten i skolan
- „ Ställ i ordning stationen när ni är klara med den!



VETENSKAPENS HUS



Besökshandledning

22 april 2015

Värme och temperatur Vetenskapens Hus

Besökshandledning

Freddy Grip, Sebastian Voghera



VETENSKAPENS HUS

AlbaNova universitetscentrum, 106 91 Stockholm
08 - 553 784 60, vh@vetenskapenshus.se, www.vetenskapenshus.se



MATERIAL TILL SKOLBESÖKET

Risikanalys

Allt laborerande är förenat med risk tänk därför alltid på säkerheten när du laborerar.

- Introduktionen: Innehåller både flytande kväve och kokande vatten. Var noggrann och hantera dessa varsamt.
- Tryck: Inga förhöjda risker. Vi har testat att pumpa PET-flaskan i sprängbur, det är synnerligen osannolikt att den skulle exploderar av att pumpas upp, coca cola garanterar <11 bar, spendrups 7 bar.
- Fasomvandlingar: I denna laboration förekommer kemikalierna etanol och aceton som behöver hanteras på ett säkert sätt.
- Värmetransport: Lampan blir väldigt varm, finns en risk att bränna sig, hanteras varsamt.
- Upptäck värmestrålning: Inga förhöjda risker.

Tungan på lyktstolpen

Eleverna har läst ett utdrag ur populärmusik från Vittula där huvudkaraktären fastnar med tungan i en tibetansk böneplatta. Besöket inleds därför med att återknyta till detta. Utförande:

- Kyl ner lyktstolpen i flytande kväve. OBS! När stolpen är kall finns risk för att fastna, ta därför ALDRIG direkt i stolpen. Använd ett frigolitblock som stöd när den läggs ner på bordet. **Blås på den så att den får lite frost på sig.**
- Tag disktrasan som ska vara blöt. Lägg den hastigt på stolpen och dra långs med stolpen.
- Visa nu att trasan frusit fast och att det skulle göra ont att ta sig loss.

Diskutera med eleverna varför tungan fryser fast.

Inledning

Prata kring PowerPoint-presentationen. Borde inte ta mer än 10 min Fortsätt sedan med:

Vi kommer se världen ur värmekamerans perspektiv och då är det viktigt att kunna tolka det vi ser. Värmekameran kommer ge ett mätvärde på temperaturen, detta värde kallas den skenbara temperaturen. Varför tror ni att den gör det?

Den skenbara temperaturen är den temperatur värmekameran tror att föremålet har.

Fysiken bygger på modeller av verkligheten, ibland är dessa modeller förenklingar av den verkliga situationen. Alla föremål strålar inte lika effektivt. Om man strålar helt som den fysikaliska modellen har man emissivitet 1. Olika material har olika emissivitet. Om vi fyller dessa båda plåtkurkar med nyligen kokat vatten kommer de ha samma temperatur. Vad händer om vi tittar på dem i värmekameran, vad ser vi? (utför)

Eltejp vet vi har hög emissivitet, nämligen 0.95, den strålar väldigt likt den fysikaliska modellen. Om vi tejpar båda burkarna och ställer in emissiviteten så kan vi få den skenbara temperaturen att komma väldigt nära den faktiska temperaturen på föremålet.

Spelar färgen på tejpens någon roll? Som ni ser här så spelar det ingen roll vad färgen på eltejpen är, utan det är mer ytans material, om det är blankt eller matt, sen vilken färg den har i det synliga spektrat behöver inte ha något att göra med hur den strålar i det infraröda. Element är vita men de är målade med en färg som har väldigt hög emissivitet. I laboration kommer inte mätvärden på temperaturen vara så viktig. Det är viktigare att få en bra bild med tydliga färgkontraster. Det går att mäta temperaturen i datorprogrammet senare.

Det som är sant i synligt ljus behöver inte vara sant i infrarött. Plexiglas släpper igenom synligt ljus medan en sopsäck inte gör det. Men hur är det med termisk strålning? (utför)

När ni tittar på föremål så kan ni även få syn på reflektioner. Visa i till exempel tavlan. Kameran har en automatisk skala. Detta är oftast bra men kräver att en tänker efter. Var noga med att titta på saker ur olika vinklar så ni inte får med reflexer eller att ni har en väldigt varm sak i bild som ställer om skalan. Tungan på lyktstolpen är ett tydligt exempel på konduktion (värmeförledning). Ett annat exempel på värmetransport är konvektion. Tänkte visa det här (utför) Ser det ut som något ni sett tidigare?

Avslut

Se till att eleverna mejlat eller på annat sätt får med sig de digitala filerna (bilder, bildark och rapport). Glöm inte att alla ska fylla i en utvärdering.

Laborationsinstruktioner

Instruktioner för kameran

14 april 2015

Tips och Trix för användning av värmekameror

Modeller FLIR i5 och i7

Sebastian Voghera, Freddy Grip



VETENSKAPENS HUS

AlbaNova universitetscentrum, 106 91 Stockholm
08 - 553 784 60, vh@vetenskapenshus.se, www.vetenskapenshus.se



Värmekamera modell i5 och i7

Värmekamerorna vi använder på Vetenskapens hus är av två liknande modeller, i5 och i7, och är utrustade med en massa smarta finesser. För att arbetet ska bli så smidigt som möjligt när ni kommer hit vill vi ge er lite tips som vi gärna skulle fått när vi för första gången skulle använda en värmekamera.

Vad tål de?

De modeller vi använder är tåliga och gjorda för att användas utomhus, i kallt och varmt väder. De är professionella verktyg som är gjorda för att användas varje dag men de har två ömtåliga delar. Den ena är linsen gjord av halvmetallen germanium. För att få bra bilder får den inte repas eller smutsas ner av fingeravtryck. **Linsskyddet ska därför alltid vara för när kameran inte används.** Den andra är detektorn inne i kameran. Kameran är gjord för att mäta infraröd strålning med våglängder i området $7,5 - 13 \mu\text{m}$ från temperaturer mellan -20°C och $+250^\circ\text{C}$. Starka strålningskällor som vissa lampor och solen lyser med helt andra våglängder och med hög intensitet (mycket energi) och kan därför skada detektorn på samma sätt som solen skadar era ögon om ni tittar rakt mot den. **Rikta aldrig kameran mot solen eller rakt in i en stark lampa!**

Vad kan en se?

En vanlig kamera är gjord för att detektera precis den strålning vi kan se med våra ögon. En värmekamera detekterar strålning med våglängder som är mycket längre än de vi kan se. Det gör att en kan upptäcka andra saker. Ni kommer också märka att vissa saker vi ser som genomskinliga, sådana som släpper igenom synligt ljus, inte alls släpper igenom värmestrålning. Ni kommer också stöta på det omvända men det mesta ni ser är värmestrålning från ytan ni ser med blotta ögat. Ändå kan en se mönster på exempelvis golv som i bild 1. Kameran ser *inte* igenom kakelplattorna men just där värmeslingorna går värms golvet upp lite mer. Temperaturskillnaden behöver inte vara stor för att kameran ska upptäcka den, den kan detektera skillnader på bara $0,1^\circ\text{C}$. Så kom ihåg; en värmekamera är INTE en röntgenkamera.

Att använda kameran

För att ta en bild trycker man på "avtryckarknappen" fram på kameran. Kameran kan inte spela in film men ni kan studera objekt i realtid. Vill man se snabba förändringar kan det vara bra att inte ta en bild mitt i händelseförloppet då det tar tid för kameran att lagra bilden. Ta i så fall en före- och en efterbild och beskriv vad ni såg i kamerafönstret med ord. ...

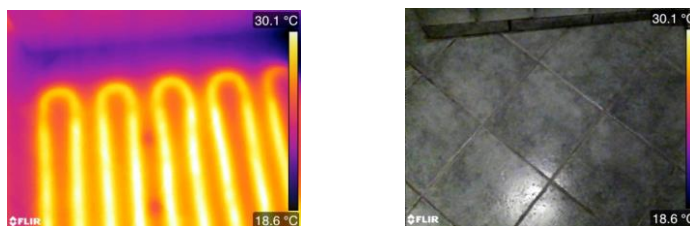
Att få en bra bild

Mycket i bilden går att ändra i datorn men tre saker bestäms när bilden tas och går inte att ändra på i efterhand.

Det första är *fokus*. Våra kameror har autofokus och ni ser på skärmen om den är rätt fokuserad. Ibland kan det vara svårt att få kameran att fokusera på rätt föremål, prova att rikta kameran mot något långt bort och sedan tillbaka.

Det andra är bildens *komposition*. Se till att ha med det som är intressant i bilden, behöver ni gå närmare, är det en dålig vinkel, får ni reflektioner från andra föremål? Testa att flytta dig i sidled och ändra avstånd för att se om det blir bättre.

Det tredje är *omfånget*. Kameran ställer in sig i olika temperaturomfång. Har ni ett jättevarmt föremål i bilden, exempelvis en glödlampa, kan den inte alltid se skillnad på små temperaturskillnader precis bredvid. Omvänt, är kameran inställd på ett för snävt omfång kommer stora delar av bilden vara helt vit eller svart och det går då inte att ändra i datorn.



Figur 1: Värmebild respektive foto av elektrisk golvvärme under kakelplattor.

FLIR Tools - analysera bilderna i datorn

Bilderna i kameran kan importeras till datorn precis som från din telefon eller digitalkamera. På datorerna finns programmet FLIR Tools. Med bilden sparas också all information som kameran samlar in, ni kan alltså ändra en massa saker i programmet efter att ni tagit bilden. Tänk dock på de tre sakerna som **INTE** går att ändra som finns beskrivet ovan.

Använd programmet för att redigera bilderna så ni får en så tydlig bild av det ni vill visa. Det mest användbara verktygen är färgskala och temperaturomfång. När ni är nöjda sparar ni bilderna och skapar ett bildark som ni exporterar som en pdf-fil som ni kan hänvisa till när ni skriver rapporten i MS Word. För detaljerade instruktioner se steg-för-steg-guiderna.

Importera bilder till FLIR Tools

1. Starta programmet FLIR Tools från startmenyn eller ikonen på skrivbordet.
2. Koppla kameran till datorn via USB-sladden och sätt på kameran.
3. Tryck på  uppe till vänster.
4. Välj de bilder ni vill importera genom att markera filer med  eller  och tryck .
5. Skapa en undermapp era namn och datum som ni sparar filerna i.

Redigera bilder

När bilden öppnas finns en mätpunkt mitt i bilden, en ring, den kan ni flytta på eller radera genom att markera och trycka . I programmet kan man göra avancerade mätningar av skenbara temperaturer men det behandlas inte i den här snabbguiden. Om ni vill rotera bilden kan det göras med knapp 2 i figur 2. Det bästa sättet att tydliggöra fenomenet en vill visa är att ändra *färgpaletten* och *kontrasten* eller *temperaturspannet*.

Nr 2. Färgpalett

ni kan ändra vilken färgskala bilden ska visas i genom att trycka på knapp 3 i figur 2. ni kan välja att färga områden över eller under en viss temperatur eller i olika kontinuerliga färgskalor. De vanligaste är *Rainbow*, *Iron* och *Grey*. Det finns

MATERIAL TILL SKOLBESÖKET

inget rätt eller fel, välj den ni tycker är tydligast och lättast att förstå.

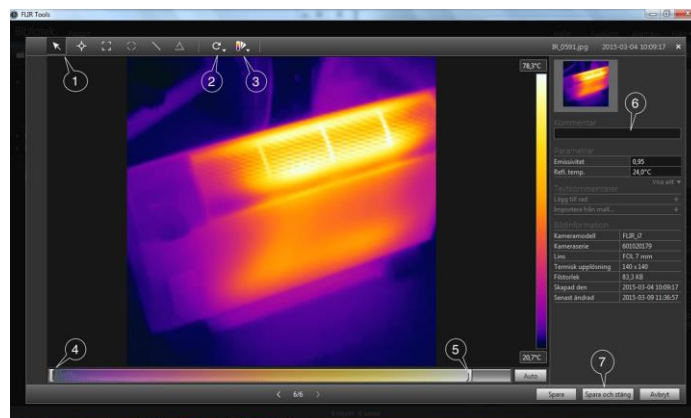
Nr 4-5. Kontrast - Temperaturspann

Ni kan ändra kontrasten, det vill säga vilken färg olika temperaturer får. Testa att flytta gränserna på skalan under bilden, nummer 4 och 5 i figur 2. Var ni placerar gränserna beror helt på vad ni vill visa, ibland hittar programmet bra inställningar om ni trycker på **Auto**. Här märker ni kanske att kamerans temperaturomfång inte går att ändra eftersom skalan inte kan dras ut hur långt som helst.

Nr 6. Kommentar

Skriv en kort kommentar om vad bilden visar. Då blir det lättare att tolka bilden vid ett senare tillfälle.

När ni är nöjda med bilden sparar ni den och återgår till *Biblioteket* med knapp 7. Upprepa med de bilder ni behöver till rapporten.



Figur 2: 1. Markera, 2. Roter, 3. Välj palett, 4 och 5. Temperaturkontrast, 6. Kommentar, 7. Spara och stäng

Exportera bilderna

När ni är klara med alla bilder ni behöver exporterar vi dem till ett PDF-dokument som kan skrivas ut på skolan som en bilaga till rapporten ni gör i MS Word. Ni kan också få med er bilderna ni tagit.

1. Markera de bilder nu vill ha genom att hålla in **Ctrl** och klicka på dem.
2. Högerklicka och välj *Skapa bildark*
3. Tryck på **Exportera** uppe till vänster.
4. Döp och spara bildarket i mappen där ni sparade bilderna. När ni trycker på spara kommer bildarket öppnas automatiskt.
5. I Biblioteksvyn högerklickar ni på en av bilderna och väljer *Öppna innehållande mapp*. Då öppnas mappen i utforskaren.
6. Använd epost eller molnlagringstjänster som Dropbox, google-drive eller annan valfri metod för att spara filerna så ni kan komma åt dem i skolan.

Programmet FLIR Tools är gratis och går att ladda ner från FLIRs hemsida både hemma och i skolan ifall ni vill jobba vidare med bilderna. Ni kan också öppna bilderna med vanliga program men kan då inte ändra eller göra mätningar i dem.

Värmetransport

13 april 2015

Värmetransport

Konduktion, konvektion och strålning

Freddy Grip, Sebastian Voghera



VETENSKAPENS HUS

AlbaNova universitetscentrum, 106 91 Stockholm
08 - 553 784 60, vh@vetenskapenshus.se, www.vetenskapenshus.se



Syfte och materiel

På den här stationen ska ni undersöka värmeledning hos olika material och hur de påverkar hur vi uppfattar deras temperatur. Till er hjälp har ni värmekameran.

- Konduktionslåda med två metallrör och en rundstav.
- Kraftig lampa, ej lysdiod.
- Hårtork
- Metallplatta
- Träplatta

Konduktion

1. Placera konduktionslådan och lampan så att endast de korta ändarna utanför lådan lyses upp.
2. Låt lampan lysa på ändarna utanför lådan under 1 minut. Försök få så att den lyser lika mycket på alla tre.
3. Efter 1 minut släcker ni lampan.
4. Studera ändarna innuti och utanför lådan med värmekameran.

Besvara fråga 1 och 2 i rapporten. När ni är klara släcker ni lampan.

Handpåläggning

1. Placera metall- och träplattan bredvid varandra.
2. Lägg en hand på vardera platta samtidigt. Ta bort händerna efter 20 sekunder.

Besvara fråga 3 och 4 i rapporten.

Konvektion i gas

Kontrollera att konduktionslådan har svalnat till rumstemperatur innan ni börjar. Blås med hårtorken på de utstickande ändarna i en halv minut, försök blåsa lika mycket på alla tre. Se till att ni inte blåser in i lådan.

Besvara fråga 5 i rapporten.

Ställ i ordning labben när ni är klara så att nästa grupp kan börja direkt.

Tryck och faser

22 april 2015

Tryck och faser

Högt tryck och två faser

Freddy Grip, Sebastian Voghera



VETENSKAPENS HUS

AlbaNova universitetscentrum, 106 91 Stockholm
08 - 553 784 60, vh@vetenskapenshus.se, www.vetenskapenshus.se



Syfte och materiel

På denna station ska ni undersöka vad som händer med temperatur och aggregations-tillstånd vid tryckförändringar. I den andra delen ska ni betrakta fasövergångar och om de är exoterma (avger energi) eller endoterma (kräver energi). Använd värmekameran för att dokumentera temperaturförändringar.

- Cykelpump
- Petflaska med ventil i korken.
- Tre pipetter, minst 1 ml.
- Tre förslutningsbara bägare.
- Labsoak underlag, ca 15x30 cm.
- Vatten (H_2O), etanol (C_2H_5OH) och acetone ($CH_3(CO)CH_3$).

Högt tryck

I denna del ska ni höja trycket i en vanlig PET-flaska med hjälp av en cykelpump. En oskadad PET-flaska måste tåla ett högt tryck för att hålla läskens kolsyrad. Låt korken sitta kvar i pumpen hela tiden.

1. Skruva fast PET-flaskan i korken med ventil så att den sluter tätt.
2. Håll flaskan så att ni kan ta bra bilder med värmekameran. Ta en bild innan ni börjar pumpa.
3. Pumpa in luft i flaskan. Hur ser det ut i värmekameran och med blotta ögat? Händer något annat? Ta bilder medan ni pumpar. **Pumpa upp till 5 bar.**
4. Ta en bild innan och precis efter ni lättar på trycket i flaskan genom att lossa på korken. Titta speciellt på öppningen när ni skruvar av korken.

Skriv minnesanteckningar till fråga 1 till 3 i rapporten.

Vätska på underlag

Ni har tre vätskor, vatten (H_2O), etanol (C_2H_5OH) och acetone ($CH_3(CO)CH_3$). Behandla dessa som kemikalier och med stor försiktighet.

1. Sug upp 1 ml av varje vätska i varsin pipett.
2. Töm pipetterna på labbunderlaget samtidigt och studera vad som händer. Det är okej att känna på fläckarna på underlaget.
3. **Sätt på locket på behållarna.**

Besvara fråga 4 i rapporten.

Ställ i ordning labben när ni är klara så att nästa grupp kan börja direkt.

Fasövergångar

10 april 2015

Fasövergångar

Freddy Grip, Sebastian Voghera



VETENSKAPENS HUS

AlbaNova universitetscentrum, 106 91 Stockholm
08 - 553 784 60, vh@vetenskapenshus.se, www.vetenskapenshus.se



Syfte och materiel

Den här stationen syftar till att betrakta fasövergångar och om de är exoterma (avger energi) eller endoterma (kräver energi). Till er hjälp har ni värmekameran som kan detektera små temperaturskillnader.

- Tre pipetter, minst 1 ml.
- Tre förslutningsbara bägare.
- Vatten (H_2O), etanol ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) och acetone ($\text{CH}_3(\text{CO})\text{CH}_3$).
- Labsoak underlag, ca 15x30 cm.
- 2 bägare, ca 2 dl med vatten, varmt resp strax under rumstemperatur.
- Pappersark

Vätska på underlag

Ni har tre vätskor, vatten (H_2O), etanol ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) och acetone ($\text{CH}_3(\text{CO})\text{CH}_3$). Behandla dessa som kemikalier och med stor försiktighet.

1. Sug upp 1 ml av varje vätska i varsin pipett.
2. Töm pipetterna på labbunderlaget samtidigt och studera vad som händer. Det är okej att känna på fläckarna på underlaget.
3. **Sätt på locket på behållarna.**

Besvara frågan i rapporten.

Se till att kemikaliernas behållare är förslutna.

Bägaren och pappret

Nu ska vi fortsätta göra observationer med värmekameran. Utför följande punkter:

1. Fyll bägaren nästan till brädden med vatten som är strax under rumstemperatur.
2. Se till att kanten på bägaren är torr. Torka av med hushållspapper om nödvändigt.
3. Lägg på en pappersbit över halva koppen och se vad som händer men hjälp av värmekameran. Försök beskriva vad ni ser.
4. Doppa änden på pappret i en bägare med varmt vatten. Betrakta omedelbart vad som händer i värmekameran, vad ser ni och hur kan ni förklara detta?

Besvara frågan i rapporten.

Ställ i ordning labben när ni är klara så att nästa grupp kan börja direkt.

Tryck

28 maj 2015

Tryck

Högt och lågt

Freddy Grip, Sebastian Voghera



VETENSKAPENS HUS

AlbaNova universitetscentrum, 106 91 Stockholm
08 - 553 784 60, vh@vetenskapenshus.se, www.vetenskapenshus.se



Syfte och materiel

På denna station ska ni undersöka vad som händer med temperatur och aggregationstillstånd vid tryckförändringar. Använd värmekameran för att dokumentera temperaturförändringar.

- Cykelpump
- Spruta, 60 ml och propp.
- Petflaska med ventil i korken.
- Bägare med ljummet vatten.

Högt tryck

I denna del ska ni höja trycket i en vanlig PET-flaska med hjälp av en cykelpump. En oskadad PET-flaska måste tåla ett högt tryck för att hålla läskens kolsyrad. Låt korken sitta kvar i pumpen hela tiden.

1. Skruva fast PET-flaskan i korken med ventil så att den sluter tätt.
2. Håll flaskan så att ni kan ta bra bilder med värmekameran. Ta en bild innan ni börjar pumpa.
3. Pumpa in luft i flaskan. Hur ser det ut i värmekameran och med blotta ögat? Händer något annat? Ta bilder medan ni pumpar. **Pumpa upp till 5 bar.**
4. Ta en bild innan och precis efter ni lättar på trycket i flaskan genom att lossa på korken. Titta speciellt på öppningen när ni skruvar av korken.

Skriv minnesanteckningar till fråga 1 till 3 i rapporten.

Lågt tryck

I denna del ska ni sänka trycket inuti en spruta fylld med 10 ml ljummet vatten och studera vad som händer. Använd era sinnen för att dokumentera era iakttagelser. För att trycket verkligen ska sjunka i sprutan är det viktigt att ingen luft kommer in utifrån.

1. Sug in 10 ml vatten i sprutan.
2. Se till att få ut all luft ur sprutan innan ni täpper till genom att vända öppningen uppåt och spruta ut eventuella luftbubblor.
3. Skruva i den igenproppade slangbiten.
4. Dra ut pistongen med öppningen tilltäppt och studera vad som händer i sprutan. Ni måste dra lite hårt.

Skriv minnesanteckningar till fråga 4 och 5 i rapporten.

Ställ i ordning labben när ni är klara så att nästa grupp kan börja direkt.

Friktion

13 april 2015

Friktion

Dra saker på olika ytor och skapa vackra bilder

Freddy Grip, Sebastian Voghera



VETENSKAPENS HUS

AlbaNova universitetscentrum, 106 91 Stockholm
08 - 553 784 60, vh@vetenskapenshus.se, www.vetenskapenshus.se



Syfte och materiel

Denna station syftar till att förstå den energiövergång som finns mellan mekanisk och termisk energi.

- Träskiva, ena ytan tygbeklädd.
- Släde för vikter.
- 4 st 2,5 kg vikter
- Material runt omkring er.

Vikter på olika underlag

Att släpa en pulka över bar eller snöklädd asfalt är verkligen olika jobbigt. Vad är det som skiljer de olika situationerna åt och var tar den extra ansträngningen vägen? Utför följande punkter:

1. Släpa den gröna vikthållaren med en vikt på över underlaget och ta en värmebild.
2. Besvara fråga 1 i rapporten.
3. Undersök vilka faktorer som påverkar vad som syns på värmebilden.
Skriv en kort plan för vad och hur ni vill undersöka. Ni kan även prova att släpa andra saker på andra ställen.
4. Besvara fråga 2 och 3 i rapporten.
5. Utför undersökningarna och besvara fråga 4 i rapporten.

Ställ i ordning labben när ni är klara så att nästa grupp kan börja direkt.

Elevrappporter och bilder

Elevrappport version 1

Namn Efternamn
Namn Efternamn

Klass: Klass
Skola
2015-03-12



VETENSKAPENS HUS

Rapportnamn

Namn Efternamn
Namn Efternamn

Klass Skola

Namn Efternamn
Namn Efternamn

Klass: Klass
Skola
2015-03-12

Friktion

Till denna labb hör följande bilder:

ex 1 – 4

Om ni vill kan ni hänvisa till dessa nedan.

1. Vad ser ni och varför?

Här skriver ni vad ni såg och vad ni tror orsakade det.

2. Vad har ni för hypotes?

Här beskriver ni kort er hypotes...

3. Vilka undersökningar vill ni göra?

Här skriver ni er plan...

4. Beskriv era resultat och slutsatser, stämde er hypotes?

Här skriver ni vad som hände när ni utförde planen, era resultat och slutsatser...

Namn Efternamn
Namn Efternamn

Klass: Klass
Skola
2015-03-12

Värmetransport

Till denna labb hör följande bilder: ex

1 – 4 Om ni
vill kan ni hänvisa till dessa nedan.

Konduktionslåda

1. Dokumentera vad som händer med stavarna inuti respektive utanför lådan medan lampan lyser.
Ser de olika ut? Hur förändras de över tid? Får de olika färg?

2. Vad tror ni är förklaringen?
Vad drar ni för slutsatser?

Handpåläggning

3. Dokumentera vad som händer med händerna och plattorna.
Hur kändes det? Vad såg ni?

4. Vad drar ni för slutsatser
Hur vill ni förklara känslan och värmebilderna?

Konvektion i gas

5. Dokumentera vad som händer stavarna i och utanför lådan. Jämför med tidigare resultat.
Ser de olika ut? Hur förändras de över tid? Får de olika färg?

Namn Efternamn
Namn Efternamn

Klass: Klass
Skola
2015-03-12

Tryck

Till denna labb hör följande bilder:

ex 1 – 4

Om ni vill kan ni hänvisa till dessa nedan.

Högt tryck

1. Vad såg ni och hur kändes det när ni pumpade in luft i flaskan?

Beskriv kortfattat. Hänvisa gärna till en bild...

2. Vad hände när ni lättade på trycket?

Beskriv kortfattat. Hänvisa gärna till en bild...

3. Vad tror ni att det beror på?

Besvara kortfattat.

Lågt tryck

4. Vad såg ni i sprutan?

Beskriv kortfattat vad ni såg...

5. Vad tror ni att det beror på?

Beskriv er teori...

Namn Efternamn
Namn Efternamn

Klass: Klass
Skola
2015-03-12

Fasövergångar

Till denna labb hör följande bilder:

ex 1 – 4

Om ni vill kan ni hänvisa till dessa nedan.

Beskriv era resultat från försöket med vätska på underlag, vilka slutsatser drar ni?

Vad händer med vätskan på underlaget och varför känns det som det gör?

Beskriv era resultat från försöken med bägaren och pappret, vilka slutsatser drar ni?

Försök förklara varför ni såg det ni såg...

Namn Efternamn
Namn Efternamn

Klass: Klass
Skola
2015-03-12

Upptäck värmestrålning

Till denna labb hör följande bilder:

ex 1 – 4

Om ni vill kan ni hänvisa till dessa nedan.

Vad föreställer er bild?

Beskriv vad bilden föreställer för fenomen...

Elevrappport version 2

Namn Efternamn
Namn Efternamn
Namn Efternamn

Klass: Klass
Skola
2015-05-28



VETENSKAPENS HUS

Rapportnamn

Namn Efternamn
Namn Efternamn
Namn Efternamn

Klass Skola
2015-05-28



Namn Efternamn
Namn Efternamn
Namn Efternamn

Klass: Klass
Skola
2015-05-28

Värmetransport

Till denna labb hör följande bilder: ex

1 – 4 Om ni
vill kan ni hänvisa till dessa nedan.

Konduktionslåda

1. Dokumentera vad som händer med stavarna inuti respektive utanför lådan medan lampan lyser.
Ser de olika ut? Hur förändras de över tid? Får de olika färg?

2. Vad tror ni är förklaringen?
Vad drar ni för slutsatser?

Handpåläggning

3. Dokumentera vad som händer med händerna och plattorna.
Hur kändes det? Vad såg ni?

4. Vad drar ni för slutsatser
Hur vill ni förklara känslan och värmebilderna?

Konvektion i gas

5. Dokumentera vad som händer stavarna i och utanför lådan. Jämför med tidigare resultat.
Ser de olika ut? Hur förändras de över tid? Får de olika färg?

Namn Efternamn
Namn Efternamn
Namn Efternamn

Klass: Klass
Skola
2015-05-28

Tryck och Faser

Till denna labb hör följande bilder:

ex 1 – 4

Om ni vill kan ni hänvisa till dessa nedan.

Tryck

1. Vad såg ni och hur kändes det när ni pumpade in luft i flaskan?

Beskriv kortfattat. Hänvisa gärna till en bild...

2. Vad hände när ni lättade på trycket?

Beskriv kortfattat. Hänvisa gärna till en bild...

3. Vad tror ni att det beror på?

Besvara kortfattat.

Faser

4. Beskriv era resultat från försöket med vätska på underlag, vilka slutsatser drar ni?

Vad händer med vätskan på underlaget och varför känns det som det gör?

Namn Efternamn

Namn Efternamn

Namn Efternamn

Klass: Klass

Skola

2015-05-28

Upptäck värmestrålning

Till denna labb hör följande bilder:

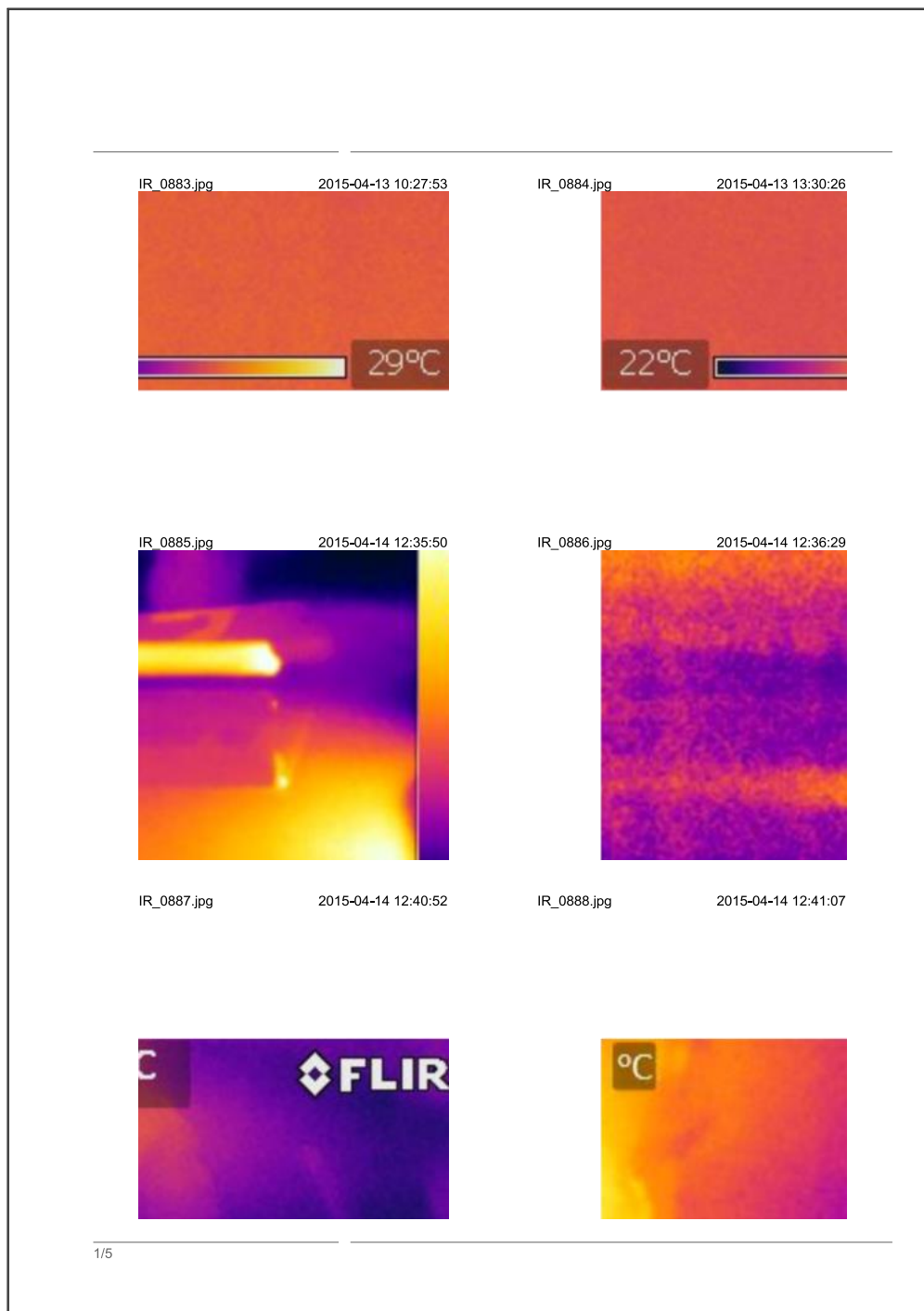
ex 1 - 4

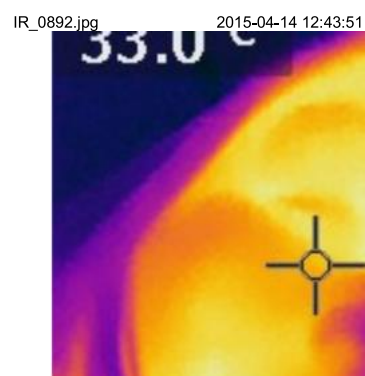
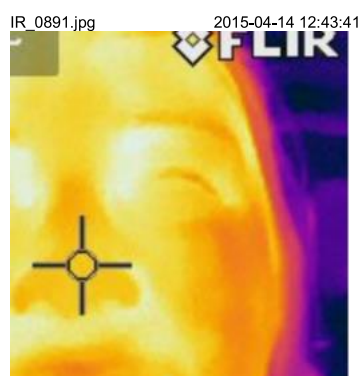
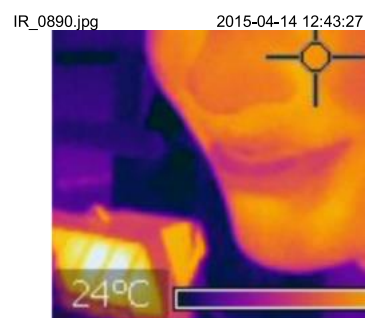
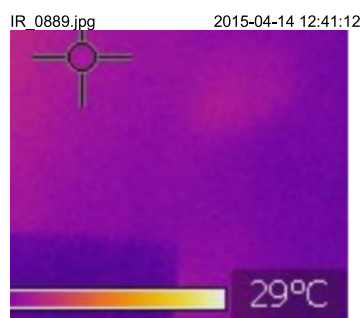
Om ni vill kan ni hänvisa till dessa nedan.

Vad föreställer er bild?

Beskriv vad bilden föreställer för fenomen...

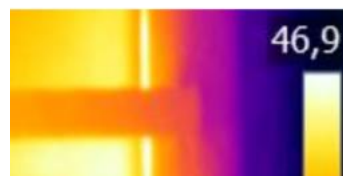
Exempel bildark Skola 1



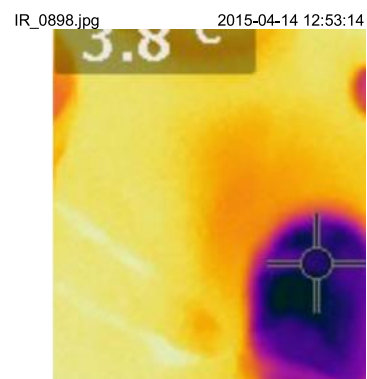
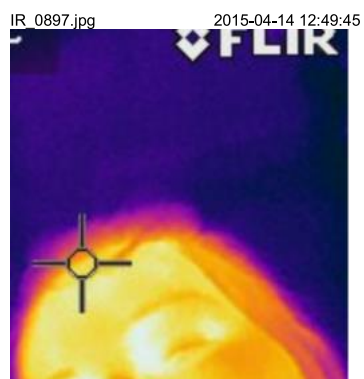
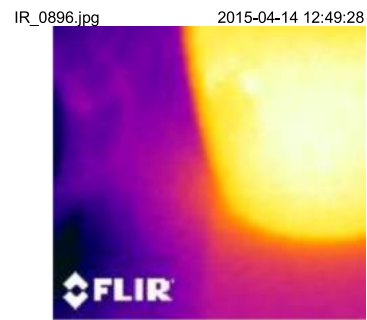
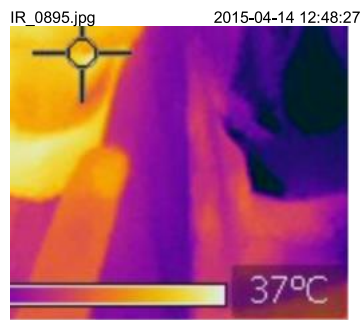


IR_0893.jpg 2015-04-14 12:46:25

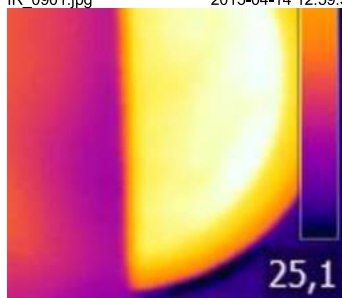
IR_0894.jpg 2015-04-14 12:47:50



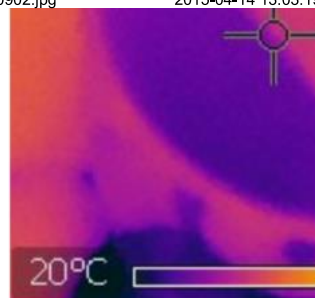
ELEVRAPPORTER OCH BILDER



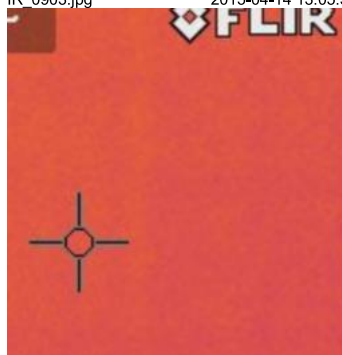
IR_0901.jpg 2015-04-14 12:59:58



IR_0902.jpg 2015-04-14 13:03:19



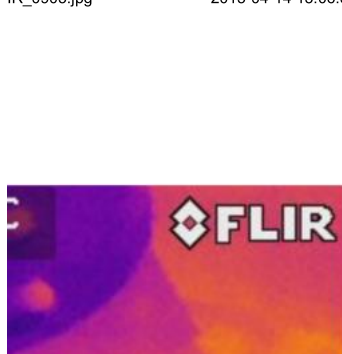
IR_0903.jpg 2015-04-14 13:05:59



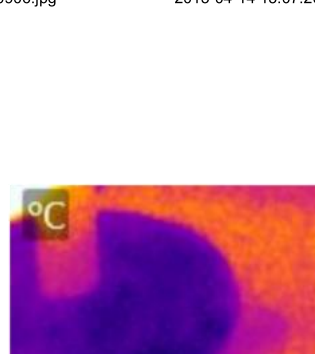
IR_0904.jpg 2015-04-14 13:06:44



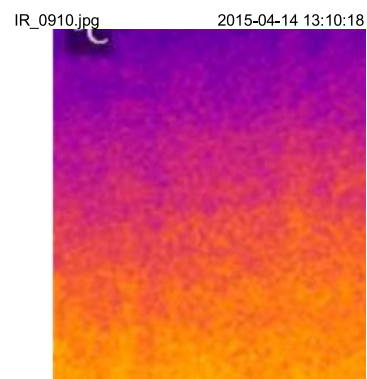
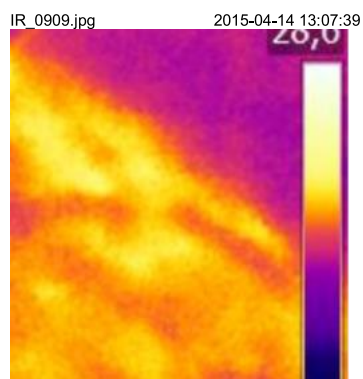
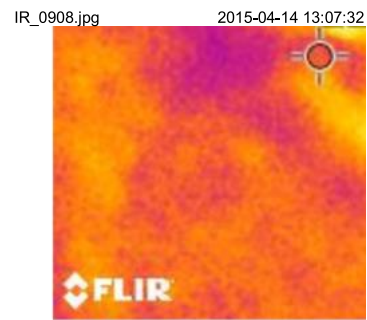
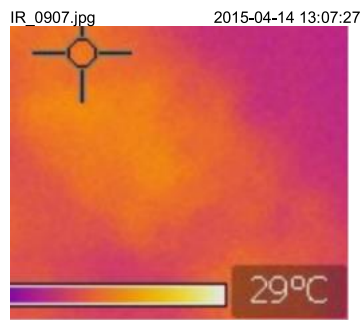
IR_0905.jpg 2015-04-14 13:06:58



IR_0906.jpg 2015-04-14 13:07:20



ELEVRAPPORTER OCH BILDER



Enkät



[Edit this form](#)

Värme och temperatur

Motivera dina svar så tydligt du kan.

* Required

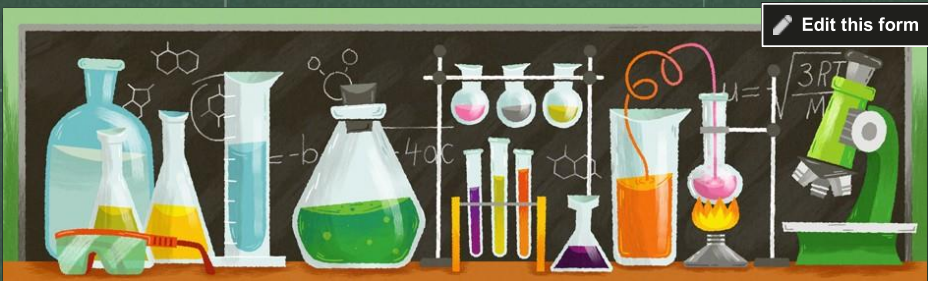
Namn *

[Continue »](#)

9% completed

Powered by  Google Forms

This content is neither created nor endorsed by Google.
[Report Abuse](#) - [Terms of Service](#) - [Additional Terms](#)



[Edit this form](#)

Värme och temperatur

* Required

Föremål i rummet

I ett rum är det hela tiden $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$. I rummet finns en påse mjöl, en sked av rostfritt stål och ett par yllevantar. Vad tror du gäller för deras temperaturer? Välj det alternativ du tror och motivera.

A. Mjölets temperatur är: *

☐ Mycket högre än $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$

☐ Lite högre än $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$

☐ Lika med $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$

☐ Lite lägre än $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$

☐ Mycket lägre $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$

A. Motivera ditt svar.

B. Stålskedens temperatur är: *

☐ Mycket högre än $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$

☐ Lite högre än $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$

☐ Lika med $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$

☐ Lite lägre än $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$

☐ Mycket lägre $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$

B. Motivera ditt svar.

C. Yllevantarnas temperatur är: *

☐ Mycket högre än +20 °C

☐ Lite högre än +20 °C

☐ Lika med +20 °C

☐ Lite lägre än +20 °C

☐ Mycket lägre +20 °C

C. Motivera ditt svar.

« Back

Continue »

18% completed

Powered by
 Google Forms

This content is neither created nor endorsed by Google.

[Report Abuse](#) - [Terms of Service](#) - [Additional Terms](#)

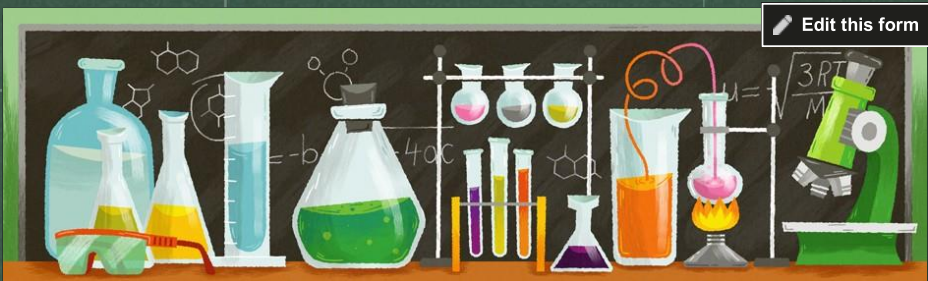


Illustration of chemistry glassware and a microscope on a lab bench. The background is a chalkboard with chemical formulas like $E = -b$, -400 , and $3RT$. A small button in the top right corner says "Edit this form".

Värme och temperatur

* Required

Från rummet in i ugnen

Mjölet, skeden av rostfritt stål och yllevantarna sätts nu in i en ugn där det är $+60\text{ }^{\circ}\text{C}$ hela tiden. Vad har hänt med temperaturerna efter tre timmar?
Sätt kryss.

Stålskedens temperatur *

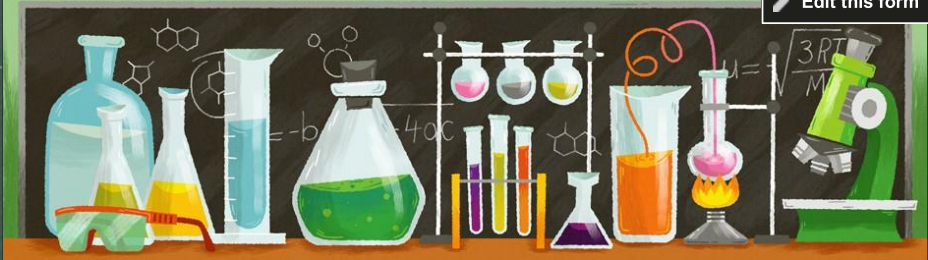
- ☐ har inte ändrats
- ☐ har gått upp men är lägre än $+60\text{ }^{\circ}\text{C}$
- ☐ har gått upp till $+60\text{ }^{\circ}\text{C}$
- ☐ har gått upp och är mer än $+60\text{ }^{\circ}\text{C}$

Mjölets temperatur *

- ☐ har inte ändrats
- ☐ har gått upp men är lägre än $+60\text{ }^{\circ}\text{C}$
- ☐ har gått upp till $+60\text{ }^{\circ}\text{C}$
- ☐ har gått upp och är mer än $+60\text{ }^{\circ}\text{C}$

Yllevantarnas temperatur *

- ☐ har inte ändrats
- ☐ har gått upp men är lägre än $+60\text{ }^{\circ}\text{C}$
- ☐ har gått upp till $+60\text{ }^{\circ}\text{C}$
- ☐ har gått upp och är mer än $+60\text{ }^{\circ}\text{C}$



Edit this form

Värme och temperatur

* Required

Isen i frysen

Hanna gör ett experiment med is. På kvällen sätter hon ut en mugg med vatten. En termometer är nedstucken i vattnet. På morgonen är vattnet genomfuset och termometern visar $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$. Natten har varit kall! Hon tar in muggen med is och sätter den i sin frys. Frysens temperatur är $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ hela tiden.

Vad kommer så småningom att hända med temperaturen på isen i muggen? *

☐ Den kommer att gå ner under $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ (ännu fler minusgrader)

☐ Den kommer att hålla sig kvar på $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$

☐ Den kommer att gå upp, men inte så långt som till $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$

☐ Den kommer att gå upp till $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$

☐ Den kommer att gå upp ändå mer än till $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$

Motivera ditt svar! *

« Back

Continue »

36% completed

Powered by  Google Forms

This content is neither created nor endorsed by Google.
[Report Abuse](#) - [Terms of Service](#) - [Additional Terms](#)

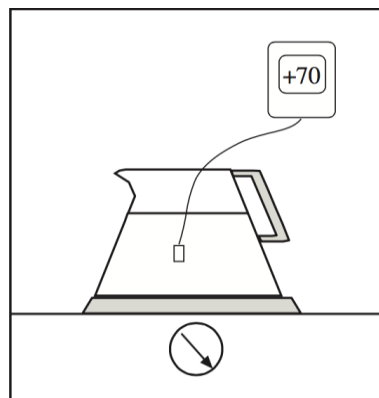


Värme och temperatur

* Required

Vatten som bara blir 70 °C

William värmer vatten på en kokplatta. Han mäter temperaturen på vattnet med en digitaltermometer. Den går upp men stannar till slut på +70 °C. Konstigt, tänker han. Plattan är ju på. Den värmer ju vattnet hela tiden. Varför stiger inte temperaturen?



Vad skulle du svara på Williams fråga? *

Motivera så bra du kan.

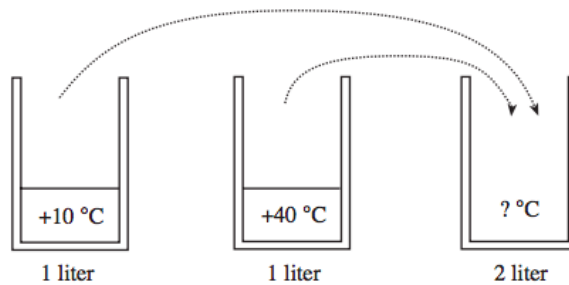


Värme och temperatur

* Required

Blandningen

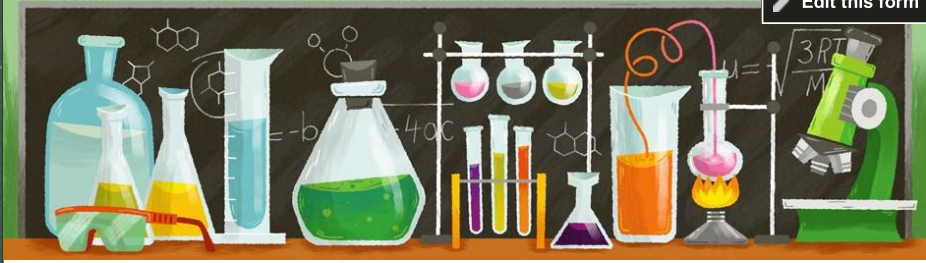
A, B och C är tre välisolerade behållare. I A finns 1 liter vatten med temperaturen $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$. I B finns 1 liter vatten med temperaturen $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$. Allt vatten i A och B hälls över i behållare C.



Vilken **temperatur** får vattnet i behållare C? *

Svara i grader Celcius.

Motivera ditt svar! *

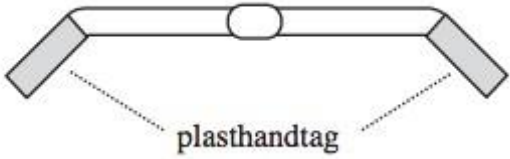
Edit this form

Värme och temperatur

* Required

Cykelstyret

En vinterdag märkte Ulla att metalldelarna på hennes cykelstyre kändes kallare än plasthandtagen.



Försök förklara detta! *

« Back

Continue »

63% completed



Edit this form

Värme och temperatur

* Required

Järnstaketet

Testa inte detta själv.
Fredrik har hört att om man slickar på ett järnstaket en dag då det är jättekallt ute så fryser tungan fast. Men om man slickar på ett trästaket så händer inte detta. Det måste bero på att järnet är kallare, tänker Fredrik.
En vinterdag är det ordentligt kallt, $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$! Fredriks far berättar att både ett järnstaket och ett trästaket som finns i närheten har temperaturen $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Dom är lika kalla, tänker Fredrik. Hur kan det då komma sig att tungan bara fastnar på järnstaketet?

Försök besvara Fredriks fråga! *

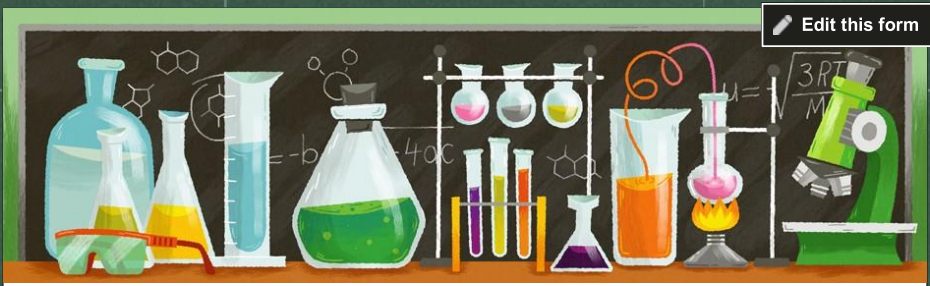
« Back

Continue »

72% completed

Powered by
 Google Forms

This content is neither created nor endorsed by Google.
[Report Abuse](#) - [Terms of Service](#) - [Additional Terms](#)

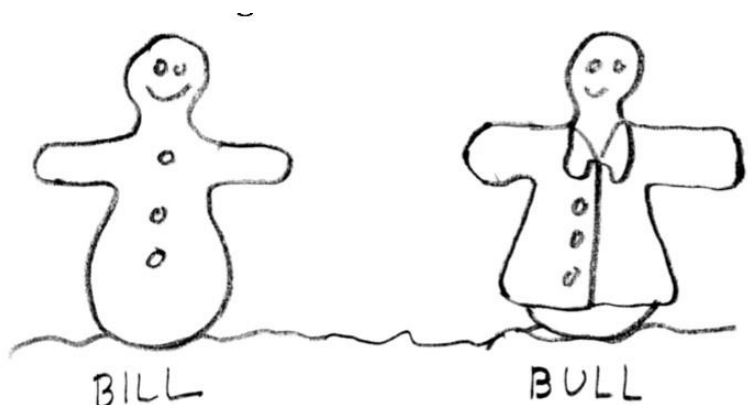
Edit this form

Värme och temperatur

* Required

Påklädda snögubben

Snögubbarna Bill och Bull står bredvid varandra. Det är vår och varmt ute, men det är mulet. Bull har fått en gammal täckjacka på sig.

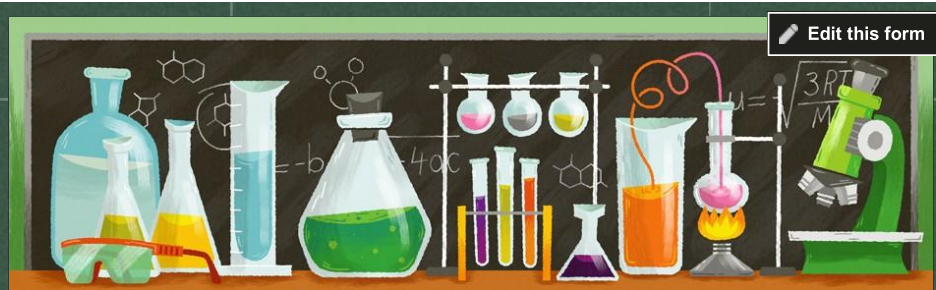


BILL BULL

Vad händer med Bill och Bull? *

- ☐ Bill smälter fortare än Bull
- ☐ Bill och Bull smälter lika fort
- ☐ Bull smälter fortare än Bill

Motivera ditt svar! *

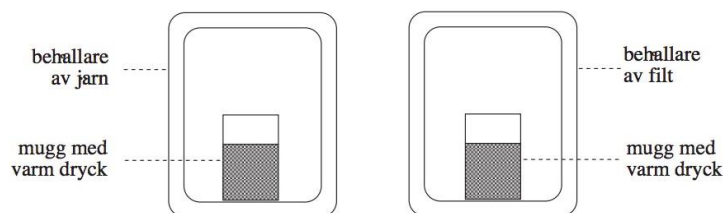


Värme och temperatur

* Required

Varma drycken

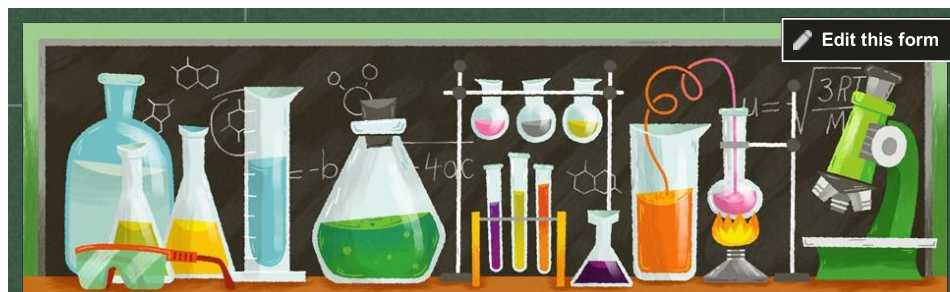
Björn undersöker hur man kan hålla en dryck varm så länge som möjligt. Han sätter in en mugg av den varma drycken i två olika behållare. Den ena är gjord av järn, den andra av filt.



I vilken behållare är drycken varm längst tid? *

- ☒ I järnbehållaren
☐ I filtbehållaren

Motivera ditt svar! *

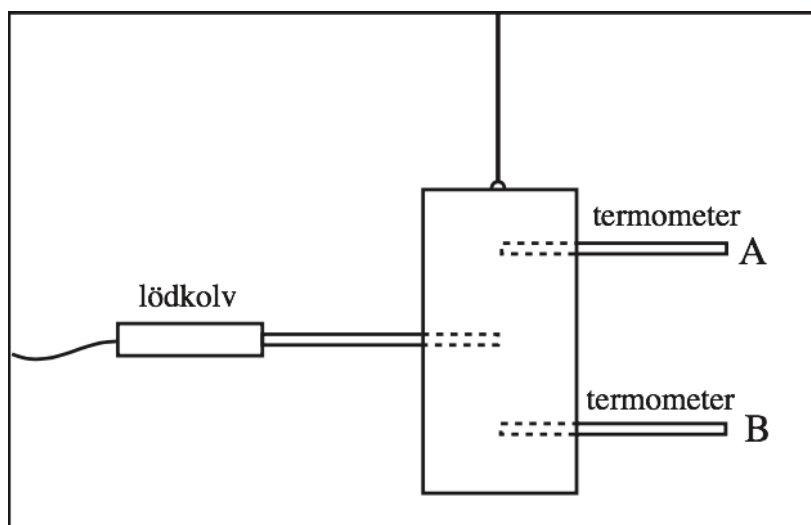


Värme och temperatur

* Required

Lödkolven

En Massiv kopparbit är upphängd i ett rep. I kopparbiten är tre hål borrade. I det mellersta hålet är spetsen på en lödkolv instucken. I de två andra hålen är två termometrar, A och B, instuckna. De sitter på samma avstånd från lödkolven. Termometrarna avläses. Båda visar $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$.



*Sedan sätts lödkolven på. Kryssa för det Du anser vara rätt av följande: **

- ☐ Temperaturen på A börjar stiga före B.
- ☐ Temperaturen på A och B börjar stiga samtidigt.

☐ Temperaturen på B börjar stiga före A.

Motivera ditt svar! *

« Back

Submit

Never submit passwords through Google Forms.

100%: You made it.

Powered by
 Google Forms

This content is neither created nor endorsed by Google.

[Report Abuse](#) - [Terms of Service](#) - [Additional Terms](#)