



GÖTEBORGS UNIVERSITET
Utbildnings- och forskningsnämnden för lärarutbildning

Prövning av två öppna laborationsuppgifter i fysik för nationell provbank till grundskolans senare år

Daniel Granath

LAU660

Handledare: Frank Bach

Rapportnummer: HT06-2611-204

Abstract

Examinationsnivå: other

Titel: Prövning av två öppna laborationsuppgifter i fysik för nationell provbank till grundskolans senare år

Författare: Daniel Granath

Termin och år: HT 2006

Institution: Pedagogik och didaktik

Handledare: Frank Bach

Rapportnummer: HT06-2611-204

Nyckelord: Fysik, laboration, kvalitativ förståelse, öppna problem, provbank

Syftet med detta examensarbetet är att utforma, pröva och utvärdera två laborationsuppgifter så att de kan ingå i en nationell provbank för naturvetenskapliga ämnen till grundskolans senare år. Laborationsuppgifterna är av en öppen karaktär, vilket betyder att främst genomförandet, men viss mån även problemformuleringen, lämnas ospecificerad. Vissa av de kvalitéer som efterfrågas i kursplaner och betygskriterier för de naturvetenskapliga ämnena kan främst visas med hjälp av laborationsuppgifter, t.ex. elevens "förmåga att indentifiera och lösa ett problem genom iakttagelser, experiment och reflektion". Öppna laborationsuppgifter erbjuder eleverna en bättre möjlighet att visa dessa kvalitéer än laborationsuppgifter som specificerar problemställning och genomförande. Trots det är de sistnämnda klart dominerande i undervisningen.

De båda laborationsuppgifterna har genomförts av 4-5 elevgrupper om 2-4 elever. Varje laboration har videofilmats för att dokumentera elevernas tillvägagångssätt och resonemang. Detta material tillsammans med det skriftliga material som eleverna lämnat in i samband med laborationerna har analyserats för att ge det resultat som presenteras i rapporten.

Den första laborationsuppgiften är tvådelad med avsikt att planera och genomföra ett experiment för att ta reda på tre olika metallers specifika värmekapacitet. Den första delen är öppen i sin karaktär och den andra är en upprepning av den första, men mer specificerad. Dessa båda delar utvärderas och jämförs också av eleverna som tycker att den första delen är mer lärorik. Uppgiften behandlar begrepp som eleverna har svårt att förstå, men öppnar för eleverna att resonera och formulera hypoteser. Slutsatsen blir att vissa justeringar av uppgiften kan behövas för att uppgiften ska lämpa sig för den nationella provbanken.

Den andra laborationsuppgiften är experimentell problemlösning där eleverna ska ta reda på vilket av tre olika hushållspapper som tar upp mest vatten. Denna uppgift kan lösas på flera sätt och behandlar begrepp som eleverna har lättare att förstå än den första uppgiften. Slutsatsen blir att uppgiften lämpar sig bra för den nationella provbanken.

Förord

Våren 2006 kom jag i kontakt med projektet att skapa en nationell provbank för de naturvetenskapliga ämnena i grundskolans senare år. Projektet sökte studenter för att göra examensarbeten med anknytning till projektet och jag anmälde mitt intresse och deltog i några möten under våren tillsammans med forskarna Frank Bach, Anita Wallin och Ann Zetterqvist, samt tre andra studenter.

Jag bestämde mig för att jobba med laborationsuppgifter och att slutet på vårterminen vore en bra tid för genomförandet av dessa, främst med tanke på elevernas och lärarnas situation. Arbetet med att utforma de uppgifter som skulle provas, samt genomförandet och dokumenterande av laborationerna var således klart i mitten av juni. Sommaren ägnades åt att analysera och sammanställa resultaten. Under slutet av sommaren och början av hösten så skrevs det mesta av rapporten, eftersom jag visste att jag inte skulle få mycket tid över under hösten, då jag fått ett friårsvikariat som gymnasielärare med start efter sommaren, samtidigt som jag skulle läsa den tiopoängskurs som låg under höstens första halva. De sista justeringarna av rapporten, samt avsnittet om bedömning, gjordes under jullovet.

Innehållsförteckning

	sida
1 Inledning	1
- Nationell provbank för grundskolans naturvetenskap	1
- Tidigare forskning, Storbritannien	1
- Laborationen i naturvetenskapliga ämnen	2
2 Syfte och problemformulering	3
3 Metod och material	4
4 Första uppgiften: Specifik värmekapacitet	5
- Tankar kring uppgiften	5
- Resultat värmekapacitetsuppgift	6
Moment 1 – uppmätning av metall	6
Moment 2 – uppvärmning av metall	7
Moment 3 – avkylning av metall	8
Moment 4 – beskriv och förklara resultat	8
Förklaringsmodeller	9
Följdfrågor	11
Sammanfattning	14
5 Andra uppgiften: Bestäm bästa hushållspappret	16
- Originaluppgiften	16
- Resultat av tidigare forskning	16
- Resultat pappersuppgift	17
Vågstrategin	18
Mätglasstrategin	18
Kombinerad strategi	18
Elevernas resonemang och typiskt tillvägagångssätt	19
6 Diskussion	22
- Första uppgiften	22
Beräkna den specifika värmekapaciteten	23
Koppar bättre än järn?	23
Följdfråga 1	24
Följdfråga 2	25
- Andra uppgiften	25
Massa, yta eller volym?	26
- Jämförelse av resultaten från värmekapacitetsuppgiften och pappersuppgiften	28
Jämförelse av uppgifterna	28
Jämförelse av resultaten	31

	sida
7 Bedömning	33
- Sammanfattning	36
8 Kvalitetssäkring av de experimentella uppgifterna	37
- Första uppgiften	37
- Andra uppgiften	38
- Praktiska tips och förberedelser	39
Första uppgiften.....	39
Andra uppgiften.....	39
9 Referenslista	41

Tabellförteckning

Tabell 1: Uppmätt temperaturskillnad.....	9
Tabell 2: Hur elever angriper pappersuppgiften beroende på problemformulering.....	17
Tabell 3: Frihetsgrader i elevuppgifter	28

1 Inledning

Nationell provbank för grundskolans naturvetenskap

Nationella utvärderingar för naturorienterade ämnen i grundskolan visar att skolelevernas kunskap i samtliga naturvetenskapliga ämnen sjunkigt. Vid en jämförelse mellan lösningsfrekvensen på uppgifterna i den nationella utvärderingen år 1992 och den gjord år 2003 kan man t.ex. för fysikämnet se en nedgång från i genomsnitt 36 % av eleverna som klarar uppgifterna till 29 % (Skolverket 2005:10 samt 81f).

På uppdrag av Skolverket har därför Björn Andersson, Frank Bach, Anita Wallin och Ann Zetterqvist utformat ett förslag till en nationell provbank för grundskolans naturvetenskap. Provbanken ska bland annat bidra till bättre kvalitet och effektivitet i undervisningen och till att elevernas insikter och kunnande i naturvetenskap förbättras, samt stimulera till pedagogisk/didaktisk förnyelse (Andersson, Bach, Wallin, Zetterqvist 2006:3).

Provbanken kan innehålla uppgifter för flera syften, t.ex. laborationer och experiment, att testa elevers förförståelse och introducera begrepp i undervisningen eller som uppgifter vid ett prov. Uppgifterna i provbanken ska konstrueras så att tonvikten ligger på förståelse med ambitionen att stimulera elevernas nyfikenhet.

Detta examensarbete ingår som en del i projektet att bygga upp provbanken, genom att konstruera två experimentella uppgifter, testa dem på elever och utvärdera resultatet.

Tidigare forskning

En stor inspirationskälla till den typ av uppgifter som kan ingå i provbanken är de uppgifter som utformats och testats av Assessment of Performance Unit (APU) i Storbritannien.¹ I början av åttiotalet genomfördes i Storbritannien årliga utvärderingar och undersökningar av den naturvetenskapliga undervisningen på skolorna (National Assessment: The APU Science Approach 1989:1ff).² Undersökningarna gjordes för elever i åldrarna 11, 13 och 15 år. Varje år deltog mellan 12000 och 16000 elever ur varje åldersgrupp från mellan 500 och 1000 skolor i England, Wales och Nordirland. Dessa elever fick besvara en mängd frågor, flertalet av ”papper och penna” karaktär, men även praktiska uppgifter. Se Welford, Bell, Davey, Gamble, Gott (1986) för en mängd exempel på uppgifter som testades på 15 åringar år 1983. Samtliga uppgifter fokuserar kvalitativ förståelse och kräver ingen eller endast mycket lätta beräkningar. Dessa undersökningar/utvärderingar är mycket omfattande, men de uppgifter som togs fram i samband med dessa finns nu tillgängliga för projektet att inspireras av vid bygge av en nationell provbank i Sverige.

De båda uppgifter som testas i detta examensarbete har sina förlagor i materialet från Storbritannien. Den ena är omarbetad, medan den andra i stort sett endast är översatt till svenska.

¹ APU övergick i april 1989 till School Examinations & Assessment Council (SEAC). Nästan samtliga av mina brittiska referenser är dock från innan 1989.

² De årliga utvärderingar startade 1980 och slutade 1984 (fem stycken). De föregicks av två år (1978-79) med mindre tester som skulle förbereda de stora nationella undersökningarna. Ytterligare undersökningar planerades till början av 90-talet, men jag vet inte om dessa blivit av.

Laborationen i naturvetenskapligt ämnen

Många har säkert en uppfattning om vad en laboration i ett naturvetenskapligt ämne innebär och kanske även vad en fysiklaboration är för något. Ofta rör det sig om ganska detaljerade handledningar som ska följas och som verkar resultera i en tabell som ska fyllas i och/eller en graf som ska ritas. Problemet hur man ska göra för att få fram de där värdena som ska in i tabellen eller representeras i grafen är inte alltid i fokus och ofta redan löst tack vare den detaljerade handledningen. Enligt Björn Andersson (1989:70) lämnar ca. 90% av uppgifterna endast svaret öppet och anger såväl hur uppgiften ska genomföras som problemställning.

Det är lätt att förstå varför många laborationer ser ut så här. För att få fram ett tydligt och entydigt resultat krävs ofta att experimentet utförs mycket noggrant och på ett korrekt sätt. Utförandet kan ibland vara mycket mer komplicerat än de begrepp och samband som laborationen har till syfte att visa på. Tidsbrist, säkerhetsaspekter och materialbrist kan vara andra faktorer som kräver en utförlig och tydlig laborationshandledning för att hjälpa eleverna att genomföra laborationen.

En alltför styrd handledning riskerar emellertid att förta en del av de undervisningsfördelar som laborationer kan erbjuda. Laborationen är ett utmärkt tillfälle för eleverna att testa sina kunskaper och skapa förståelse. De flesta laborationer genomförs av elever som samarbetar vilket möjliggör och uppmuntrar att eleven själv får formulera sina kunskaper och tankar. Dessa resonemang och diskussioner är ofta mycket lärorika och det kan därför vara bra att försöka främja dessa under laborationen. Ett sätt att göra det är att göra handledningen mindre detaljerad och frågeställningen mer öppen (Andersson 1989:68ff och 152ff).

I denna rapport presenteras två laborationsuppgifter där den ena består av en öppen första och en styrd andra del. Den klassiska fysiklaborationerna liknar i stor utsträckning denna andra del. Uppgiften visar att den öppna första delen mycket väl kan komplettera den mer klassiska utformningen av laborationen. Båda delarna kan tillföra varandra en hel del.

2 Syfte och problemformulering

Syftet med detta examensarbete är att utforma och testa ett par olika praktiska uppgifter så att dessa ska kunna ingå i den nationella provbanken för grundskolans naturvetenskapliga ämnen. Båda uppgifterna kan kategoriseras som fysikuppgifter, men behandlar generellt naturvetenskaplig problemlösning med hjälp av experiment.

Utformningen av uppgifterna inspirerades av ett material som erhållits från Storbritannien och som innehåller tusentals uppgifter. Av dessa valdes ett par uppgifter ut som lämpar sig att utföras praktiskt. Sedan översattes och anpassades de.

Uppgifterna prövades sedan på elever. Laborationsgrupper om 2 till 4 elever utförde uppgifterna och deras arbete dokumenterades med hjälp av videokamera och anteckningar, samt den dokumentation som eleverna själva utförde under arbetets gång.

Dokumentationen har sedan analyserats för att möjliggöra en utvärdering av uppgifterna, med avseende på vad eleverna lärt sig och kommit fram till, huruvida uppgifterna motsvarade syftet med dem och hur uppgifterna fungerade rent praktiskt. Slutsatserna av detta tillsammans med en redogörelse för arbetet i stort presenteras i denna rapport. Dessutom diskuteras hur man kan bedöma elevernas kunskaper utifrån denna typ av uppgifter.

3 Metod och material

De två laborationsuppgifter som presenteras nedan prövades under vårterminen 2006 av 14 elever i årskurs 1 på det naturvetenskapliga programmet på Elof Lindälvs gymnasium i Kungsbacka. Elevgruppen bestod av sex tjejer och åtta killar. Jag har dock i utvärderingen av deras resultat inte beaktat deras kön utan har genomgående referat till dem som elever.

Laborationerna utfördes av en grupp i taget och deras tillvägagångssätt och resonerade dokumenterades med hjälp av en uppställd videokamera samt av mina anteckningar. Eleverna dokumenterade också själva sina resultat och sina slutsatser i samband med laborationen och dessa finns avskrivna i appendix. Under genomförandet av laborationen förhöll jag mig så passiv som möjligt till eleverna. Eleverna skulle helt självständigt lösa uppgiften, endast i fråga om vissa praktiska omständigheter, om eleverna inte hittade något de behövde eller liknande, fick de hjälp. Men allt som hade med utförandet och förståelsen av uppgifterna att göra fick de själva i gruppen resonera sig fram till. Detta blev ett test på om eleverna kunde förstå problemformuleringen i uppgifterna vilket man kan konstatera att de gjorde.

Den första uppgiften utfördes vid fyra tillfällen av fyra elevgrupper på tre till fyra elever, den andra vid fem tillfällen av fem elevgrupper på två till tre elever. Tillsammans gav dessa nio laborationstillfällen cirka sex timmar inspelat videomaterial. Utifrån detta material har jag skrivit ner allt som eleverna säger under genomförandet av laborationen, deras tillvägagångssätt samt tidsåtgång för olika moment. Det är detta material jag i denna rapport analyserar och utvärderar. För att skydda elevernas integritet så återges alla elevcitater anonymt och även könsneutralt. Elevernas deltagande var helt frivilligt. Gruppsammansättningen under genomförandet av laborationerna var också frivillig. Eleverna går i samma klass och känner varandra väl. För att inte störa övriga aktiviteter fick eleverna komma vid de tillfällen de hade möjlighet, vilket också avgjorde gruppsammansättningen.

Detta är en situerad undersökning. De resonemang eleverna för och de resultat som fås är ändå intressanta att analysera och värdera och kan användas för att utvärdera de båda praktiska uppgifterna som denna rapport har för syfte att pröva.

4 Första uppgiften – Specifik värmekapacitet

Vid genomgång av uppgifterna från Storbritannien hittades två snarlika uppgifter som berörde termofysik. Dessa uppgifter återfinns i appendix (s 2-3). Båda uppgifterna var formulerade som teoretiska uppgifter där eleven utifrån tre bilder som beskrev ett experiment skulle besvara en eller två frågor som rörde experimentets upplägg eller dess resultat. Experimentet som beskrevs var sådant att det kunde genomföras av eleverna och även följdfrågorna var av den karaktär som söktes. Samtidigt var experimentet utförligt beskrivet och om eleverna skulle följa anvisningarna på bilderna lämnades inte mycket utrymme åt dem att tänka själva under genomförandet. Därför valdes att försöka öppna upp uppgiften genom att göra den mindre specificerad. Resultatet blev att alla siffror och enheter togs bort från handledningen. Dessa kunde man ta bort utan att skada elevernas möjlighet att förstå vad det var de skulle göra för att genomföra experimentet. Samtidigt skulle detta tvinga eleverna att fatta en rad beslut om mängder och enheter under laborationens gång.

Tankar kring uppgiften

Då uppgifterna skulle provas av elever i årskurs 1 på gymnasiet önskades uppgifter som behandlade sådant som de inte kommit i kontakt med i fysikundervisningen på gymnasiet. Ett sådant område var termofysik. De kunskaper som eleverna kunde förväntas ha i detta område berodde på vad de kom ihåg av den undervisning de fått på högstadiet åtminstone ett år tidigare.

Uppgiften som behandlar specifik värmekapacitet är en ganska klassisk laborationsuppgift inom fysiken. En tanke var att testa vad som hände om man öppnade upp problemformuleringen så att eleverna inte var lika hårt bundna vid laborationshandvisningarna. En annan tanke var att testa hur förståelsen påverkades av att upprepa experimentet två gånger. Först planerades även att eleverna skulle utföra experimentet en extra gång och då låta de uppvärmda metallerna värma olja istället för vatten. P.g.a. tidsbrist och praktiska problem fick dock detta ändras så att hälften av eleverna laborerade med vatten och hälften med olja. På detta sätt kunde man se huruvida olja eller vatten var att föredra i laborationen, men kunde inte testa idén att låta eleverna få resonera kring skillnaderna i resultat med vatten respektive olja.

Syftet med den första och öppna laborationshandvisningen var att testa elevernas förmåga att resonera och tänka naturvetenskapligt. Det är givetvis mycket svårt att resonera sig fram till vilka storheter som är mest relevanta för försöket när man inte ens säkert vet vilken fysikalisk storhet som försöket testar. Detta var medvetet då den valda uppgiften behandlade specifik värmekapacitet, ett begrepp som det förmodades att eleverna inte skulle ha någon större förkunskap om eller förståelse för. Förhoppningen med den öppna formuleringen var att skapa en lärorik diskussion, farhågan att eleverna skulle ha svårare att få fram rätt resultat. Därför blir också uppmaningen till eleverna att skriftligt beskriva och förklara resultatet den kanske mest centrala och viktiga delen av laborationens första del. Hur eleverna förklarar sitt resultat, oavsett om det stämmer med förväntningar eller inte, säger mycket om deras förtrogenhet med naturvetenskapligt tänkande. Om resultatet blev dåligt kommer också förhoppningsvis eleverna här kunna inse vad de borde ha gjort annorlunda. I annat fall är tanken att den snabba repetitionen med mer specificerad handledning kan erbjuda dessa insikter.

Syftet med den andra och specificerade laborationshandvisningen var att bekräfta och/eller dementera de olika idéer och resonemang eleverna fört under första försöket. Här står det uttryckligen att det är metallernas massa som är relevant i sammanhanget och att det krävs

åtminstone 5 minuters uppvärmning av metallerna. Det mätbara resultatet blir sannolikt bättre med den specificerade handvisningen. Dessutom borde en snabb repetition vara bra för lärandet och förståelsen.

Eleverna fick också svara på en rad frågor efter vardera experimentet. Ett par av frågorna återfinns även på den brittiska originaluppgiften. Tanken med dessa frågor var att understryka laborationens väsentliga delar samt introducera värmekapacitetsbegreppet. Värmekapaciteten beskrivs här bland annat med hjälp av formeln för den specifika värmekapaciteten. Något som lät sig göras för naturvetarelever som gått ett år på gymnasiet, men som kanske inte lämpar sig lika bra för högstadieelever. Tanken var att eleverna med hjälp av formeln skulle se de väsentliga parametrarna för försöket, vilket skulle förklara de olika momenten i laborationshandvisningen. Frågorna som berör förståelsen och tolkningen av formeln får ses som avancerade och kanske överkurs även för naturvetarelever. Tolkningen av formeln försvåras nämligen av att man i laborationens tredje moment inte mäter den temperaturförändring som formeln avser. Man mäter hur mycket vattnet värms upp, men inte hur mycket metallen kyls ner (indirekt gör man även det). När eleverna sedan granskar formeln försöker de tolka in metallens specifika värmekapacitet men det är lätt hänt att de använder sig av vattnets temperaturförändring, vilket ger ett omvänt och konstraintuitivt resultat. Se avsnitt *Resultat värmekapacitetsuppgift* för presentation av elevernas svar på frågorna och appendix för frågeformulären.

Resultat värmekapacitetsuppgift

I detta avsnitt presenteras elevernas resonemang och tillvägagångssätt i samband med värmekapacitetsuppgiften. Den första delen av experimentet var utformat så att eleverna var tvungna att fatta några olika beslut för att kunna genomföra experimentet. Det enda de hade att förhålla sig till var egentligen att de skulle försöka fatta beslut som möjliggjorde för dem att utföra experimentet noggrant och så rättvisande som möjligt. Besluten de behövde fatta kan sammanfattas i tre punkter:

1. Hur mycket metall ska användas? Behövs samma vikt eller samma volym av metallen?
2. Hur länge ska metallerna värmas i det kokande vattnet?
3. Hur mycket vatten ska det vara i behållarna? Behöver det vara lika mycket vatten?

Efter att eleverna utfört experimentet skulle de beskriva och förklara sitt resultat. Detta är det viktigaste momentet i den första och öppna delen av experimentet.

Det var fyra grupper som utförde laborationen, tre grupper med fyra elever och en med två elever. Den första delen av experimentet hann alla grupper göra, men på grund av vissa praktiska problem hann bara tre av grupperna att utföra båda delarna av momentet, se avsnitt praktiska tips för mer information.

Moment 1 – uppmätning av metall

Alla grupperna frågade sig hur mycket metall de skulle använda och samtliga grupper använde mindre än de 50 gram som anges på den mer specificerad laborationshandledningen. Grupperna diskuterade också hur man skulle få samma mängd metall. Det fanns två möjligheter, antingen att mäta upp samma volym av metallen med hjälp av t.ex ett mätglas eller att väga metallen. Samtliga grupper funderade på att väga metallen, men en grupp bestämde sig för att ”bara köra på”, medan en diskuterade sig fram till att mäta volymen. Nedan följer det första av flera utdrag ur elevernas resonemang, hämtade från de

videoinspelningar som gjordes av laborationerna. Jag har ibland fått förtydliga vad som sker eller vad eleverna syftar på. Mina kommentarer återfinns alltid inom parenteser.

Elev 3: Hur vet vi hur mycket metall vi ska ha?

Elev 2: Vi väger hur mycket.

Elev 4: Vi mäter med mätglaset.

Elev 3: Borde väl vara bäst att väga med vågen...?

Elev 4: Nej, mer rättvisande med samma volym.

Elev 1: Det är samma volym i provrören på bilden.

Elev 2: Hur gör vi då?

Elev 4: Samma volym, men vi väger dem också.

Elev 1: Jag tror nog ändå att samma massa är det bästa.

Elev 4: Meningen med den här labben är nog att vi ska skillnader i metallernas egenskaper – dessa tror jag syns bättre om vi använder oss av samma volym.

De återstående två grupperna vägde upp samma mängd metall, den ena gruppen motiverade valet så här.

3: På pappret ser det ut som vi ska ha samma volym av metallerna.

4: Men vikt måste vara bäst, för kolla här – vi har en massa luft mellan metallgrejerna. Vikt är bäst.

1: Ja, ok.

(ett par minuter senare)

3: Ska vi inte köra på att metallerna ska ha samma volym då?

1: Nej jag tror på det vi sa innan att vi ska ha samma vikt för att det finns luft emellan och för att de inte har samma form eller nånting.

2: Men det kanske är mer rättvisande med samma volym?

1: Varför det? Och så har vi mycket svårare att mäta upp samma volym – pga luften och de olika formerna – men vi kan få samma vikt.

3: Jamen – då kör vi på det då.

Moment 2 – uppvärmning av metall

Detta moment stördes något av att en av grupperna började värma vattnet i vattenbadet sent och därför fick vänta länge på att få kokande vatten. Detta justerades till de andra grupperna som fick tillgång till kokande vatten från start, eller nästan från start. Se avsnitt praktiska tips.

Samtliga grupper resonerade kring hur länge provrören med metallerna skulle värmas i vattenbadet. Alla konstaterade att de ville att metallerna skulle bli ”rejält varma”, men hur lång tid man trodde att det skulle ta varierade från allt mellan knappt 2 till drygt 10 minuter. En grupp resonerade lite mer ingående kring detta moment enligt nedan.

2: Vi måste ju veta hur lång tid vi ska värma dem. O det är nog viktigt att vi värmer dem samma tid.

4: Egentligen vill vi nog värma dem så länge som möjligt.

1: Jag tror så här. Vi kan stoppa i termometern i och så ser vi hur det stiger och stiger tills det stannar. Då har metallen uppnått den maximala temperaturen.

((Börjar värma metallerna och resonerar sig fram till att laborationen nog handlar om värmekapacitet.)

Följande utspelas några minuter efter påbörjad uppvärmning)

1: Oj, skulle vi inte ta tiden eller nånting på värmningen?

3: Nej, har vi dem i lika länge så spelar det nog inte så stor roll.

2: Ok, men vad tror vi händer sen då?

3: Att bly tar längst tid att värma upp, men att det också är den som värmer längst tid. Det får vi väl se sen på vattentemperaturen. Det kan ju hända att den temperaturen inte är lika varm som för de andra, eftersom bly har högre densitet.

1: Men då är frågan, ska vi ta ut alla samtidigt...

3: Vi måste stoppa i alla samtidigt och ta upp dem samtidigt, det är väl det enda...

1: Ja, just ja, för det vi mäter är när vattnet når maximal temperatur, och då behöver vi dessa (viftar med termometer).

2: Kommer metallerna smälta helt?

4: Nej, de kommer bara bli lite varma.

Moment 3 – avkylning av metall

Detta moment var lite olika för de olika grupperna. Två av dem använde olja och de andra två vatten. Under det första experimentet angavs inte hur mycket vatten eller olja som skulle finnas i behållarna (e-kolvar användes). Grupperna resonerade inte heller kring detta annat än att tre av grupperna valde att ha samma volym vätska i e-kolvarna medan den sista gruppen höll upp vatten på känn. Samtliga grupper använde sig av mellan 50 ml och 70 ml vätska. Samtliga grupper mätte också upp temperaturen i vätskan på ett korrekt sätt både innan och efter att metallerna tillförts. Alla grupper kunde avläsa någon förändring, men för många blev temperaturförändringen liten, främst pga för liten mängd metall i förhållande till mängden vätska.

Som sagt diskuterade eleverna detta moment ganska lite. Nedan följer ett av de mer utförliga resonemangen.

2: Så måste vi fylla på med vatten i kolvarna. Men då ska vi väl ha samma volym

3: Ja, där måste det ju vara samma volym som gäller.

1: Ok... Men jag tror vi gjort rätt, för vi har använt vågen till att mäta upp metallerna och nu kan vi använda mätröret till att mäta upp vattnet.

3: Men, elev 1, det finns inga rätt och fel! Det här är en fri laboration.

1: En fri laboration?! (ler)

2: Spelar det nån roll vad vi har för temperatur på vattnet i kolvarna?

4: Försök att ha samma iaf.

Moment 4 – beskriv och förklara resultat

Eftersom detta moment är det viktigaste, mest omfattande och intressantaste vad gäller elevernas resonemang, är det också det svåraste att sammanfatta. För att ge läsaren god inblick i hur eleverna resonerat kommer här presenteras en del lite längre ordagranna utdrag ur elevernas diskussioner. Försök görs också att lyfta fram några olika teman och förklaringsmodeller ur elevernas resonemang. Först en sammanfattning av elevernas uppmätta resultat.

I tabellen nedan sammanfattas gruppernas resultat på laborationen med avseende på hur mycket varje metall som värmdes upp vätskan, där grupp 1 och 2 använde vatten och grupp 3 och 4 olja. Den metall som ger störst temperaturförändring i vätskan är den med högst specifik värmekapacitet. Metallerna i tabellen är ordnade så att järn som har högst specifik värmekapacitet kommer först och bly som har lägst sist. Siffran anger om mätvärdet kommer från första försöket med öppen handledning eller det andra försöket med specificerad handledning.

Tabell 1: Uppmätt temperaturskillnad.

Resultat ΔT	Järn 1	Koppar 1	Bly 1	Järn 2	Koppar 2	Bly 2
Grupp 1 (vatten)	1°C	1°C	1°C	3°C	4°C	2°C
Grupp 2 (vatten)	4°C	3°C	1°C	- ³	-	-
Grupp 3 (olja)	2°C	3°C	1°C	12°C	11°C	4°C
Grupp 4 (olja)	1°C	2°C	1°C	11°C	14°C	4,5°C

Det korrekta resultatet av laborationen borde alltså blivit att järnet värmdes vätskan mest och blyet minst. De flesta grupper kunde se att blyet värmdes minst men de flesta fick också att kopparen värmdes mest. Se avsnittet *Koppar bättre än järn?* i kapitel 5 för möjliga orsaker till detta, samt avsnittet *Jämförelse av resultaten från värmekapacitetsuppgiften och pappersuppgiften* i kapitel 5.

Förklaringsmodeller

På ett generellt och allmänt plan cirkulerar samtliga elevgruppers förklaringar kring begreppet värmekapacitet, men bara två av grupperna nämner begreppet innan det introduceras mellan första och andra experimentet. De flesta eleverna fokuserar begreppet *värme* eller ”värmeenergi”. En grundläggande föreställning är att när provrören med metallerna befinner sig i det kokande vattnet kommer metallerna att suga åt sig värme, få högre energi. Denna kan de sedan avge till vätskan när man håller i metallerna i den. Eleverna menar att skillnaderna i resultatet beror på vilken metall som kan lagra mest energi alternativt ta upp mest energi snabbast.

En grupp resonerar mycket och intensivt kring vad det är som händer, där en av eleverna försöker motivera att det handlar om värmekapacitet, men två av de andra, som inte verkar känna till begreppet, är länge skeptiska. Detta är ett intressant resonemang och nedan följer ett längre utdrag av det:

2: Både koppar och järn gick från 23 till 25 grader.

1: Har bly mest då? Har inte bly högst smältpunkt.

2: Smältpunkt? Har väl inte med det att göra.

1: Nej men det är bara en hypotes. Jag har ingen aning om vad det kan vara. Förmodligen har det nått att göra med att vi har olika massa.

2: Grejen är den att vi har olika...åh vad heter det. Sånt som vatten har 4,20 kJ?? Värmekapacitet!

1: Vet inte vad du snackar om.

2: Men det vet du ju. Om du är i en bastu så är det bra för att det kan dra åt sig så mycket energi.

1: Jaha??

2: Vatten typ... per nånting så drar det åt sig en massa energi, det är därför typ man har det i en bastu för när vattnet är 100 grader har det hur mycket energi som helst att värma upp resten av rummet med. Fattar du?

4: Jamen det är ju... att det är kondensen. Det är ju vattenånga. Det är ju att det övergår från vatten till varm ånga.

2: Ja – det fattar väl jag också men det har fortfarande olika mycket energi.

1: Kokpunkt?

2: Nej inte kokpunkt! Vad snackar ni om? En viss mängd vatten kan ha mycket mer energi än typ olja vid 100 grader.

4: Elev 2 – var får du det ifrån?

1: Ja... Vi går vidare... Vi kommer inte fram till någon lösning.

2: Det är ju metallen som värmer och har olika energi vid samma temperatur.

3: Men vad har det med vatten att göra?

2: Nej, det är inget vatten, men det är alltså principen. Kolla här. Vi säger att vi har en kubikcentimeter i järn som är 100 grader, då innehåller den en viss mängd energi. Men om vi har en kubikcentimeter koppar som är 100 grader så innehåller den säkert mer energi, eller mindre. Fattar du?

³ Denna grupp hann inte upprepa experimentet.

3: Mmm.

2: Även fast båda är 100 grader har de olika energi, så om vi då lägger ner en kubikcentimeter koppar och en kubikcentimeter järn i den här oljan så kommer inte det värma samma.

3: Nej, det klart.

2: Jamen, det är det jag försöker säga.

4: Har inte det med att göra hur typ elektronerna rör sig o sånt? Det rör sig olika i de olika metallerna?

2: Nja... Jag vet inte riktigt.

Elev 2 resonerar här om att olika ämnen vid samma temperatur ändå har olika mycket energi, vilket kan sägas vara en intuitiv definition av specifik värmekapacitet. I sitt exempel tar han samma volym av de olika ämnena vilket egentligen inte är helt korrekt (det är massan), men resonemanget i sin helhet är ändå bra och elev 2 lyckas också övertyga de andra i gruppen om att det är detta som förklarar resultatet. Varför olika ämnen har olika värmekapacitet vet inte elev 2, men elev 4 kommer med idén att det beror på hur elektronerna rör sig i ämnet.

Den andra gruppen som också resonerar kring specifik värmekapacitet gör det utifrån vad de tänker att metallernas olika värmekapacitet beror på.

1: Men hallå, är det inte hur de håller värmen eller nånting. (pekar på kolvarna)

3: Jo... Det är så att vi håller i de varma metallerna där i och så ser vi hur mycket temperaturen ökar däri.

1: Handlar det här om värmekapacitet då eller nått?

3: Ja, just det, smart elev 1!

4: Vi har inte gått igenom det än dock.

1: Nej, det blir till hösten. Woohoo!

4: Värmekapacitet, det har väl nånting med atomstrukturen i materialet att göra. Strukturen gör att det håller värme bättre.

3: Ja, och det är den med mest densitet som tar längst tid att värma upp, men som också håller värme bäst.

4: Precis.

2: Ok, men vad tror vi händer sen då?

3: Att bly tar längst tid att värma upp, men att det också är den som värmer längst tid. Det får väl se sen på vattentemperaturen. Det kan ju hända att den temperaturen inte är lika varm som dem, eftersom bly har högre densitet.

(lite senare när resultatet läses av)

3: Hallå – järnet är på 27, den där är på 24. (bly)

1: Den sista då. (koppar)

3: 26 grader. Det är ju lite konstigt för järn är ju typ emellan.

4: Vi skyller på felkällor.

1: Ok – men vi måste skriva ner nu. Vad är maxtemperaturerna? Kan ni säga det till mig nu.

4: Ja, ok.

3: Järn är 27. Koppar är 26. Blyet är 24.

4: Jag tycker det är konstigt, för om vi hade haft i metallen länge i det kokande vattnet hade vi haft högre temperatur här. För värmen i det kokande vattnet borde gått genom provrörsglasets och sen in i metallen.

2: Ja, men vad kan vi dra för slutsats då?

1: (till elev 4) Du menar att metallen borde lagrat mer värme?

4: Ja, jag tycker det.

3: Ja, antingen är det att blyet tar för lång tid att värma upp, även fast det håller värmen bäst, eller så är det så att koppar borde ha högst temperatur eftersom det är snabbast att värma, men det kan ju också kylas av snabbt. Då borde järn liksom varit medel., mitt emellan.

2: Ja – jag förstår resonemanget. Konstigt.

3: De har ju olika täthet, densitet. Det är därför blyet tar längre tid att värma upp. Men då tycker man ju också att det borde hålla värmen bättre.

4: Ja... Men det är ju inte bara densiteten som har med värmekapacitet att göra. Vatten håller ju jättebra värme, men det har ju väldigt låg densitet jämfört med till exempel bly. Och det har med atomstrukturen att göra – inte bara densiteten. Metallerna borde ha liknande atomstruktur...

1: *Ok, nu får vi komma till en slutsats så får vi göra om det igen.*
(Elev 1 skriver)
4: *Skriv att vi är besvikna på blyet.*

Gruppen har två tankar kring vad ett ämnes specifika värmekapacitet beror på, antingen beror den på ämnets densitet eller också på ämnets atomstruktur. Gruppen verkar enas om att det nog har med båda sakerna att göra. Gruppen reagerar på resultatet eftersom de förväntar sig att blyet skulle vara bättre, på grund av sin höga densitet. Det tror sig också veta att järn har högre densitet än koppar, men lägre än bly, vilket också gör att de reagerar. Deras föreställning att hög densitet motsvarar hög specifik värmekapacitet verkar inte stämma med resultaten, och inte heller det omvända – eftersom de felaktigt tror att koppar har lägst densitet. Gruppen bestämmer sig därför för att förklara resultatet att järn värmdes mest med att det beror på atomstrukturen i järn (se appendix: *Värmekapacitetsuppgiften, avskrivna elevsvar*).

Följdfrågor

Efter de båda experimenten fick eleverna svara på några frågor, fem stycken efter det första och tre efter det andra (se appendix: *Värmekapacitetsuppgiften, följdfrågor*). Avsikten med följdfrågorna efter det första experimentet var att fokusera de viktiga momenten i experimentet och introducera begreppet specifik värmekapacitet. Nedan följer en kort genomgång av elevsvaren på dessa frågor. Se även appendix för avskrivna elevsvar.

Fråga 1: Hur påverkas experimentet om man inte värmer provrören tillräckligt länge i det kokande vattnet?

Den första frågan är en variant på en av följdfrågorna på originaluppgiften och fokuserar uppvärmningsmomentet. Om eleverna inte redan reflekterat ordentligt över detta moment i laborationen måste de göra det nu. De två grupper som inte värmdes metallerna så länge börjar här fundera på om de värmt dem för lite och om det påverkat deras resultat.

1: (Läser) *Hur påverkas experimentet om man inte värmer metallerna tillräckligt länge?*

2: *Det vet vi: Det blir fel helt enkelt.*

1: *Ja, men vad är det som händer då?*

2: *Eeh..*

4: *Jag tror det har att göra med det du sa. Med energi.*

2: *Ja, det har ju med det att göra. Kolla här. Om vi har en kopparbit och en järnbit o värmer en kort stund så blir kanske den ena 20 grader varmare och den andra 25. Fattar du?*

1: *Ja, jag fattar.*

2: *Mmm – för att den ena behöver mer energi för att bli 25 grader varmare än den andra.*

4: *Ok, så vad ska vi skriva?*

1: *Metallerna får inte den energi som de borde få.*

2: *Mmm. Metallerna behöver olika mycket energi för att nå samma grad (temperatur).*

1: (Skriver) *Metallerna fick inte fullt med energi, som de skulle.*

Det vanligaste svaret på frågan var att för kort uppvärmning resulterade i mindre skillnader mellan de olika metallerna, så att det blir svårare att se någon skillnad i uppvärmningen av vätskan. Se diskussion *Följdfråga 1* för analys av elevernas svar.

Fråga 2: Varför behöver man använda behållare av samma form och storlek i den 3:e delen av försöket?

Denna fråga är en direkt översättning av en av följdfrågorna på originaluppgiften och hade till avsikt att testa elevernas förståelse för värmespridning och naturvetenskaplig experimentuppbyggnad i allmänhet. Frågan belyser också ett moment av laborationen som eleverna inte funderat över under genomförandet, då de flesta eleverna enbart fokuserade på

att ha samma volym av vätskan i behållarna. Dessutom saknade eleverna möjligheten att välja olika typer av behållare för detta moment, vilket förstås förklarar varför de inte funderade på detta under genomförandet. Det vanligaste svaret här är att det är viktigt att man har samma volym på vätskan, vilket visserligen är viktigt men inte riktigt svaret på frågan. Några grupper resonerar dock lite längre. Nedan följer ett exempel.

1: Vi tar nästa fråga också: Varför måste bägarna ha samma form och storlek? Vi hade ju dessutom samma volym vatten.

4: Men, hade det blivit skillnad om vi haft en liten fyrkantig behållare med samma volym vatten?

1: Ja, för vi kan ju inte ha olika volym på vattnet, för vi har ju en viss mängd energi i metallerna och ska de värma upp mer vatten blir det ju skillnad.

4: Ja, självklart, men glasbägaren är fyrkantig eller rund?

1: Det spelar ingen roll!

3: Jo, då sprids värmen annorlunda. Värmen absorberas olika i vattnet om du ha olika form. Samma absorbering kräver samma form. Värmen går liksom ut i vågor i vattnet.

4: Så kan man också tänka, eller också kan man tänka att vattnet rör sig lite ändå, så att det inte blir någon skillnad.

3: Det blir effektivare – om vi tänker oss att vi har riktigt stor bägare med bara ett väldigt tunt lager vatten, men samma volym. Då kommer det vattnet värmas upp mycket snabbare.

4: Men det kan ju bero på om man sprider ut metallen eller inte. Att det går bättre då.

3: Ja, exakt, därför måste det vara samma form och storlek.

4: Jag tror iaf att det hade blivit väldigt lite skillnad om de hade varit lite fyrkantiga istället för runda.

Det finns ytterligare ett steg att ta i resonemanget som endast en grupp tar.

2: Jo – men det är väl klart! Man ska ju ha lika mycket olja i.

1: Men det kvittar väl, man kan väl ha lika mycket olja även om behållarna är olika?

Men det klart. Värmen ska försvinna på samma sätt. Stråla ut lika ur dem. Då måste de vara samma.

Denna grupp inser att behållarnas form har betydelse för värmeförlusterna, vilket också motiverar att behållare med små öppningar användes. Se diskussion *Följdfråga 2*.

Fråga 3: Rangordna metallerna efter stigande specifik värmekapacitet

Här får eleverna en väldigt enkel och intuitiv förklaring av begreppet specifik värmekapacitet som ska förklara det eleverna förhoppningsvis redan sett, nämligen att de olika metallerna värmer vätskan olika mycket. Den specifika värmekapaciteten kopplas här till ämnets förmåga att överföra energi till omgivningen, vilket är en del av sanningen, se diskussion, *Värmekapacitetsuppgiftens utformning*, för vidare resonemang. Förklaringen ska möjliggöra för eleverna att dra slutsatsen att den metall som värmt vätskan mest är den som har högst specifik värmekapacitet. Som ovan redogjorts för fick de flesta grupperna fram att koppar skulle ha högst specifik värmekapacitet.

Fråga 4: Stämmer ert resultat med formeln?

Här presenteras för första gången definitionen av den specifika värmekapaciteten, c :

$$c = \frac{Q}{m \cdot \Delta T}$$

där Q är värme eller överförd energimängd, m är massan och ΔT är förändringen i temperatur (Nordling, Österman (1999:193)). Denna uppgift måste ses som överkurs, men dess syfte var främst att visa vilka storheter som var av betydelse av försöket och därmed öppna för nästa fråga. Frågan erbjuder även en möjlighet att analysera sitt resultat för de mer avancerade eleverna. Se diskussion *Beräkna den specifika värmekapaciteten*.

De flesta kunde inte besvara denna fråga, några resonerade dock en hel del kring den. Tyvärr ledde det också till att en grupp missförstod sitt resultat eftersom de använde sig av fel värde på ΔT . De använde vätskans temperaturändring istället för metallens och fick då att den metall som värmt upp vätskan mest borde ha minst specifik värmekapacitet, på grund av att ΔT står i nämnaren. Detta ledde till diskussion och förvirring i gruppen, nedan följer ett utdrag.

(Elev 1 börjar åter kolla på formeln.)

1: Hur blir det här. Det här måste väl vara enkelt. Ju större temperaturskillnaden är, desto mindre är värmeenergin.

2: Nej – desto större är värmeenergin som är i det där (som överförts till oljan).

1: Nej...

2: Jo – desto större temperaturskillnad på oljan, desto mer värmeenergi innehåller det man håller i, alltså koppar, järn...

1: Temperaturskillnaden ligger under strecket, elev 2. Ju större den är, desto mindre blir ju värmekapaciteten.

2: Nej, nej nej nej...

1: Jo!

2: Det kan inte stämma.

1: Jo, det är så.

(lite senare)

1: (läser:) Hög specifik värmekapacitet betyder att metallen är bättre på att överföra värme till omgivningen än en liten specifik värmekapacitet.

1: Då borde det betyda att bly är bra på att föra över värme.

2: Nej, bly var ju dåligt på det. Koppar var bra.

1: Men då stämmer det ju inte.

2: Men värmekapaciteten har inget med c att göra.

1: Jo, det är ju det som är c .

2: Vad var Q då?

1: Q är värmen, den är samma för alla tror jag. Så alltså ju större temperaturskillnaden är, ju mindre blir värmekapaciteten.

Fråga 5: Finns det något i ert experiment som ni borde gjort annorlunda om ni känt till denna formel från början?

Denna fråga var betydligt enklare för eleverna att angripa. De som inte sett till att använda samma massa på metallerna insåg här att de borde gjort det. Några som inte använt sig av samma mängd vatten i behållarna insåg också att de borde haft det. Se diskussion *Beräkna den specifika värmekapaciteten*.

De sista tre följdfrågorna har inte alla grupper svarat på, då en av grupperna inte hann upprepa experimentet och en annan precis hann. Två av grupperna har dock behandlat frågorna ordentligt.

Fråga 6: Varför behöver man värma provrören i åtminstone 5 minuter i det kokande vattnet?

Frågan är en upprepning av första frågan och tanken är att testa om elevernas svar ändrats och förståelsen ökat efter att ha upprepat experimentet. En av grupperna ändrar sitt svar något och resonerar enligt nedan.

(Elev 1 tar pappret med följdfrågor)

1: Du (elev 2) hade rätt där förut. Att man måste värma minst 5 minuter måste ju bero på att metallerna ska hinna bli lika varma som vattnet. (skriver det)

2: Mmm... Men det är väl också så att metallerna ska hinna få samma temperatur – det är väl det som är det viktiga egentligen.

1: Ja, skriver det också.

Eftersom fråga 7 är samma som fråga 3 kommenterar jag inte den frågan här. Elevernas resultat kan ses i tabell 1, eller i appendix, elevsvar.

Fråga 8: Den specifika värmekapaciteten för vatten är 4,19 kJ/kg K. Istället för vatten kan man använda olivolja som har en specifik värmekapacitet på 1,65 kJ/kg K. Vad blir skillnaden om man använder olivolja istället för vatten?

Denna fråga introducerar en del i experimentet som dittills inte fokuserats. Det som eleverna mäter med termometern är vätskans temperaturändring och den beror bland annat på vätskans specifika värmekapacitet. Eftersom eleverna använt sig av samma vätska för alla tre metallerna har inte denna parameter ändrat sig. Därför har man kunnat tolka utslaget på termometern som att det direkt säger något om metallens värmekapacitet. Här måste eleverna fundera på vad som egentligen ligger bakom den temperaturförändring de ser. Samtidigt testas om de förstått begreppet specifik värmekapacitet ordentligt.

De två grupper som svarade på denna fråga kom med motsatta svar. Den ena konstaterade korrekt att temperaturskillnaden skulle bli större i olja än i vatten och att det skulle göra det lättare att läsa av ett korrekt resultat. Nedan följer deras resonemang.

1: Om c är större blir Q också större. Värmeenergin blir högre med vatten.

2: Kan väl lika gärna betyda att ΔT blir lägre?

1: Ja, det är kanske temperaturen man ska tänka på. Ja! Kolla här! Om värmekapaciteten är större för vatten blir ju skillnaden i temperatur mindre i vattnet. Då funkar det ju sämre med vatten. Så måste det vara. Svårare att se skillnaden.

2: Fungerar det inte exakt likadant?

1: Nej, temperaturskillnaden måste bli mindre, eftersom kapaciteten blir större. Det blir svårare att avläsa. Alltså bättre med olja.

2: Ok, så är det.

Den andra gruppen menade att vattnets höga värmekapacitet skulle göra att vattnet värmdes upp snabbare och att vatten därför skulle ge ett noggrannare resultat.

Sammanfattning

Nedan följer en kortfattad sammanfattning där resultatet för varje grupp presenteras.

Grupp 1 (4 personer)

Första experimentet

- Mäter upp samma volym av metallen. Endast ca 5 gram metall används.
- Värmer i ca 9,5 minut.
- Har olika mycket vatten i e-kolvorna. Ungefär 50-70ml.

Får samma temperaturskillnad i alla kolvorna. Inser att de använt för liten mängd metall, samt att bly hade minst vatten i sin behållare. Förklarar temperaturskillnaden med att metallerna avger ”värmeenergi” till vattnet.

Andra experimentet lyckas bättre men får störst temperaturskillnad för koppar. På grund av tidsbrist hinner denna grupp inte besvara följdfrågorna efter andra experimentet.

Grupp 2 (4 personer)

Första experimentet

- Mäter upp samma massa av metallen (15 gram).
- Värmer i ca 10 minuter.
- Har 50 ml vatten i varje e-kolv.

Får störst temperaturskillnad för järn, men tycker det är konstigt. Hade förväntat sig antingen bly, då hög densitet skulle betyda att bly kunde hålla mycket värme eller koppar som antogs ha lägst densitet, vilket skulle betyda att koppar värmdes upp snabbt. Drar slutsatsen att värmekapacitet inte enbart beror på densitet utan även atomstruktur. Förklarar temperaturskillnaden med att metallerna har olika specifik värmekapacitet.

Gruppen hinner inte göra andra experimentet.

Grupp 3 (2 personer)

Första experimentet

- Mäter upp samma massa av metallen, 10 gram.
- Värmer metallen ca 3 minuter.
- Har lika mycket olja i varje e-kolv, 60 ml.

Får störst temperaturskillnad för koppar. Förklarar temperaturskillnaderna med att järn och koppar är bäst på att dra åt sig värme medan bly inte värms upp lika bra.

Andra experimentet ger att järn får störst temperaturskillnad. Gruppen tolkar det som det mest tillförlitliga resultatet och drar slutsatsen att järn har högst specifik värmekapacitet.

Grupp 4 (4 personer)

Första experimentet

- Tar lite metall på känn. Svårt att bedöma hur mycket, men en ganska liten mängd, ca 5-15 gram.
- Värmer i knappt 2 minuter.
- Har lika mycket olja i varje e-kolv, 50 ml.

Får ungefär samma temperaturskillnad (1°C) men tycker sig se att koppar ger något större utslag. Inser att de borde haft samma mängd metall och att de borde värmt längre. Förklarar resultatet med att metallerna har olika specifik värmekapacitet.

Vid andra experimentet får de också att koppar ger störst temperaturskillnad.

5 Andra uppgiften: Bestäm bästa hushållspappret

Originaluppgiften

Originaluppgiften är framtagen i Storbritannien för att testa elevers allmänna naturvetenskapliga tänkande och resonerande med fokus på mätningar. Man utgick från de angivna nationella målen som eleven skulle uppnå med avseende på mätning som bland annat fokuserade elevens förmåga att välja vilket mätinstrument som är lämpligt för uppgiften och kunna använda det (Strang 1990:25f).⁴ För att kunna testa detta behövdes öppnare uppgifter där eleven erbjöds flera olika möjligheter och typer av mätinstrument. För att dessutom kunna testa elevens förmåga att kritiskt kunna utvärdera sitt resultat och sin metod behövde uppgiften vara sådan att man kunde lösa den på flera olika sätt. Ur dessa tankegångar föddes, här benämnd, pappersuppgiften.

Den uppgift som valdes var formulerad som en teoretisk uppgift, där eleven skulle beskriva hur den ville lösa uppgiften att ta reda på vilket hushållspapper som kunde absorbera mest vatten. Se appendix, s 15, för kopia av originaluppgiften. Trots det behövdes inte mycket anpassning av uppgiften för att göra den till en praktisk uppgift. Därför valdes att behålla uppgiften väldigt lik originalet, då den hade många bra poänger. Det var en öppen problemformulering med många möjliga lösningar som inbjöd eleverna till diskussioner och resonemang om hur man bäst kunde lösa uppgiften. Den var enkel och lätt att förstå samtidigt som den till sin karaktär var en undersökande uppgift. Formuleringen att undersöka vilket papper som absorberar mest vatten öppnade också för diskussioner huruvida det är papprets yta, massa eller volym som är det relevanta.

Resultat av tidigare forskning

I Storbritannien har man undersökt hur olika formuleringar påverkar hur eleverna angriper och löser problemet med att undersöka vilket hushållspapper som tar upp mest vatten. Förutom en problemformulering som motsvarar den som tidigare redovisats, att eleverna praktiskt ska undersöka saken, så testades två teoretiska formuleringar där eleven på egen hand ska beskriva hur man kan lösa uppgiften. Skillnaden mellan dessa två formuleringar är att den ena anger fem punkter som eleven ska tänka på att beskriva när han svarar på uppgiften, medan den andra formuleringen är mer öppen. Se appendix, s 19-20, för återkonstruktion av dessa uppgifter. De fem punkterna i den första uppgiften är att eleven uppmanas att skriva om:

1. Vilka saker/instrument eleven vill använda
2. Vilka saker/storheter som eleven vill mäta
3. Hur eleven skulle mäta dem
4. Hur eleven skulle göra för att experimentet skulle bli rättvisande
5. Hur eleven skulle tolka sina resultat

Den andra formuleringen uppmanade eleven att beskriva vilka mätningar som bör göras för att få fram rätt svar. Det visade sig att den andra och öppna formuleringen var mycket svårare att hantera för eleverna. I tabell 2 nedan kan man se att hela 65 % av eleverna gav antingen ett

⁴ Science National Curriculum, Attainment Targets. Detta gällde under 80-talet i Storbritannien och anger flera olika nivåer (attainment levels) som eleven kan uppnå. I Attainment Target 1 ingår målformuleringar som har med mätningar att göra i 7 av 10 nivåer. De lägsta nivåerna berör förmågan att använda mätinstrument och de högsta berör förmågan att kritiskt utvärdera mätningen med hänsyn till felkällor. Sedan dess kan säkert nya betygssystem ha införts.

irrelevant svar eller inget alls, medan den första formuleringen gjorde att alla elever kunde angripa uppgiften på ett bra sätt. Man kan också se hur de olika problemformuleringarna resulterade i olika angreppssätt hos eleverna.

Tabell 2: Hur elever angriper pappersuppgiften beroende på problemformulering.

Angreppssätt	Teoretisk 1	Teoretisk 2	Praktisk
Undersöka/jämföra hur mycket vatten som suggs upp från en större vattenmängd	25%	6%	47%
Undersöka/jämföra hur mycket vatten som kan kramas ur/droppas från genomblött papper	20%	4%	31%
Undersöka/jämföra mängden vatten som pappret sugit upp efter att man kramat ur/droppat av ett genomblött papper	4%	1%	5%
Undersöka/jämföra hur mycket vatten som behövs för att pappret ska bli genomblött	26%	18%	3%
Annat angreppssätt	25%	6%	10%
Inget eller irrelevant angreppssätt – anger svar utan att motivera det		48%	4%
Inget svar		17%	-

Den slutsats som Strang (1990:25) drar av denna undersökning är att eleverna har svårt att helt på egen hand planera och upptäcka en bra strategi för hur man kan utföra mätningar för att lösa problemet. Däremot är eleverna duktiga på att genomföra begränsade mätningar, att korrekt kunna läsa av mätinstrument etc. Strang konstaterar att *"många 13-åringar saknar tillräckligt med övergripande förståelse av mätningkonceptet för att kunna tänka på mätningar som en isolerad del av en undersökning"*, och även att elevernas *"resonerande i stor utsträckning beror på den specifika uppgiften och vad de försöker ta reda på"*.⁵ Den första formuleringen som sönderdelar problemet i flera delar hjälper eleven att planera sitt experiment och eleven får därmed lättare att angripa problemet. Noterbart är att även den praktiska situationen, när eleven har tillgång till mätinstrumenten och konkret kan angripa problemet också leder till att eleven kan angripa problemet på ett bra sätt.

Resultat pappersuppgift

I detta avsnitt presenteras elevernas resonemang och tillvägagångssätt i samband med pappersuppgiften. Ett försök görs också att analysera vilken strategi eleverna använder sig av för att lösa uppgiften samt att beskriva vilka olika problem som måste behandlas för att lösa uppgiften. Man kan se tre sådana frågeställningar i laborationen som samtliga grupper berör och dessa är:

1. Definiera jämförbar mängd av papper. Ska pappersbitarna ha samma vikt eller samma yta?
2. Besluta sig för en mätstrategi för att lösa uppgiften.
3. Besluta hur man ska hantera det blöta pappret. Låta det droppa av och i så fall hur länge?

⁵ Min översättning av *"a large number of 13 year olds do not have a sufficiently general concept of measurement to think about it as an isolated part of an investigation"* och *"reasoning will be very much linked to the particular investigation and what they are trying to find out"*

Man kan också se frågeställningar som de flesta av grupperna berör:

1. Påverkar tiden man blöter pappret resultatet?
2. Felkällor. Vilka finns och hur kan man minimera dem?

Det var fem laborationsgrupper som genomförde experimentet. Två av grupperna bestod av två elever de övriga tre av tre elever. Det fanns tre olika typer av hushållspapper, typ x var ett dubbelsidigt papper med struktur, typ y var enkelt papper med struktur och typ z var enkelt och slätt papper. Samtliga grupper kom fram till att typ x var bäst och typ z sämst. Se diskussion *Jämförelse av resultaten från värmekapacitetsuppgiften och pappersuppgiften* för resonemang kring detta. Här kommer elevernas tillvägagångssätt för att lösa uppgiften fokuseras. Det fanns två olika strategier eller angreppssätt representerade som jag valt att kalla vågstrategin respektive mätglasstrategin efter det viktigaste mätinstrumentet för respektive strategi.

Vågstrategin

Denna strategi diskuterades och användes av samtliga grupper, dock i olika utsträckning. Strategin går ut på att man först väger det torra pappret, sedan blöter man det i vattnet och för att sedan väga det igen. Skillnaden mellan torrsvikt och blötsvikt är då vikten av det vatten som pappret sugit upp vilket ger en möjlighet att jämföra vilket papper som tagit upp mest vatten. Detta resonemang är alltså gemensamt för samtliga grupper som valt att använda sig av denna strategi. Däremot finns det skillnader i vilka parametrar som man bedömer relevanta och hur vissa delar av utförandet gått till. De flesta valde till exempel att definiera någon parameter som skulle vara samma för de olika papperna så att de skulle kunna jämföras (vikt, yta eller eventuellt något annat). Några menade dock att en procentuell jämförelse mellan torrsvikt och blötsvikt borde vara tillräcklig. Se avsnitt *Elevernas resonemang och tillvägagångssätt* för mer detaljer och diskussionskapitlet avsnitt *Uppgift 2 – massa, yta eller volym?*

Mätglasstrategin

Denna strategi användes endast av två grupper och nämndes som idé av ytterligare en. Den ena gruppen förlitade sig enbart på denna strategi för att få fram sitt resultat och den andra använde den som ett komplement.

Strategin går ut på att man först mäter upp en viss mängd vatten, sedan doppar man pappret i vattnet och för att sedan mäta hur mycket vatten som är kvar när pappret avlägsnats. Här behöver man se till att man har jämförbar mängd papper, eleverna måste definiera huruvida det är vikt eller yta (eller eventuellt någon annan parameter) som ska vara jämförbart hos papperna så att man därur kan få ett mått på vilket papper som tar upp mest vatten. Se avsnitt *Elevernas resonemang och tillvägagångssätt* för mer detaljer och kapitel 5 för diskussion.

Kombinerad strategi

En grupp använde sig av båda strategierna parallellt. Då gruppen fick olika resultat från mätglasstrategin och vågstrategin gjorde man om försöket med en variant som på sätt och vis kombinerade båda. De ställde en behållare med exakt 30 ml vatten på digitalvågen och nollställde. Sedan blötte de pappret i vattnet ordentligt. När de avlägsnade pappret kunde de se ett minusutslag på vågen som de tolkade som vikten av det absorberade vattnet. Eleverna kunde ur detta beräkna hur mycket vatten som sugits upp av pappret eller mätt det kvarvarande vattnet. Detta gjorde de emellertid inte utan nöjde sig med att konstatera att det papper som resulterade i störst minusutslag på vågen hade sugit upp mest vatten.

Elevernas resonemang och typiskt tillvägagångssätt

Samtliga grupper börjar med att konstatera att man behöver lika mycket av vardera papperssorten. Tankarna går isär om vilken storhet som ska definiera vad som är lika mycket av pappret, om det är vikt eller yta. Några diskuterar också att det kanske borde vara volym, men att det är för svårt att mäta. Tre av de fem grupperna bestämmer sig för att papperna ska ha samma yta, men väger dessutom papperna när de är torra. De övriga två bestämmer sig för att papperna ska väga samma. Ena gruppen diskuterar huruvida de verkligen behöver ha samma vikt av papperna, eftersom man borde kunna räkna ut resultatet ändå med hjälp av en procentuell jämförelse av torrsvikt och blötsvikt. De bestämmer sig ändå tillslut för att ha samma vikt, men svarar med en procentuell jämförelse.

Exempel på inledande resonemang vid laborationen:

1: Ok, så vad menas med att ta upp vatten? Är det så mycket vatten som är kvar i pappret när det slutat droppa?

2: Och vill vi veta om det är per yta eller per vikt av pappret?

1: Borde väl vara per yta som är intressantast? Vi blöter dem i vattnet och så får de hänga tills de slutat droppa.

2: Hmm... Om man tar mellan två perforeringar på pappret, blir de lika stora då?

1: Ja, det är säkert nått slags universalmått på sånt.

(Elev 2 jämför de olika papprena.)

2: Tydligen inte, se själv.

1: Då är får vi se till att de blir av samma area.

2: Ja, jag kan väl klippa till en gubbe eller nått...

1: Ja, egentligen kvittar det väl, bara det blir lika.

2: Ok

(Elev 2 klipper fyrkanter genom att lägga de tre papperna på varandra och klippa genom alla samtidigt).

2: Ska vi väga papprena också?

1: Ja, givetvis. Det måste vara bäst. Vi mäter upp ytan med linjal och kollar hur mycket pappret väger.

(Eleverna utför detta och antecknar sina resultat).

Först som andra steg börjar eleverna diskutera hur man ska gå tillväga för att utföra testet. Flera av grupperna utvecklar dessutom sin strategi allt eftersom laborationen fortlöper. Samtliga grupper skissar här upp vägstrategin och påbörjar den. En av grupperna avbryter efter ett tag och ändrar strategi till mätglasstrategin och en annan använder mätglasstrategin som komplement till vägstrategin. Gruppen som använder sig av båda strategierna får olika resultat med dem. De har mätt upp relativt små pappersbitar (10 * 10 cm) och därför fått torrsvikten på två av papperssorterna att bli samma, 0,4 gram. De bestämmer sig för att mäta upp exakt 30 ml vatten att doppa pappret i, för att kunna ”märka en skillnad”. Efter att ha blött det första pappret i en uppmätt mängd vatten väger de det blöta pappret, men mäter också hur mycket vatten som är kvar. Resultatet blir att de två papperslapparna med samma torrsvikt väger olika mycket när de är blöta men att lika mycket vatten återstår. I exemplet nedan ser vi ett utdrag av hur de två eleverna i gruppen resonerade.

1: Ok, vad kan vi dra för slutsatser av det här?

2: Strukturerat papper suger upp bättre än slätt.

1: Ja, fast vet vi det egentligen. För x och y var det ju lika mycket vatten kvar.

2: Men kollade vi verkligen rätt?

1: Väldigt lika var det i alla fall... Jaja – vi vet ju att det som inte suger upp lika bra är z.

2: Ska vi göra om försöket för x och y då?

1: Blir det nått lurigt med att vi både kollat hur mycket vatten som är kvar och hur mycket pappret vägde när det var blött?

2: Vi kan ju ha missat några droppar – antingen när vi häller tillbaka vattnet i mätglaset, eller att det kommer med för mycket vatten när vi väger, därför att det inte droppat klart.

1: I vikten är det skillnad, men i uppmätt vatten som är kvar är det inte skillnad.

2: Ja, trots att de vägde lika mycket torrt. Det är väl inte så stor skillnad på dem.

1: Vi gör om det en gång till.

2: Ok, vi klipper bitar igen. Dränker det och sen låter vi det verkligen droppa klart innan vi väger det.

1: Ja, för nu har vi gjort ett experiment och såg att z inte var bäst. Nu behöver vi vara mer noggranna när vi ska särskilja x och y. Vi kan t.ex ta tid på hur många sekunder det är mellan dropparna.

Ytterligare ett moment samtliga grupper berörde (som också kan ses i de båda elevernas resonemang ovan) är hur man ska hantera det blöta pappret. Ska man låta det droppa av ordentligt eller inget alls? Ska man försöka krama ur vattnet ur det igen och väga pappret sen, eller mäta vattnet man kramar ur? Här valdes flera olika taktiker. En möjlig taktik är att med hjälp av tidtagaruret ta tiden mellan dropparna. En grupp använde denna taktik, men trivdes inte med tidtagaruret och övergick till att räkna högt för att ta tiden mellan dropparna. Två grupper valde att så snabbt som möjligt ta upp det blöta pappret och lägga det i en (torr) glasskål för att väga det. De återstående två grupperna gick på känsla, den ena skulle ta pappret när det ”inte droppade längre” och den andra väntade någon/några sekunder så att det inte längre rann om pappret.

Några grupper frågade sig också om tiden som pappret var i vattnet var en parameter att beakta. En av grupperna valde också att ta tiden som pappret var i vattnet så att alla papperna skulle vara i lika länge. De motiverade detta med att ett papper som suger upp vatten snabbt måste ha bättre uppsugningsförmåga än ett som suger upp det långsamt. Det var alltså inte bara intressant att ta reda på hur mycket vatten pappret kunde suga upp utan snarare vilket papper som hade bäst/snabbast uppsugningsförmåga, trots att uppgiften var formulerad så att den frågade efter det förstnämnda. En annan grupp diskuterade avslutningsvis vilket papper som kunde anses vara ”bäst” och tog då med ytterligare parametrar i sitt resonemang, enligt följande:

1: Två av dem är nästan lika bra på att torka upp vatten. Då är det andra faktorer som avgör vilket av papperna som är bäst. Vilket som är mjukast, priset...

2: Ja. Om ena pappret kostar hälften så mycket kan man ju använda dubbelt så mycket av det. Då kanske det är bäst. Fast detta pappret (x) var i alla fall det bästa både vad gäller per yta och per vikt.

1: Men det är nog ointressant att veta vilket som är bäst per vikt. Area måste vara det som gäller.

2: Beror ju på hur långt man måste bära hem pappret från affären.

Samtliga grupper kommer som sagt fram till att papper x skulle vara det som tar upp mest vatten. Flera av grupperna diskuterar dock, åtminstone ytligt, vad det beror på. Papper x är dubbelt och räfflat, därför menar några att även fast de klippt ut lika stora bitar av de olika papperna kommer x ha större yta jämfört med det släta pappret eftersom det är räfflat. Någon grupp konstaterar dessutom att eftersom x är dubbelt så luras de som väljer att ta lika stora pappersbitar snarare än lika tunga.

Några av grupperna diskuterade vilka felkällor de hade och om de hade kunnat lösa uppgiften annorlunda. Tre av grupperna konstaterar att eftersom pappret droppar när man tar upp det kommer det leda till ett litet fel då det dels kan skilja mellan de olika papperna och dels kan hamna droppar på fel ställe, utanför vattenbehållaren eller vågskålen. De som valde mätglasstrategin var tvungna att hålla vatten från mätglas till annan behållare för att doppa pappret och efteråt hålla tillbaka vattnet i mätglaset för att kunna läsa av skillnaden, vilket också resulterade i ett litet svinn. Nedan följer ett exempel på hur en grupp resonerade kring felkällorna.

1: Ok. Bra! Då har vi att x är bäst. Nu ska vi motivera vad vi gjort också. Felkällor och sånt.
(Elev 1 skriver)

1: "Felkällor: "... Vi skulle kanske tagit tiden som pappret var i vattnet.

2: Varför då?

1: Ja, vi tycker att vi ser när pappret är helt blött, men det kanske ändå fortsätter att suga i sig lite mer. Då kanske olika lång tid i vattnet påverkar.

2: Men det droppar ju när man tar upp det.

1: Då kanske man skulle vara mer noggrann med hur mycket pappret ska droppa ur innan man väger det. Jag skriver både och.

2: Fast jag förstår fortfarande inte vad tiden i vattnet har med det att göra.

1: Men det är ju också en sak som har med uppsugningsförmåga att göra, hur bra pappret är. Om man har i dem i 5 sekunder och ser vilket som suger upp mest på den tiden är det ju också ett mått på hur bra de är.

Skriver hur vi diskuterat. Och så är det väl en felkälla att det försvinner lite droppar här och där hela tiden. Nu skriver vi om våran metod. Man kan ju säkert vara mer noggrann.

2: Samtidigt fick vi fram ett resultat och med lite marginal mellan papperna.

1: Förmodligen är våran metod tillräckligt exakt.

6 Diskussion

Första uppgiften

Det var två delar av uppgiften där den andra var utformad så som denna typ av experiment ofta är utformad, men den första lämnade flera moment av uppgiften öppna för eleverna att besluta om. Trots att eleverna från början inte visste att laborationen berörde begreppet specifik värmekapacitet så kunde de med hjälp av bilderna angripa problemet. De flesta reagerade på det ovana upplägget genom att stanna upp och ställa frågor, fundera kring vad de skulle göra. Några verkade dock snarast bara köra på och hoppas att det skulle lösa sig längs vägen. Denna skillnad kan förstås förklaras med att eleverna sinsemellan är olika och angriper problem på olika sätt, men kanske också med att de är vana vid att inte behöva tänka så mycket själva när de utför laborationer. Som påpekats i *En klassisk fysiklaboration* ovan är handledningarna för det mesta mycket detaljrika och man behöver sällan ha läst igenom hela handledningen i förväg för att få rätt resultat. Blir dessa öppnare laborationer vanligt förekommande kommer det förmodligen bli naturligt för eleverna att först ta en stund och fundera igenom vilka moment de tror de behöver genomföra. Här kan det vara på sin plats att poängtera att även om de flesta elever förmodligen mycket bra kan anpassa sig till denna form av laborationer och detta tänkande, finns det andra elever som behöver tydlig handledning och struktur för att kunna angripa problem.

Till den första delen saknade handledningen helt storheter. Speciellt vad gäller tiden som metallerna ska värmas kan detta bli ett praktiskt problem som man vill undvika. Allt för kort tid kommer att resultera i inget eller svårtolkade resultat och onödigt lång tid kan göra att gruppen inte hinner genomföra laborationen i sin helhet. Det är svårt att behålla öppenheten i detta moment och samtidigt undvika att några elever antingen värmer för lite eller för mycket. Det första fallet leder till märkliga resultat, men dessa kan förklaras och eleverna kommer förmodligen att inse sitt misstag när de får upprepa laborationen eller svara på följdfrågorna. Det andra fallet kan undvikas genom att läraren säger åt de grupper som värmer lite för länge att de bör avsluta värmningen nu för att kunna hinna med hela laborationen. Ett alternativ kan vara att ange ett tidsintervall, men då kommer trots allt vissa poänger med uppgiften att förloras.

På något sätt ville vi introducera den specifika värmekapaciteten som en förklaring till resultatet. Följande text användes:

Anledningen till att vattnet värms upp olika beror på att metallerna har olika specifik värmekapacitet. Specifik värmekapacitet är ett mått på hur bra metallen är på att avge värme till omgivningen. En stor specifik värmekapacitet betyder att metallen är bättre på att överföra värme till omgivningen än en liten specifik värmekapacitet.

Syftet med denna text var att ge en intuitiv förklaring av begreppet och koppla det till resultatet. Det finns förstås många olika sätt att förklara specifik värmekapacitet och den ovan är på inget sätt heltäckande. Det är sant att två metaller med samma temperatur men olika specifik värmekapacitet kommer värma en kall omgivning olika mycket innan termisk jämvikt nås och den som värmer sin omgivning mest är den med högst specifik värmekapacitet. Det beror på att den metallen har mer energi vid samma temperatur än metallen med lägre specifik värmekapacitet. Samtliga elever tolkade också texten så som tanken var, att den metall som gav störst temperaturförändring i vätskan var metallen med högst specifik värmekapacitet.

Texten nämner inte begreppet inre energi och kopplar ej heller uttryckligen att metaller vid samma temperatur kommer ha olika inre energi. Syftet är som sagt att texten ska förstås och utan att förklara alla relevanta begrepp ändå förklara resultatet.

Beräkna den specifika värmekapaciteten

Som tidigare nämnts kan följdfrågorna som behandlar formeln för specifik värmekapacitet anses vara något av överkurs eller kräva en del vana vid att analysera formler. Dessa kan strykas utan det påverkar uppgiften i större utsträckning. En av de grupper som på allvar angrep dessa följdfrågor drog felaktiga slutsatser. Formeln presenterades så som man ser den och använder den för att beräkna ett ämnes värmekapacitet utifrån mätbara storheter. Lite vilseledande är denna presentation dock, eftersom den kan lura eleverna att tro att den även beskriver de relevanta beräkningarna för denna laboration. Här blir det lite mer komplicerat eftersom den inre energin inte mäts. För att kunna beräkna metallernas värmekapacitet utan att veta vilken inre energi de har behöver man veta vätskans specifika värmekapacitet och med hjälp av den uttrycka den inre energin i fråga. Nedan följer denna beräkning:

$$c = \frac{Q}{m \cdot \Delta T} \Rightarrow Q = c \cdot m \cdot \Delta T \quad \text{Formel 1}$$

Antag att den värme som metallen avger vid nedkylning är den samma som den värme vattnet tar upp och att värmeförluster saknas eller är mycket små. Antag vidare att metallen värmts så att termisk jämvikt uppnåtts (metallen är lika varm som det kokande vattnet). Då kan metallens specifika värmekapacitet skrivas:

$$c_{\text{metall}} = \frac{c_{\text{vätska}} \cdot m_{\text{vätska}} \cdot \Delta T_{\text{vätska}}}{m_{\text{metall}} \cdot (100 - T_{\text{vätska}})} \quad \text{Formel 2}$$

där $T_{\text{vätska}}$ är uppmätt maxtemperatur i vätskan efter att metallen tillförts.

En titt på formel 2 ovan motiverar också att man väljer samma massa av både metall och vätska, då beräkningen förenklas en del. Viktigaste aspekten vid ett praktiskt genomförande är dock att förenkla avläsningen av temperaturförändringen i vätskan. Här gäller egentligen principen så stor metallmassa som möjligt i förhållande till vätskans massa. Samtidigt bör metallen helt täckas av vätska vilket gör att samma massa på metall och vätska är lämpligt.

Koppar bättre än järn?

Trots att järn har högre specifik värmekapacitet än koppar visade 4 av 7 elevexperiment att kopparen värmde vätskan mest och endast 2 av 7 att järnet värmde mest. Vad beror detta på? Först kan man konstatera att järn och koppar har ganska lika specifik värmekapacitet (449J/kgK resp 385J/kgK), vilket förstås inte är optimalt i ett sådant här experiment. Ett bättre resultat fås sannolikt om man byter ut den ena av metallerna mot någon metall med betydligt högre värmekapacitet, t.ex aluminium. Vid genomförandet av dessa experiment fanns dock inte aluminium tillgängligt. Dessutom användes järnnubb respektive kopparnubb vid laborationen, och det är möjligt att t.ex järnnubben innehåller föroreningar som gör att dess värmekapacitet inte helt överensstämmer med värdet i tabellen⁶. Man kan också fråga sig om uppgiftens utformande ledde till större värmeförluster för järnet än för koppar. Några av grupperna var inte så noga med att minimera tiden mellan att provrören med metallerna togs från värmebadet till dess att metallerna hölldes i sina vätskebehållare, e-kolvar. Här kan noteras att några av grupperna tog upp metallerna samtidigt ur värmebadet, men höllde i dem i

⁶ Personligen fick jag dock vid upprepade tillfällen att järnet värmde mer än koppar.

den ordning de förekom på uppgiftspappret, från vänster till höger. Koppar först, sen bly och sist järn. Eventuellt kan detta påverkat i något eller några av fallen.

Intressant är dock att notera att de av eleverna som hade några förväntningar på resultatet alla förväntade sig att koppar skulle ge bättre resultat än järn. Dessa förväntningar kan dels ha påverkat vid avläsandet, då det i flera av fallen var mycket små utslag, men också indirekt i hanterandet och genomförandet av laborationen. Se vidare i avsnitt *Jämförelse mellan värmekapacitetsuppgiften och pappersuppgiften* för diskussion kring elevernas föreställningar kring värmekapacitetsuppgiften såväl som pappersuppgiften.

Följdfråga 1

Varför är det egentligen viktigt att man värmer provrören en längre tid? Vad är det som händer när man stoppar ner metallerna i värmebadet? Vi kan anta att de har samma temperatur från början och att energin överförs till metallerna på samma sätt från det kokande vattnet och genom provrören. När metallerna vistas i den 100-gradiga omgivningen kommer deras temperatur att stiga och med tiden uppnås termisk jämvikt då även metallerna blir 100°C varma. Men på grund av olika specifik värmekapacitet kommer detta att ta lite olika lång tid för de olika metallerna. Metallen med lägst värmekapacitet (i detta fallet bly) kommer värmas snabbast eftersom det går åt mindre energi att värma den en grad Celsius än en metall med högre värmekapacitet.

Generellt kan man säga att ju längre tid man värmer metallerna desto bättre. På originaluppgiften angav man att metallerna värmdes i 20 minuter, detta ändrades av oss till 5 minuter. Experimentet testades på förhand med dels 5, 10 och 15 minuters uppvärmning och ingen skillnad i resultatet sågs då. Det är möjligt att de missvisande resultaten som eleverna fick vad gäller koppar och järn kan bero på snålt tilltagen uppvärmningstid. De 20 minuterna i originaluppgiften är troligtvis väl tilltagna, även om det är värt att notera att de använder aluminium som en av metallerna. Aluminium har ungefär dubbelt så stor värmekapacitet som järn och kommer därför behöva extra uppvärmningstid. Valet av 5 minuters uppvärmning som minimum berodde främst på tidsbrist. Enligt den generella principen ju längre desto bättre kan man förstås utöka denna tid om man har möjlighet.

Elevernas svar på denna fråga berör detta på ett par intressanta sätt. En grupp som värmdes sina metaller i knappt 2 minuter fick som resultat att alla metallerna värmdes vätskan (olja i deras fall) i princip lika mycket – 1°C för järn och bly och närmare 2°C för koppar. Med tanke på det lilla utslaget är det svårt att dra några slutsatser, men en trolig förklaring här är alltså att bly lyckades värma vätskan ungefär lika mycket som de övriga två eftersom dessa två inte hunnit nå termisk jämvikt. Metallerna hade förmodligen absorberat ungefär lika mycket energi på denna tid. Ett par grupper svarade att otillräcklig uppvärmning av metallerna resulterade i mindre skillnader mellan metallerna. Detta är korrekt: så länge ingen av metallerna nått termisk jämvikt kommer de ha ungefär samma inre energi, dock olika temperaturer.

En grupp tar hänsyn till metallernas energi och inser att det tar tid för metallerna att nå sin maximala energinivå. Denna grupp förstår också att metallerna kommer ha olika mycket energi efter uppvärmningen. Detta är bra med tanke på att flera av eleverna förmodligen inte stött på dessa resonemang innan. Eleverna konstaterar bland annat att:

4: Jag tror det har att göra med det du sa. Med energi.

2: Ja, det har ju med det att göra. Kolla här. Om vi har en kopparbit och en järnbit o värmer en kort stund så blir kanske den ena 20 grader varmare och den andra 25. Fattar du?

1: Ja, jag fattar.

2: Mmm – för att den ena behöver mer energi för att bli 25 grader varmare än den andra.
4: Ok, så vad ska vi skriva?
1: Metallerna får inte den energi som de borde få.
2: Mmm. Metallerna behöver olika mycket energi för att nå samma grad (temperatur).
1: Skriver: Metallerna fick inte fullt med energi, som de skulle.

Elev 2 för här ett intressant resonemang. Metallernas olika specifika värmekapacitet gör att det behövs olika mycket energi för att de ska öka sin temperatur lika mycket, vilket elev 2 förstått. Insikten att det är skillnad på temperatur och energi är viktig. När samma elevgrupp upprepat experimentet och ska besvara följdfråga 6 som motsvarar följdfråga 1 tar elev 1 upp elev 2:s sista kommentar från citatet ovan, om att för kort uppvärmningstid skulle betyda att metallerna inte har samma temperatur.

1: Du (elev 2) hade rätt där förrut. Att man måste värma minst 5 minuter måste ju bero på att metallerna ska hinna bli lika varma som vattnet. << skriver det.
2: Mmm.. Men det är väl också så att metallerna ska hinna få samma temperatur – det är väl det som är det viktiga egentligen.
1: Ja, skriver det också.

Elev 2 har aldrig sagt att med tillräcklig uppvärmningstid kommer metallerna bli lika varma som vattnet, det är elev 1 som här är den först med att säga det. Elev 1 har dragit den slutsatsen av det resonemang som elev 2 förde tidigare, men elev 2 verkar själv inte riktigt dragit den slutsatsen. I citatet ovan har både elev 1 och 2 rätt, då uppvärmningen måste vara sådan att metallerna får samma temperatur vilket i det här fallet sker först när metallerna är lika varma som vattnet.

Följdfråga 2

För att experimentet ska vara rättvisande vill man minimera felkällor och förluster. De förluster som trots allt finns vill man ska vara så lika som möjligt. Därför finns denna följdfråga med och motiverar varför man bör använda vätskebehållare som är lika till form och storlek. Eftersom man inte bara vill ha lika förluster utan även så små som möjligt kan man med fördel använda e-kolvar som har små öppningar jämfört med de bågare som finns illustrerade på uppgiften.

Ett av elevsvaren fokuserade på hur värmen spreds i vätskan, snarare än på värmeförlusterna. Denna aspekt finns men är mycket svår att bedöma. Mest sannolikt är effekterna av detta mycket små så länge behållarna är relativt lika i storlek och form.

Andra uppgiften

Syftet med pappersuppgiften var att erbjuda ett öppet undersökande experiment där eleverna själva skulle få tänka ut en lösningsstrategi. Till sitt förfogande hade de en mängd hjälpmedel som alla kunde vara användbara för att lösa uppgiften, även om man inte behövde alla för att lösa den. Uppgiftsformuleringen var kort och koncisk, undersök vilket papper som tar upp mest vatten. Denna formulering var medvetet lite vag för att eleverna själva skulle behöva tänka efter vilka parametrar och storheter som var relevanta i sammanhanget. Ett alternativ hade varit att specificera uppgiften och fråga vilket papper som tog upp mest vatten i förhållande till sin vikt alternativt yta. Nu fick eleverna själva fundera kring detta, vilket de gjorde och det var avsikten.

Det visade sig under laborationerna att några elevgrupper tolkade uppgiften lite annorlunda mot vad vi tänkt. En grupp tolkade det som att det var papprets uppsugningsförmåga som skulle testas och definierade den som ”uppsuget vatten/tidsenhet”. Alltså blev det viktigt för

dem att ha pappret i vatten en kort tid för att sedan jämföra vilket papper som hunnit suga upp mest. Förmodligen var tiden i deras fall (10 sekunder) ändå så pass lång att pappret blivit rejält genomblött och att resultatet därför inte skiljde sig något från om de hade haft pappret i längre tid. En noggrann undersökning av vilket papper som suger upp mest vatten skulle förstås kunna innehålla ett moment där tiden pappret är i vattnet undersöks. Gruppen skulle kunnat fullfölja sitt resonemang och sin undersökning genom att upprepa försöket och låta pappret ligga i en längre tid, så att de själva bedömde att alla papperna sugit åt sig maximalt, för att sedan jämföra med sitt första experiment. Gruppen diskuterade detta, men valde att inte göra det, delvis på grund av att uppgiftsformuleringen inte uppmuntrade till det. Gruppen nöjde sig när det fått fram ett svar. En slutsats av detta skulle kunna vara att uppgiften kan formuleras på ett sätt så att eleverna uppmuntras att undersöka papperna med hjälp av flera olika experiment eller med avseende på flera olika parametrar. En av anledningarna till att uppgiften inte var formulerad så från början var att vi i förväg bedömde att uppgiften skulle ta längre tid att lösa. Nu blev det istället så att den tog lite för kort tid, ca 15-20 minuter. En möjlighet att förlänga tidsåtgången erbjuds alltså här.

Trots att uppgiftens formulering och de framtagna hjälpmedlen erbjöd ett flertal olika sätt att lösa uppgiften kom de fem grupperna att lösa den på väldigt snarlika sätt. Endast två olika lösningsstrategier användes, där vågstrategin var den klart dominerande. Detta kan bero på att eleverna hade en digitalvåg tillgänglig. Strang konstaterade ovan att elevernas resonering berodde på hur uppgiften var formulerad, och tillgången till digitalvågen kan på ett liknande sätt ha påverkat hur eleverna angrep problemet. Digitalvågen är relativt lätt att använda men har framförallt överlägsen upplösning och noggrannhet. Därför erbjöd den ett lätt och tillförlitligt sätt att lösa uppgiften. När originaluppgiften konstruerades och testades i Storbritannien under första delen av 80-talet hade eleverna sannolikt inte tillgång till digitalvåg, det finns heller ingen utritad på uppgiftspappret bland hjälpmedlen, endast en ”brevvåg”. En slutsats här är att det verkar sannolikt att tillgång till digitalvåg kommer resultera i att fler elever väljer att lösa uppgiften med hjälp av våg, än om de inte har tillgång till digitalvåg. Förmodligen kommer då olika varianter på mätglasstrategin att dominera, kanske med brevvågen som komplement, eftersom mätglaset i digitalvågens frånvaro erbjuder ett ganska enkelt och noggrant sätt att mäta vatten. Man kan därför diskutera digitalvågens vara eller icke-vara i detta sammanhang. Eftersom digitalvågar numer är vanligt förekommande i hemmen och på skolan i laborationssammanhang, kan man anse att det är självklart att eleverna ska ha tillgång till den även här. Tanken med uppgiften kan ju ses som att eleverna får använda vilka hjälpmedel de vill för att lösa uppgiften. Å andra sidan är uppgiften så pass enkel att lösa att problematiken främst ligger i vilken mättningsstrategi man använder och hur man hanterar de olika momenten i mätningen på ett noggrant och korrekt sätt. Vill man använda uppgiften för att testa elevernas förmåga att planera hur man ska utföra en mätning och resonera kring hur man minimerar felkällor – då kan uppgiften tjäna på att digitalvågen inte finns med. Eftersom samtliga elevgrupper i denna undersökning hade tillgång till digitalvåg kan vi här inte annat än spekulera kring detta. Vi kan från elevernas resonemang se att de flesta grupper ändå berörde problematiken kring hur man kan mäta utan att ha onödiga felkällor. Vi kan också se att de som använt sig av digitalvågen hade svårt att tänka sig någon annan och bättre metod att lösa uppgiften.

Massa, yta eller volym?

Den öppna frågeformuleringen i pappersuppgiften hade bland annat till uppgift att tvinga eleverna att på egen hand specificera vad som menades. Frågan om vilket papper som suger upp mest vatten kan tolkas på flera olika sätt. En intuitiv tolkning är att man ska ta ”lika stor bit” av de olika papperslapparna – man fokuserar alltså papprets yta. Att tjockleken kan

variera mellan papperna är förmodligen i det flesta fall inget man spontant bryr sig om. Det visade sig också, som ovan redogjorts för i kapitel 4, att 3 av 5 grupper valde att använda sig av pappersbitar med lika stor yta. Övriga två valde efter viss diskussion att ha pappersbitar med lika stor massa.

Den ena av dessa grupper funderade först på huruvida man alls behövde någon jämförbar parameter. Gruppen hade bestämt sig för vägstrategin och tyckte då att en procentuell jämförelse av torrvikten och blötvikten för de olika papperna borde vara tillräcklig. Detta är en korrekt slutsats, en sådan procentuell jämförelse skulle visa vilket papper som suger upp mest och dessutom erbjuda en jämförelse papperna emellan. Gruppen svarade också med en procentuell jämförelse men hade alltså på vägen bestämt sig för att använda sig av samma vikt, trots att samma yta kan ses som det förväntade valet. Men gruppen hade redan lämnat diskussionen yta kontra massa och fokuserat jämförandet av olika massor för att lösa uppgiften. Förmodligen tyckte de att det kändes säkrast att ändå ha samma massor, trots att den procentuella jämförelsen borde fungera.

Den andra gruppen var delad i fråga om det var massa eller yta som var relevant. Nedan följer deras resonemang:

1: Ok, vi behöver väl lika mycket papper, alltså lika stort. Men sen?

3: Sen doppar vi ner dem i vattnet.

1: Men ska vi väga pappret eller mäta upp det?(red anm: mäta upp ytan med linjal)

2: Vi ska nog väga. Då kan vi få densiteten, och volymen.

1: Men nu ska vi ju använda vatten. Kan vi väga det när det är blött? Dessutom väger väl det torra pappret typ ingenting.

3: Vi lägger på och testar.

2: Men vi ska ju inte använda allt pappret!

1: Nu tar vi det lugnt, vi kan ju inte ha så mycket.

3: Ja, men vi testar vad det väger.

(Elev 3 lägger på ca 1,5 meter papper på digitalvågen)

2: Oj, det vägde ju mycket.

1: Ok, då kan vi ta mindre och väga.

1: Fast papperna är olika tjocka och kommer väga olika mycket.

2: Men vi ser till att det blir exakt samma vikt då.

1: Men är det egentligen vikten som är viktigast. Ska det inte vara ytan?

3: Måste ju vara vikten. Dessutom är ju papperna olika breda och tjocka och så.

2: Borde vara vikten.

1: Ok, då kör vi med det.

En möjlig förklaring till att denna grupp väljer att papperna ska ha samma massa är att de egentligen vill att papperna ska ha samma volym. Eftersom tjockleken på papperna är mycket svår att mäta kan man resonera som elev 2 antyder att hon gör när hon säger att massan ger densiteten och volymen. Eftersom eleverna bara kan mäta massan och inte känner till densiteten för papper kan de inte beräkna volymen. Eleverna fullföljer inte detta resonemang, men ett rimligt antagande skulle kunna vara att pappret i de olika hushållspapperna har samma densitet och att massan därför indirekt är ett mått på volymen. Flera grupper berörde i sina resonemang att volymen egentligen borde vara det som skulle vara samma för de olika papperna, men att volymen var för svår att mäta. Eftersom pappret i de olika hushållspapperna är av olika typ och kvalité kanske också ett antagande om samma densitet inte är helt korrekt.

Jämförelse mellan värmekapacitetsuppgiften och pappersuppgiften

Det är intressant att jämföra de båda uppgifterna med varandra, dels eftersom elevernas resultat blev så olika, där resultatet från värmekapacitetsuppgiften blev tvetydigt och resultatet från pappersuppgiften blev entydigt, men också eftersom uppgifternas utformning och ämnesområde skiljer sig.

Jämförelse av uppgifterna

Värmekapacitetsuppgiften består av två delar som var för sig innehåller ett experiment och följdfrågor. Experimentet som utförs i de båda delarna är det samma men när det upprepas i den andra delen har eleverna tillgång till en given mall för genomförandet, medan mallen i första delen har luckor som tvingar eleverna att själva besluta hur de ska genomföra experimentet. Följdfrågorna i de båda delarna liknar också varandra till stor del. Man kan resonera kring en uppgifts grad av öppenhet utifrån begreppet frihetsgrader (Andersson 1989:68). Om man säger att en uppgift består av de tre komponenterna: problem, genomförande och svar får man fyra möjliga frihetsgrader enligt tabell 3 nedan.

Tabell 3: Frihetsgrader i elevuppgifter

Frihetsgrad	Problem	Genomförande	Svar
0	givet	givet	givet
1	givet	givet	öppet
2	givet	öppet	öppet
3	öppet	öppet	öppet

Det i särklass vanligaste är att en experimentell uppgift lämnar svaret öppet men har ett givet genomförande och given problemställning (Andersson 1989:70). Värmekapacitetsuppgiftens andra del har ser ut så och motsvarar därmed den för eleverna mest välbekanta formuleringen av uppgiften. Den första delen åtminstone är delvis öppen i genomförandet.

Pappersuppgiften är definitivt öppen även i fråga om genomförandet. Problemställningen att undersöka vilket av de tre hushållspapperna som tar upp mest vatten kan ses som delvis öppen eftersom visst utrymme lämnas för elevernas tolkningar.

Båda uppgifterna är mer öppna, har fler frihetsgrader, än vad de flesta elever är vana vid från tidigare experimentella uppgifter. Ändå får eleverna fram bättre resultat på pappersuppgiften än på värmekapacitetsuppgiften. Här finns en rad faktorer som kan vara delförklaringar och en del av dem nämns nedan i avsnittet *Jämförelse av resultaten*. En anledning som kan diskuteras här är att uppgifterna berör olika ämnesområden och begreppsforeställningar. Värmekapacitetsuppgiften valdes därför att eleverna antogs ha relativt dålig kunskap om termofysik och specifik värmekapacitet. Pappersuppgiften valdes då den var en undersökande uppgift öppen för olika lösningsmetoder. Man kan också konstatera att Pappersuppgiften rör sig närmare elevernas vardag. Alla elever är vana att hantera hushållspapper och vatten i vardagen, men uppvärmning av metaller är förmodligen något de stött på mycket sällan och det relaterar inte till någon vardagssituation. Man kan se flera exempel på hur eleverna redan i inledningen av experimenten hade förväntningar och foreställningar om vad som skulle ske. I fråga om Pappersuppgiften stämde elevernas förväntningar med resultatet. Detta beror sannolikt på att de är vana vid situationen och kan foreställa sig vilket papper som är bäst bara genom att se det. Nedan följer ett exempel från en elevgrupps resonemang i ett inledande skede av experimentet.

Elev 2: Det kommer förmodligen vara det strukturerade pappret som väger mest, eftersom vi har lika stor yta (på papperna) så kommer det som är räfflat att vara mest papper.

Elev 1: Ja, förmodligen.

Elev 2: Det kommer antagligen att suga upp vattnet bäst också. Men skriv ner hur mycket det väger torrt först.

Ett par andra grupper ”gissade” innan de utförde mätningarna resultatet så att de började med det de trodde skulle vara sämst (det släta, benämnt z) och avslutade med det de trodde skulle vara bäst (det räfflade, benämnt x).

Elev 2: Ok, nu kommer det som borde vara det bästa pappret.

(upprepar proceduren)

Elev 2: Oj!! Det stämde!

Elev 1: Yes! Då vann vi det stora priset!

Värmekapacitetsuppgiften erbjuder inte den möjligheten då eleverna är ovana att hantera metaller och därför har svårare att bedöma metallers egenskaper. Ändå finns det många exempel på att eleverna även här hade en rad förväntningar på resultatet och föreställningar kring vad skulle hända i olika moment. I samband med uppvärmningen av metallen gav några elever uttryck för föreställningen att metallerna skulle kunna komma att värmas till riktigt höga temperaturer, så att de kanske t.o.m. smälte. Nedan följer ett par exempel:

Elev 2: Kommer metallerna smälta helt?

Elev 4: Nej, de kommer bara bli lite varma.

Elev 1: Vi hade nog lite lång tid på värmingen innan. Eller också inte.

Elev 2: Det är bra att värma länge.

Elev 1: Men, hur är det egentligen. Kan metallerna bli varmare om man värmer dem riktigt länge. Typ en timma. Blir de varmare då än om värmer dem typ 5 minuter?

Elev 2: Jag tror det krävs mer än 5 minuter för att de ska bli riktigt varma.

Elev 1: Så varför står det att vi ska värma dem i 5 minuter?

Elev 2: Det är kanske tillräckligt för att det ska bli tydliga skillnader...

I det andra exemplet verkar föreställningen finnas att metallens temperatur stiger så länge den värms. Det sägs inte uttryckligen men tanken verkar vara att metallerna t.o.m. skulle kunna bli varmare än de 100°C som är den temperatur det kokande vattnet runt metallen har. De fem minuterna skulle då snarast vara en tillräckligt lång tid för att resultatet skulle bli bra, men eleverna visar ingen förståelse för att metallerna behöver nå termisk jämvikt med omgivningen och att det är det som händer när man värmt tillräckligt länge, där fem minuter är tillräckligt lång tid för att detta ska ske. Det första exemplet på ett kort meningsutbyte verkar också antyda att den frågande eleven tror att metallerna kan bli mycket varma, så varma att de smälter. Man kan anta att eleven inte tror att metallerna skulle smälta vid en temperatur lägre än 100°C. Svaret eleven får är svårare att tyda men skulle kunna antyda att den svarande eleven tror att metallerna inte ens blir så varma som det kokande vattnet.

Exemplen ovan verkar alltså antyda att eleverna inte har någon självklar känsla, intuition, för temperatur och värme. En metallsked i rumstemperatur känns kallare än t.ex. en träsked i rumstemperatur. Men när man ska röra i den varma såsen eller soppan på spisen så använder man hellre träskeden än metallskeden, för då känns metallskeden varmast. Det finns forskningsresultat (Andersson, Bach och Zetterqvist 1995:37ff) som visar att så många som 57% av eleverna i årskurs nio anser att en stålsked i ett rumstempererat rum har en lägre temperatur än omgivningen och hela 64% av eleverna anser att om samma stålsked får ligga i en varm ugn (60°C) så är stålskeden varmare än ugnen i övrigt.

Eleverna saknar även intuition eller kunskap om vilka proportioner av metallen och vätskan som skulle vara lämpligt att använda för att få bra resultat. Eftersom vätskorna (vatten och olja) båda har högre specifik värmekapacitet än metallerna i experimentet borde eleverna använt en så stor mängd metall som möjligt för att få ett tydligt resultat. Samtliga elevgrupper använde mycket mindre metall i sitt första försök än de 50 gram som skulle användas i det andra försöket. Tvärt om kan man se hur eleverna förvånades över den lilla temperaturförändring som blev då metallen hälldes i vätskan. Deras föreställning verkar vara att lite metall borde kunna värma upp en större mängd vätska. Nedan följer ett exempel:

4: Det tar ju ganska lång tid att värma vattnet. Hmm... Frågan är – är de här små spikarna 100 grader varma? I så fall borde väl termometern gått upp i topp typ.

(lite senare)

3: Järn är 27. Koppar är 26. Blyet är 24.

*4: Jag tycker det är konstigt, för om vi hade haft i metallen länge i det kokande vattnet hade vi haft högre temperatur här. För värmen i det kokande vattnet borde gått genom provrörsglasets och sen in i metallen.
(...)*

1: (till elev 4) Du menar att metallen borde lagrat mer värme?

4: Ja, jag tycker det.

Elev 4 vet att det tar tid att värma upp vatten men verkar närmast föreställa sig att effekten av metallen som hålls i vattnet skulle vara det samma som att ställa vattnet på en varm spisplatta. Den större mängden av vattnet och vattnets större specifika värmekapacitet gör istället att utslaget på termometern bara blir några få grader tillskillnad mot vad eleven förväntade sig. Elev 1:s kommentar om att metallen ”lagrar värme” är också intressant att notera. Tanken här verkar vara att metallen fungerar som ett ”värmebatteri” som kan laddas upp och laddas ur. Vad eleverna menar är förmodligen att de förväntade sig att metallen skulle värmt vattnet mer. Man kan också notera att eleverna gärna använder ordet värme istället för (inre) energi, vilket hade varit det korrekta (Beckman, Kjöllersström, Sundström 1984:41).

Ytterligare ett exempel på att eleverna saknade korrekt förförståelse för de relevanta begreppen i denna uppgift får vi av elevgruppen som anser att resultatet kommer bero på metallernas densitet så att metallen med högst densitet kommer vara den som värmer mest.

4: Värmekapacitet, det har väl nånting med atomstrukturen i materialet att göra. Strukturen gör att det håller värme bättre.

3: Ja, och det är den med mest densitet som tar längst tid att värma upp, men som också håller värme bäst.

4: Precis.

Gruppen har egentligen två olika idéer om vad värmekapaciteten beror på och båda finns med parallellt i deras fortsatta resonemang. Tyngdpunkten ligger dock på densiteten, vilket kan förklaras med att det är det begrepp de har mest förståelse för. Elev 3 anser att metallen med störst densitet kommer ta längst tid att värma upp men också hålla värme bäst, vilket skulle kunna sägas om den metall som har högst värmekapacitet. Det är intressant att fundera kring vad det är för slags föreställning som elev 3 ger uttryck för. En möjlig tanke är att elev 3 har föreställningen att värmen har svårare att tränga in i ett ämne med stor täthet, och omvänt svårare att ta sig ur ämnet. I så fall är det inte säkert att elev 3 tänker sig att metallen kan hålla mer värme än en metall med lägre täthet. I fortsatt resonemang anar man att elev 3 med ”hålla värme bättre” menar att metallen borde värma vattnet mer (elev 3:s avslutande kommentar).

3: Järn är 27. Koppar är 26. Blyet är 24.

(...)

2: Ja, men vad kan vi dra för slutsats då?

(...)

3: Ja, antingen är det att blyet tar för lång tid att värma upp, även fast det håller värmen bäst, eller så är det så att koppar borde ha högst temperatur eftersom det är snabbast att värma, men det kan ju också kylas av snabbt. Då borde järn liksom varit medel., mitt emellan.

2: Ja – jag förstår resonemanget. Konstigt.

3: De har ju olika täthet, densitet. Det är därför blyet tar längre tid att värma upp. Men då tycker man ju också att det borde hålla värmen bättre.

I resonemanget ovan försöker elev 3 utveckla sin teori när det visar sig att metallen med högst densitet, bly, värmer minst. Elev 3 testar tanken att metallen med lägst densitet, vilket eleven tror är koppar, skulle värma mest eftersom den värms snabbast. Man kan fråga sig vilken slutsats eleverna hade kommit fram till om de vetat att järn har lägre densitet än koppar. Kanske hade de då dragit slutsatsen att denna teori stämde. Det finns emellertid inget direkt samband mellan ett ämnes densitet och dess specifika värmekapacitet. Vilket eleverna själva nuddar vid när de fortsätter sitt resonemang.

4: Ja... Men det är ju inte bara densiteten som har med värmekapacitet att göra. Vatten håller ju jättebra värme, men det har ju väldigt låg densitet jämfört med till exempel bly. Och det har med atomstrukturen att göra – inte bara densiteten. Metallerna borde ha liknande atomstruktur..

Jämförelse av resultaten

Fokus i denna rapport har varit elevernas resonemang och tillvägagångssätt vid lösandet av uppgifterna. Deras faktiska resultat är emellertid inte ointressanta och de kommer behandlas något här. Man kan lätt konstatera att de båda uppgifterna lyckades väldigt olika med avseende på entydighet i elevernas resultat.

Pappersuppgiften gav utan några avvikelser resultatet att det strukturerade och dubbla hushållspappret, x, sög upp mest vatten, medan det släta och enkla hushållspappret, z, sög upp minst. En grupp fick resultatet att papper y och z sög upp lika mycket och en annan grupp fick upprepa sitt experiment för att kunna särskilja vilket papper av x och y som sög upp mest. Slutsatsen av de fem gruppernas experiment skulle vara att det med stor säkerhet är så att papper x är bäst och papper z sämst.

Värmekapacitetsuppgiften gav resultatet i 4 av 7 experiment att koppar hade högst värmekapacitet. Endast 2 av 7 experiment gav det enligt tabellen korrekta resultatet, att järn har högst specifik värmekapacitet. Det återstående experimentet gav att alla tre metallerna hade samma specifika värmekapacitet, men här kunde gruppen konstatera att det dels rörde sig om mycket små utslag (1°C) och att blyet hade mindre vatten att värma än de övriga metallerna. Även ett av de fyra experiment som resulterade i att koppar hade högst specifik värmekapacitet är det svårt att dra några slutsatser av då den gruppen inte vägde metallen i försöket. Man kan konstatera att resultatet av detta experiment är mycket tvetydigt och om något verkar tyda på att koppar skulle ha högst värmekapacitet.

Det kan vara intressant att jämföra experimenten för att om möjligt se någon förklaring till varför. En förklaring kan vara mätinstrumenten som eleverna använde. I pappersuppgiften hade digitalvågen en central betydelse för alla elevers lösning av uppgiften. Även den grupp som använde sig enbart av mätglasstrategin vägde upp samma massa av det torra pappret på digitalvågen. Detta gjorde att de använde pappersbitar som vägde lika mycket så när som på en tiondels gram. Digitalvågen hade en upplösning på hundradels gram, en exakthet som vida överträffade övriga tillgängliga mätinstrument, både i pappersuppgiften och värmekapacitetsuppgiften. Detta betyder att osäkerheten i elevernas resultat från pappersuppgiften blir liten. Digitalvågen användes visserligen även i värmekapacitetsuppgiften för att väga upp

metallerna, men resultatet av experimentet avlästes med tre olika termometrar då metallerna värmdes vätskan. Dessa termometrar var graderade i hela grader och det var svårt att avläsa dem med större noggrannhet än halva grader. Eleverna avrundade vid avläsningen till hela grader i alla utom ett fall. I pappersuppgiften använde de flesta eleverna digitalvågen för att avläsa resultatet av sitt experiment och svarade med en noggrannhet på tiondels gram.

En annan förklaring kan vara olika typ av felkällor. Om man löser pappersuppgiften med hjälp av våg- eller mätglasstrategin bli sannolikt den främsta felkällan vattnet som droppar från det blöta pappret. Som ovan beskrivits valde eleverna lite olika sätt att hantera detta. Några tog tiden mellan dropparna för att få ett mått på när papperna var lika blöta, några andra försökte helt enkelt minimera tiden mellan det att pappret togs ur vattnet till dess att pappret lades i en skål för vägning för att på så sätt också minimera vattnet som droppade ur pappret.

Värmekapacitetsuppgiften är av en annan typ än pappersuppgiften och felkällorna och förlusterna i den är mycket svårare att få något grepp om eller minimera. Värmeförluster till omgivningen är mycket svåra att förhindra och bedöma storleken på. Det eleverna i detta fall kunde göra var att se till att metallerna värmdes lika länge och att minimera tiden från det att metallerna tas ur värmebadet till de hålls i vätskan i e-kolvarna. E-kolvar användes för att minska värmeförlusterna genom vätskebehållarens öppning. Trots dessa åtgärder kommer värmeförlusterna sannolikt att vara stora, men förhoppningsvis relativt lika för de olika metallerna.

Med avseende på felkällor och förluster kan man konstatera att värmekapacitetsuppgiften är en mer osäker uppgift, något som också stämmer väl med erfarenheter från värmeexperiment i skolmiljö.

Ytterligare en förklaring till tvetydigheten i värmekapacitetsuppgiften är som tidigare nämnts den relativt lilla skillnaden mellan den specifika värmekapaciteten för koppar och järn. Det är svårt att jämföra denna materialkonstant med relevant materialkonstant för de olika hushållspapperna. Det är förstås möjligt att skillnaden mellan de olika hushållspapperna är liten, trots det medvetna valet av olika typer av papper. I kombination med skillnaden i noggrannhet hos mätinstrumenten kan man nog ändå konstatera att detta kan vara en delförklaring. Det är också den del som är lättast att korrigera genom att man helt enkelt byter ut järnet i värmekapacitetsuppgiften mot en metall med högre specifik värmekapacitet. Då kommer sannolikt resultatet bli mycket mer entydigt.

Det finns alltså flera saker som skiljer de båda experimenten, vilket kan förklara skillnaderna i resultaten. Men man kan också notera att i båda experimenten tycks eleverna ha svårt för att välja massan som oberoende variabel, vilket kan anses vara det bästa för att lösa uppgifterna. I pappersuppgiften valde de flesta grupperna istället yta, även om de tog hänsyn till massan genom att också väga papperna. I värmekapacitetsuppgiften valde några grupper volym istället för massa. Massa är ett mer abstrakt begrepp jämfört med de geometriska begreppen yta och volym. Detta kanske också var en försvårande omständighet.

7 Bedömning

I detta avsnitt kommer jag kortfattat att diskutera hur man kan bedöma elevernas kunskaper med hjälp av öppna laborationsuppgifter. Jag utgår från skolverkets kursplan och betygsgränser för fysik i grundskolan.⁷

Enligt kursplanen ska elever bedömas utifrån sin ”*förmåga att beskriva och förklara omvärlden ur ett naturvetenskapligt perspektiv*” samt hur eleven behärskar naturvetenskapliga samtal och diskussioner. Även elevens ”*förmåga att identifiera och lösa problem genom iakttagelser, experiment och reflektion skall beaktas*” vid bedömningen, samt hur eleven hanterar växelspelet mellan teori (begrepp, modell) och experiment.

Bland annat ur detta specificeras kriterier för betygen godkänt, väl godkänt och mycket väl godkänt, där skillnaden främst finns i elevens förmåga att självständigt lösa en uppgift genom att ta initiativ eller hur eleven kan analysera, reflektera kring resultat och teorier, samt hur väl eleven kan förklara något med hjälp av naturvetenskap. Flera av de kvalitéer som efterfrågas för betygen väl godkänt och mycket väl godkänt är processinriktade och kan därför vara svåra att bedöma enbart utifrån papper- och pennauppgifter (Andersson, Bach, Wallin, Zetterqvist 2005:11). Experimentella uppgifter med mer än en frihetsgrad erbjuder eleverna en möjlighet att visa sin förmåga att självständigt identifiera och lösa ett problem genom iakttagelser, experiment och reflektion, eller att formulera och testa hypoteser om företeelser i omvärlden (Andersson, Bach, Wallin, Zetterqvist 2006:66). En möjlighet som en experimentell uppgift med detaljerad (skriftlig) handledning rörande genomförande och problemställning inte erbjuder.

Uppgifterna i denna rapport testades av elever som i grupp fick försöka lösa den givna uppgiften utan någon hjälp av läraren. Man kan direkt konstatera utifrån de betygsgränser som ges att förmågan att helt utan lärarens hjälp angripa ett experimentellt problem på ett sätt som kan lösa problemet ligger på betygsnivån väl godkänd. I denna undersökning fanns det alltid minst en elev i varje grupp som kunde ta de initiativ som krävdes för att planera och genomföra experimentet. De öppna laborationsuppgifterna kan dock kräva att läraren aktivt hjälper elever igång, om de inte kan angripa problemet själva. För betyget godkänd krävs dock att eleven själv kan genomföra de mätningar som ska göras när läraren väl förklarat vilka mätningar som bör göras.

För betyget mycket väl godkänd krävs att eleven reflekterar över den metod eleven valt för att om möjligt kunna utveckla den eller komplettera den. Är den metod eleven valt den som ger det bästa, mest korrekta, resultatet? Vilka felkällor finns och vad skulle ändras om man angrep problemet på något annat sätt?

Vi kan se på hur eleverna löste pappersuppgiften. Denna uppgift hade eleverna lättare att angripa än värmekapacitetsuppgiften, förmodligen pga att uppgiften var mer vardagsnära, se diskussionen ovan i *Jämförelse mellan värmekapacitetsuppgiften och pappersuppgiften*. Den tillgängliga mätutrustningen erbjöd flera olika sätt att lösa uppgiften. För betyget mycket väl godkänd krävs att eleverna reflekterar kring vilken metod de valt och resonerar kring vilken metod som är bäst. Eventuellt testar de flera metoder för att se om dessa ger samma resultat, eller så motiverar de utifrån sitt resonemang varför deras metod är att föredra framför andra tänkbara.

⁷ Finns att tillgå genom skolverkets hemsida. Se litteraturförteckning

Förutom val av metod så kräver öppna laborationsuppgifter att eleverna definierar vad som är relevant att mäta. I pappersuppgiften kunde man tänka sig flera tolkningar av uppgiften att undersöka vilket hushållspapper som tar upp mest vatten. Eleverna kunde åtminstone tolka det som att vara med avseende på yta, volym eller vikt. Elevens förmåga att identifiera att det finns flera olika möjligheter är förmodligen på nivån av väl godkänd. Att resonera kring dessa och värdera dem utifrån fler aspekter än vilken som gör experimentet lättast att genomföra är på nivån mycket väl godkänd. Nedan följer två (korta) exempel på hur två olika grupper resonerade kring detta:

1: Ok, vi behöver väl lika mycket papper, alltså lika stort. Men sen?

3: Sen doppar vi ner dem i vattnet.

1: Men ska vi väga pappret eller mäta upp det?

2: Vi ska nog väga. Då kan vi få densiteten, och volymen.

1: Sen är det ju tjockleken. De är ju olika tjocka. Ellerhur?

2: Mmm

1: Så även om vi tagit samma yta så blir det ändå inte samma volym. Fast, i och för sig. Det kan man väl säga hör till pappret och hur bra det suger upp.

Elev två i första gruppen kopplar massa till densitet och volym. Som ovan diskuterats i *Uppgift 2 – yta, massa, volym* så är förmodligen volym den mest relevanta parametern när man ska avgöra vilket papper som tar upp mest vatten. Volymen är dock svår att mäta, då papperna är tunna. Vikten skulle kunna vara ett sätt att komma åt volymen, men då krävs egentligen att papperna har samma densitet. Resonemanget i första exemplet visar ändå på en insikt i ett viktigt och relevant samband inom fysiken vilket visar kvalité på mycket väl godkänd nivå.

Den andra gruppen inser att de inte kommer få pappersbitar med samma volym, vilket förmodligen är att föredra. De fördjupar sig dock inte i detta utan går vidare men resonerar (åtminstone indirekt) att papprets uppsugningsförmåga kommer ha med volymen att göra. De drar dock inte kopplingen mellan massa och volym. Gruppen löser uppgiften genom att väga papperna med lika stor yta och jämföra deras torrsvikt och blötsvikt. Därför har de ju egentligen tagit hänsyn till pappernas olika volym, men om eleverna inser detta samband så är det åtminstone outtalat.

Värmekapacitetsuppgiften var begreppsmässigt svårare, då eleverna i de flesta fall inte kände till det centrala begreppet specifik värmekapacitet. Uppgiften erbjuder dock många möjligheter till att visa förståelse för och resonera kring hur ett naturvetenskapligt experiment är och bör vara uppbyggt. Ett mål för elever som gått ut årskurs nio är (att): *"kunna genomföra mätningar, observationer och experiment samt ha insikt i hur de kan utformas"*. Detta utvecklas på väl godkänd nivå till att eleven ska kunna delta i planeringen av en undersökning och på mycket väl godkänd nivå till att eleven ska kunna planera och utvärdera undersökningen. Vi kan koppla detta till värmekapacitetsuppgiftens första del där eleverna i princip får skalet till en laborationshandledning, men själva behöver kunna anpassa det så att det blir ett rättvisande experiment. På godkänd nivå ska eleven ha *"insikt i hur (ett experiment) kan utformas"*, vilket borde betyda att eleven åtminstone ska kunna känna igen att skalet till handledningen beskriver ett naturvetenskapligt experiment och att det går ut på att jämföra tre olika metaller som först värms upp och sedan i sin tur värmer en vätska. Man kan förvänta sig att eleven ska kunna genomföra detta experiment med hjälp av bilderna, men inte att det ska bli rättvisande.

På väl godkänd nivå borde eleven reflektera över de olika stegen i experimentet. Hur ska man bäst mäta upp metallen? Ska det vara samma vikt eller volym? Spelar det någon roll hur länge man värmer metallen?

På mycket väl godkänd nivå borde eleven resonera lite djupare och visa upp viss förtrogenhet med de naturvetenskapliga begreppen. Eleven borde också försöka se till att minimera felkällor, till exempel genom att värma metallerna lika länge och undvika allt för lång tid mellan det att metallerna värmts upp till dess de hålls ner i vätskan som de ska värma.

De fyra grupper som gjorde denna uppgift angrep den på olika sätt. En grupp brydde sig inte alls om hur mycket metall de använde sig av, vilket förstås i princip dömde experimentet att misslyckas. Någon annan grupp bestämde sig för att det skulle vara samma volym av de olika metallerna, vilket i detta fall inte var korrekt, men kunde ha justerats för med hjälp av metallernas densitet. Det viktiga var egentligen att inse att för att metallerna ska kunna jämföras så måste hänsyn tas till samma parameter (massa eller volym). Ännu bättre blir det om man ser till att mäta upp samma mängd av metallen med avseende på denna parameter. I detta fall var detta lättast med avseende på vikt, då en våg kunde användas.

Vid uppvärmningen av metallen borde eleverna åtminstone värma metallerna lika länge för att möjliggöra jämförelsen dem emellan. För de dessutom ett resonemang kring hur länge och visar förståelse för att metallen inte kan bli varmare än det kokande vattnet, så visar de ytterligare kvalitéer.

Förutom hur eleverna planerar och genomför sitt experiment så kan även tolkningen av resultaten och förhållningssättet till dem bedömas. Här är det intressant att se att de elever som uttryckte en föreställning om vad resultatet skulle bli sällan fick den bekräftad av de resultat som experimentet gav. Här var skillnaden mellan de båda uppgifterna stor, eftersom pappersuppgiftens resultat stämde med elevernas intuition. Ett naturvetenskapligt förhållningssätt innebär att man inte utan vidare kan bortse från empiriska resultat. Vi kan se på följande exempel ur elevernas resonemang:

4: Hmm... Frågan är – är de här små spikarna 100 grader varma? I så fall borde väl termometern gått upp i topp typ.

3: Hallå – järnet är på 27, den där är på 24.

1: Den sista då.

3: 26 grader. Det är ju lite konstigt för järn är ju typ emellan.

4: Vi skyller på felkällor.

Eleverna i denna grupp har värmt upp metallerna och hållt dem i behållarna och avläser här temperaturerna i vätskan. Dessförinnan har de diskuterat vad som kommer att bli resultatet och har två teorier. Att järn skulle värma vätskan mest stämmer inte med någon av dessa och därför föreslår elev 4 att de ska skylla på felkällor. Det är förstås en möjlig förklaring till varför det inte blev som de trodde, en annan är förstås att ingen av deras teorier var korrekt, eller att de på något annat sätt tänkt fel. Dessa elever bestämde sig dock för att inte skylla på felkällor utan konstaterade istället att trots att de inte riktigt kunde förstå varför järn skulle ha högre specifik värmekapacitet än övriga metaller, så visade deras experiment på att så var fallet. Jag tycker här att eleverna genom att hålla sig till det experimentella resultatet snarare än deras teorier visar på god insikt i den naturvetenskapliga verksamheten.

Värmekapacitetsuppgiften behandlade begrepp som åtminstone för en del av eleverna var okända. Därför bör bedömningen fokusera hur eleverna angrep problemet att genomföra ett

vetenskapligt experiment så noggrant och rättvisande som möjligt. Här bör också hänsyn tas till de insikter som eleverna får allt eftersom de utför experimentet då det kan vara svårt att förutse alla olika effekter på förhand. En väl genomförd planering tar hänsyn till att samma mängd metall mäts upp, att metallerna värms lika länge och att samma mängd av vätskan mäts upp. Under laborationens gång bör eleverna reflektera över det som sker, t.ex. hur länge de ska värma metallerna, hur förhållandet mellan metall och vätska är. Dessa två saker är svåra att få rätt första försöket, men om eleverna utifrån sitt försök kan dra slutsatsen att metallerna förmodligen behöver värmas längre, eller att man behöver mer metall i förhållande till vätskan för att se tydligare resultat, så visar de på god insikt i vad de håller på med.

Eleverna bör även försöka förstå och tolka sina resultat. De elever som på förhand resonerar kring vad som borde bli resultatet och försöker formulera en hypotes gör egentligen något bra, men om hypotesen motsägs av experimentet borde eleven inte utan vidare förkasta resultatet av experimentet (eller tvärtom). I fråga om värmekapacitetsuppgiften får eleverna snabbt en möjlighet att korrigera både sina hypoteser i samband med följdfrågorna mellan de båda experimenten, och sitt experimentella resultat då experimentet upprepas.

Sammanfattning

Som jag förstår kursmålen och betygskriterierna så är mycket av verksamheten i samband med öppnare laborationsuppgifter på nivåerna över betyget godkänd. Samtidigt så används sällan laborationer som examination på samma sätt som problemlösning på skriftliga prov. Läraren kan vara aktiv i handledning av och hjälp till eleverna under laborationen.

Nedan försöker jag sammanfatta de tankar jag ovan presenterat utifrån de mål och betygskriterier som finns:

- För betyget godkänd kan man säga att det krävs att eleverna med handledning och hjälp av läraren klarar av att utföra de mätningar och observationer som krävs för att genomföra ett experiment. De bör också kunna förstå och känna igen de olika momenten under en laboration samt med hjälp av läraren kunna tolka och förklara sina resultat.
- För betyget väl godkänd krävs att eleverna självständigt kan angripa ett experimentellt problem. De ska själva komma fram till vilka moment som krävs för att genomföra ett experiment och även i någon mån kunna tolka och förklara sina resultat.
- För betyget mycket väl godkänd krävs att eleverna självständigt kan angripa ett experimentellt problem och dessutom kunna resonera kring och argumentera för den metod man väljer, kanske genom att jämföra med andra tänkbara lösningsmetoder. De ska själva komma fram till vilka moment som krävs för att genomföra ett experiment och även fundera över vilka moment som kan leda till felkällor och hur dessa kan minimeras. Eleven ska också kunna förklara och tolka sitt resultat.

Jag har även försökt att utifrån de elevlösningar som finns återgivna i detta experiment exemplifiera vad som kan svara mot ett visst betyg.

8 Kvalitetssäkring av de experimentella uppgifterna

Första uppgiften

Uppgiften löstes av fyra elevgrupper och totalt 14 elever. Samtliga grupper utförde första delen av experimentet och en av grupperna fick korrekt resultat. Av de tre grupper som hann upprepa experimentet fick en grupp korrekt resultat.

Slutsatsen av detta är att experimentets utformning med de tre metallerna bly, koppar och järn inte är optimal. Bly har en markant lägre värmekapacitet än koppar och järn, men skillnaden mellan koppar och järn är lite för liten och därför blir resultatet känsligt för felkällor i form av värmeförluster. På originaluppgiften användes aluminium istället för järn. Det är mycket troligt att de uppmätta resultaten skulle ha blivit mycket bättre om aluminium använts.

Eleverna fick under experimentet besluta sig för vilken mängd metall de skulle använda. De flesta grupper använde samma massa men en för liten massa jämfört med mängden vätska, vilket gav svåravlästa resultat. I detta avseende fungerade olja som vätska bättre än vatten.

Eleverna skulle även avgöra hur länge metallerna skulle värmas. Hälften av grupperna värmdes tillräckligt länge och hälften värmdes så pass kort tid att man kan ifrågasätta om termisk jämvikt uppnåddes. De flesta elever ansåg i samband med följdfrågorna att för kort uppvärmningstid skulle resultera i mindre skillnader mellan hur metallerna värmer vätskan, vilket stämmer.

I det avslutande momentet mätte alla grupper utom en upp samma volym vätska i de olika behållarna. I samband med följdfrågorna insåg en av grupperna att även behållarnas form och storlek är viktig för att se till att värmeförlusterna blir så lika som möjligt.

I sina resonemang kring resultaten visade samtliga grupper viss förståelse för värme och energi. Ett par av grupperna insåg också att experimentet handlade om specifik värmekapacitet.

Två av grupperna svarade på en utvärdering av experimentet (se appendix s. 14). Båda grupperna tyckte att det första experimentet var mycket lärorikt eftersom man fick tänka själv och kom till insikt om en hel del saker. Slutsatserna av genomförandet och utvärderingen av experimentet är:

1. Experimentet upplevs lärorikt och intressant, den snabba repetitionen som det andra experimentet innebär behövs för att eleverna ska få bra förståelse för vad experimentet behandlar. Förståelsen hjälps ytterligare av följdfrågor mellan och efter experimenten.
2. Tidsåtgången till laborationen är ganska stor vilket kan resultera i tidspress vid genomförandet vilket påverkar elevernas resonemang negativt. Minst en timme behövs och då bör man även förbereda genom att tillhandahålla värmebad med kokande vatten. Eventuellt kan även läraren behöva säga till eleverna att avbryta sin uppvärmning om de lägger allt för lång tid på detta moment.
3. Olja istället för vatten ger större utslag, vilket möjliggör bättre mätningar. Olja är emellertid mer praktiskt vid handhavandet för eleverna.

4. Med aluminium istället för järn kommer de tre metallerna i experimentet att ge större temperaturskillnader i vätskan, vilket kommer leda till ett tydligare och bättre resultat. Det är möjligt att ändra uppgiftsformuleringen så att förslagsvis järn stryks och ersätts med aluminium. Man bör i så fall undersöka, och vid behov korrigera, hur lång tid som krävs för att termisk jämvikt ska nås. Det kan krävas mer än de 5 minuter som nu anges.

5. Min bedömning är att uppgiften kan ingå i den nationella provbanken då eleverna kunde angripa den och utifrån de båda experimenten fördjupa sin förståelse för såväl begreppet specifik värmekapacitet som sin förtrogenhet med hur man genomför experiment inom naturvetenskapen. För att förbättra det experimentella resultatet bör uppgiften ändras enligt punkt 4 ovan.

I följdfrågorna presenterades formeln för den specifika värmekapaciteten. Syftet var att visa vilka storheter som är relevanta för att motivera de olika momenten i experimentet, men även att möjliggöra en mer avancerad analys och beräkningar. Dessa får dock anses vara överkurs och risken finns att formeln skapar förvirring och missförstånd om eleverna tror att formelns temperaturskillnad motsvaras av den temperaturskillnad de mäter i vätskan. Det är möjligt att det bästa är att helt ta bort denna del av följdfrågorna, även om de flesta eleverna visade god förmåga att utifrån formeln förstå experimentets relevanta storheter.

Andra uppgiften

Uppgiften löstes av fem grupper och totalt 13 elever. Samtliga grupper fick samma resultat vad gäller vilket papper som suger upp mest vatten. Intressant här är även hur eleverna väljer att lösa uppgiften. Två huvudsakliga strategier kunde ses, vågstrategin och mätglasstrategin.

Samtliga grupper använde sig av vågstrategin, men en grupp avbröt och bytte till mätglasstrategin och en annan grupp använde båda parallellt. Vågstrategins dominans kan förklaras av att grupperna hade tillgång till digitalvåg, vilket i sammanhanget är ett både väldigt exakt och enkelt mätinstrument att använda. Om digitalvågen inte funnits tillgänglig hade sannolikt fördelningen mellan strategierna ändrats och möjligen hade även andra sätt att lösa uppgiften använts.

Eleverna fick själva definiera om pappret skulle suga upp mest vatten i förhållande till sin yta, massa eller volym. Tre grupper valde att se till att pappersbitarna hade samma yta, men vägde dessutom papperna. Flera grupper menade att samma volym vore det bästa, men att man inte kan mäta den. Någon grupp menade att massan hos pappret borde motsvara volymen och denna grupp valde också att använda pappersbitar med samma massa. Detta resonemang stämmer om man kan anta att pappret i de olika hushållspapperssorterna har samma densitet, vilket dock inte är säkert. Ytterligare en grupp resonerade kring att man inte behövde ha någon parameter samma för papperna om man gjorde en procentuell jämförelse mellan pappernas torrsvikt och blötvikt. Detta stämmer men innebär ändå att man jämför vilket papper som suger upp mest vatten i förhållande till sin vikt.

Någon grupp såg till att papperna låg i vattnet lika länge. Denna grupp tolkade uppgiften som att det papper med bäst uppsugningsförmåga skulle utses och att tiden då var en faktor.

Laborationen gick väldigt snabbt att genomföra, ca 20 minuter. Den kräver dock en hel del material till varje grupp vilket kan göra det svårt att kombinera denna laboration med annan lektionsaktivitet. Varje laborationsgrupp behöver dessutom egen tillgång till mätinstrumenten, vilket kanske innebär att endast ett fåtal grupper kan göra laborationen samtidigt.

Slutsatsen från provningen och utvärderingen av pappersuppgiften är att den lämpar sig mycket bra som öppen laborationsuppgift i den nationella provbanken. Uppgiften kan användas som introduktion till experimentell problemlösning eftersom den ligger nära elevernas vardagsvärld och inte kräver någon djupare förståelse för specifika naturvetenskapliga begrepp. Detta gör det lätt för eleverna att angripa problemet och hur de väljer att lösa problemet kan sedan ligga till grund för fortsatt undervisning om ett naturvetenskapligt tillvägagångssätt.

Pratiska tips och förberedelser

Första uppgiften

Material som behövs per labbgrupp:

- 3 olika metaller, i små delar (typ nubbe, småspik). Minst 50 g av varje metall per grupp, gärna mer.
- 3 provrör att förvara metallen i. Gärna med korkar till.
- 3 likformiga, lika stora behållare att mäta temperaturskillnad i.
- 1 vattenbad med kokande vatten för uppvärmning

Mätinstrument:

- 3 termometrar per labbgrupp
- 1 eller flera mätglas
- tillgång till våg, gärna digital

Förberedelser, saker att tänka på:

- Det kan ta tid att få vattnet i värmebadet att koka. Förbered gärna detta så att eleverna har tillgång till kokande vatten från start. Detta kan drastiskt minska väntetiden under labben.
- Om inte metallen redan är i små bitar kan det vara bra att förbereda detta. Tänk på att metallbitarna ska kunna packas i ett provrör.
- Koppar och järn har snarlik specifik värmekapacitet. Byt om möjligt ut den ena mot t.ex aluminium för att få tydligare skillnader.
- Olja ger bättre/tydligare resultat än vatten. Om du väljer att utföra laborationen med olja, tänk på att erbjuda skyddskläder, då olja kan orsaka fläckar på kläderna.
- Tiden som metallerna minst ska värmas är satt till 5 minuter. Om tidsutrymme finns kan man öka denna tid något för att säkerställa att metallerna når termisk jämvikt.
- Om upplägget med en öppen första del av laborationen följs kan laborationsgruppen med fördel bestå av 4 elever, då detta kan gynna diskussionen i gruppen.

Andra uppgiften

Material som behövs per labbgrupp (se appendix s. 16):

- 3 olika typer av hushållspapper (slätt, dubbelt, osv.)
- Vattenkar
- Diverse glasbehållare
- 1 eller flera trattar
- stativ och hållare (erbjuder möjlighet att hänga upp det blöta pappret)

Mätinstrument:

- 1 våg per labbgrupp
- Mätglas, ett par olika storlekar
- Tidtagarur

Förberedelser, saker att tänka på:

Eftersom varje labbgrupp bör ha fri tillgång till materialet och mätinstrumenten behövs många uppsättningar om man vill göra labben med många labbgrupper samtidigt. Det är förmodligen olyckligt att låta labbgrupperna samsas om begränsat antal mätinstrument, då detta kan påverka det sätt eleverna kan lösa uppgiften på. Det blir svårt att se något tydligt resultat om de olika typerna av hushållspapper är alltför lika varandra. Försök att hitta tre typer som skiljer sig sinsemellan.

Tidsåtgången för laborationen kan variera rätt kraftigt, främst beroende på hur man formulerar uppgiften, eller på hur den tolkas av eleverna. Generellt sett tar laborationen lite tid att genomföra (ca 20 minuter), om uppgiften endast är formulerad så att eleverna behöver hitta ett sätt att testa vilket hushållspapper som absorberar mest vatten. Uppgiften kan också formuleras så att eleverna uppmuntras att testa flera olika sätt för att på så sätt förlänga tidsåtgången för laborationen.

9 Referenslista

1. Bok: Björn Andersson (1989). *Grundskolans naturvetenskap, Forskningsresultat och nya idéer*. Stockholm: Allmänna förlaget
2. Bok: Olof Beckman, Bengt Kjöllnerström, Tage Sundström (1984). *Energilära*. Stockholm: Almqvist & Wiksell.
3. Bok: Carl Nordling och Jonny Österman (1999). *Physics Handbook for Science and Engineering*. Sixth edition. Lund: Studentlitteratur.
4. *National Assessment: The APU Science Approach*. Department of Education and Science, Welch Office. Department of Education for Northern Ireland. Her Majesty's Stationary Office.
5. Forskningsrapport: Geoff Welford, John Bell, Angela Davey, Reed Gamble and Richard Gott (1986). *Science in Schools. Age 15: Report No.4, APU*.
6. Forskningsrapport: Björn Andersson, Frank Bach, Ann Zetterqvist (1997). *Nationell utvärdering 95 – åk 9. Temperatur och värme*. Göteborgs Universitet, institutionen för pedagogik och didaktik
7. Forskningsssammanställning: Juliet Strang (1990). *Assessment matters No. 2, Measurement in school science*. Evaluation and Monitoring Unit (EMU). Based on work by the Assessment of Performance Unit (APU).
8. Projektbeskrivning: Björn Andersson, Frank Bach, Anita Wallin, Ann Zetterqvist (2005). *Förslag till utveckling av en provbank för grundskolans naturvetenskap*. Göteborgs Universitet, institutionen för pedagogik och didaktik.
9. Projektrapport: Björn Andersson, Frank Bach (projektledare), Anita Wallin, Ann Zetterqvist (2006). *Ramverk för bygge av en provbank angående grundskolans naturvetenskap*. Göteborgs Universitet, institutionen för pedagogik och didaktik.
10. Ämnesrapport: Björn Andersson, Frank Bach, Clas Olander, Ann Zetterqvist (2005). *Nationella utvärderingen av grundskolan 2003 (NU-03). Naturorienterade ämnen*. Stockholm: Skolverket.
11. Hemsida: *Kursplan och betygskriterier för fysik på grundskolan*. (<http://www3.skolverket.se/ki03/front.aspx?sprak=SV>). Tillgänglig 2007-01-19

Avslutningsvis vill jag tacka följande personer:

Frank Bach, min handledare, som hjälpt mig att kunna genomföra detta arbete.

Eleverna i NV1M (nu NV2M) på Elof Lindälvs gymnasium i Kungsbacka, som så villigt var försökskaniner för detta experiment.

Hans Johansson, min lärarutbildare på Elof Lindälvs gymnasium under min praktik där, som inte bara lånat ut sina elever utan också hjälpt mig hitta den utrustning jag behövde.

Helena, som så tålmodigt och kärleksfullt gett mig det stöd och utrymme jag behövde för att kunna arbeta med detta examensarbete och fullfölja min dröm att bli lärare. Jag älskar dig.