

ÄMNESDIDAKTIK I PRAKTIKEN –
NYA VÄGAR FÖR UNDERVISNING I NATURVETENSKAP
NR 5, OKTOBER 2003

ATT UNDERVISA OM
LAMPOR OCH BATTERIER
KUNSKAPSBAS OCH ELEVUPPGIFTER

Christina Kärrqvist

Enheten för ämnesdidaktik,
Institutionen för pedagogik och didaktik
Göteborgs universitet, Box 300, SE-40530 GÖTEBORG
ISSN 1651-9531, Redaktör: Björn Andersson

© Projektet NORDLAB-SE, Enheten för ämnesdidaktik, IPD, Göteborgs universitet.

INNEHÅLL

FÖRORD	5
--------	---

Del 1

DEN ÄMNESDIDAKTISKA KUNSKAPSBASEN

KICKIS INSIKT	7
VARFÖR UNDERVISA OM DEN ELEKTRISKA KRETSEN?	8
INNEHÅLL OCH PROCESS	9
Innehållsmål för området elkretsar	9
Processmål	11
ATT MÖTA ELEVERNA DÄR DE ÄR	12
Elevs föreställningar om el-kretsar	12
Modelltänkande – en central naturvetenskaplig process	19
VAL AV UNDERVISNINGSTRATEGI	22

Del 2

ELEVUPPGIFTER

ÖVERSIKT	25
UPPGIFTER	27
1 Hur få lampan att lysa?	27
2 Hur ser lampan ut inuti?	31
3 Goda och dåliga ledare	32
4 Strömbrytare	34
5 Elektriska pussel	38
6 Lamphållaren	40
7 Baklyset	42
8 Trappkopplingen	43
9 Strömmodeller	44
10 Snöanalogin	47
11 Motstånd	49
12 Systemtänkande – en ändring lokalt påverkar omedelbart hela kretsen	51
13 Flera lampor och ett batteri	53
14 Spänning	56
15 Lampor och batterier i olika kretsar	59
16 Tekniska utmaningar	62

NOTER	63
REFERENSER	64
BILAGA 1. Några frågor om lampor och batterier	65
BILAGA 2. Materiel för arbete med likströmskretsar	71
BILAGA 3. Hur går strömmen i kretsen?	73
BILAGA 4. Lampan och motstånden	74
BILAGA 5. Hur lyser lamporna?	75
BILAGA 6. Frågor om fyra elkretsar	76

FÖRORD

Ärade läsare!

Du har nu framför dig ett nummer av skriftserien 'Ämnesdidaktik i praktiken – nya vägar för undervisning i naturvetenskap'. Dess hemvist är Enheten för ämnesdidaktik vid Institutionen för pedagogik och didaktik. Närmare bestämt är det lärare och forskare vid avdelningen för naturvetenskap som står bakom den nya serien, som är en fortsättning på de tidigare 'Elevperspektiv' och 'Naspektrum'. Huvudambitionen är att lämna bidrag till utveckling av naturvetenskaplig undervisning och lärarutbildning i Sverige. Vi vill förbättra lärarnas möjligheter att bedriva en undervisning som är intresseväckande, intellektuellt utmanande men begriplig och som leder till varaktiga kunskaper. Vi bedömer att den ämnesdidaktiska forskningen har goda möjligheter att göra detta under förutsättning att dess resultat på olika sätt omsätts i praktiken. Det har hittills varit lite så och så med den saken, och därför hoppas vi att 'Ämnesdidaktik i praktiken' skall göra forskningsresultat både intressanta och användbara för praktiserande lärare och lärarutbildare.

Men titeln 'Ämnesdidaktik i praktiken' uttrycker inte bara att forskningsresultat omsätts i undervisning. Ämnesdidaktiskt kunnande skapas också av läraren i hans/hennes praktik. Vi betraktar de båda sammanhangen för kunskapsbildning som komplementära. Yrkespraktik och vetenskap kan med andra ord stödja varandra, och vi strävar därför efter utbyte och samverkan.

Detta nummer i serien är ett exempel på vår 'filosofi' angående hur en lärarhandledning kan vara utformad för att stimulera till utveckling av undervisning. Först kommer en redovisning av den ämnesdidaktiska kunskapsbas, på vilken undervisningen vilar. Viktiga inslag i denna bas är forskningsresultat angående elevers föreställningar om elektriska kretsar, liksom motiv för att undervisa om dessa. Sedan följer ett antal elevuppgifter som exempel på hur kunskapsbasen kan omsättas i praktiken. Förslagen skall uppfattas som exempel på hur man kan nå olika mål, inte som recept som skall följas. Ambitionen med handledningen är att den skall vara en rik grund för reflexion och fortsatt kunskapsbygge på den egna skolan.

Mölndal i oktober 2003

Björn Andersson
redaktör

DEL 1

*DEN ÄMNESDIDAKTISKA
KUNSKAPSBASEN*

Elkretsar är en 'klassiker' i skolans undervisning från tidiga åldrar och uppåt. Vilka är skälen till denna status, kan man undra? Vilka mål är lämpliga i olika åldrar? Dessa frågor behandlas inledningsvis, varefter följer en översikt över vanliga elevföreläsningar om hur elkretsar fungerar. Sedan ges ett exempel på elevers spontana analogitänkande då de försöker förstå hur en elkrets fungerar, varefter några undervisningsstrategier diskuteras. Uppgifter för att undersöka elevers tänkande om elkretsar ingår i enheten.

KICKIS INSIKT

En kollega berättar följande: För ett antal år sedan kom jag till en stimulerande insikt. Under ett par timmars tid hade då mina två syskonbarn intensivt suttit och arbetat med att koppla elektriska kretsar. Lampor i olika kretsar tändes och släcktes med hjälp av diverse strömbrytare. Kretsarnas utseende växlade i oändlighet. Barnens fantasi kom i rörelse. När vi senare på kvällen satte oss i bilen för att åka hem, klev 12-åringen in bredvid mig i framsätet. Han hade nätt och jämnt satt sig förrän han hävde sig från sätet igen. Så satte han sig på nytt för att strax efter resa sig igen. Detta pågick flera gånger samtidigt som han fixerade signallampan framför sig: Fasten seat bealts. 'Det måste vara en strömbrytare i sitsen', konstaterade han. 'Och den fungerar kanske som tjuvlarinet, fjädern under mattan gjorde. Någoting går ihop när man sätter sig. Och det finns ju ett batteri i bilen. Och så lampan och en strömbrytare.' Javisst. Sedan funderade han över hur strömbrytaren i bilbältets fäste kunde vara utformad, eftersom signallampan slocknade när han låste bältet.

Vid samma tillfälle kommenterade 10-åringen bakrutans defroster: 'Tänk vad känslig den tråden är! Om den går sönder på ett ställe, så fungerar den inte längre. För tråden är ju kopplad till batteriet direkt med bara en strömbrytare emellan.' Javisst. Om defrostern bestått av en enda lång glödtråd, skulle kretsen brutits vid skada. (Nu vet jag att den i stället bestod av en mängd parallellkopplade glödtrådar. Det såg jag, för ett par fungerade ej och var alltså skadade.) Men 10-åringens resonemang var helt riktigt. Om defrostern bestått av en enda tråd, så

skulle den varit mycket sårbar. Det var kanske just därför som den utformats med parallella trådar.

Varför kommenterade båda pojkarna dessa fenomen just då? De hade ju åkt i bilen massor med gånger, men då inte reagerat på detta. Min förklaring är, att med de intellektuella verktyg som de skaffat sig i arbetet med de elektriska kretsarna (öppen och sluten krets, strömbrytare) gick de ut i sin gamla omvärld och såg den på ett nytt sätt. Det är precis så, som jag önskar att undervisning skulle fungera! Det var det jag insåg!

VARFÖR UNDERVISA OM DEN ELEKTRISKA KRETSEN?

REFLEKTERA OCH DISKUTERA!

Fundera först över vilka skäl du kan tänka dig att ha för att undervisa om den elektriska kretsen. Diskutera också gärna med någon kollega/studiekamrat. Ta sedan del av och granska argumenten nedan.

Det finns forskare¹ som menar, att man kan närma sig naturvetenskapen via två olika ingångar. Man kan gå in genom 'det redan färdiga', (the ready made), dvs. genom naturvetares vedertagna teorier och man kan gå in genom 'teorier i vardande' (science in the making) och möta fenomenen direkt, med egna teorier som ännu inte är färdiga, och utveckla dessa vidare i samspel med kamrater och lärare.

Att använda den första ingången när det gäller elkretsar kan innebära att bjuda in eleverna att ta del av hur Ohm tänkte och lära sig se kretsarna med hans ögon, dvs. förstå Ohms lag. Att bjuda in eleverna genom den andra ingången skulle kunna vara att se till att eleverna bjuder på sitt eget tänkande om elektriska kretsar, jämför med kamraters, med lärarens och också med Ohms. Detta betyder att elevernas eget tänkande om elektriska kretsar värdesätts och får vara en utgångspunkt. Ellära är ett särskilt bra område för att praktisera den andra ingången. Eleverna kan i samtal med varandra och läraren verkligen bygga tankemodeller. När elever arbetar med området kan de lätt variera betingelser, utifrån sina teorier formulera många olika frågor, ställa hypoteser, hitta på egna försök för att testa sina hypoteser, få svar inom några minuter och arbeta på med ett undersökande arbetssätt. Få ämnesområden har med så enkla medel dessa fördelar, och detta är ett skäl så gott som något att ta upp elektriska kretsar.

Det finns också andra skäl. Ett är den stora betydelse den elektriska kretsen har i vårt samhälle idag. Tänk dig ditt hus utan elektricitet! Vi tar elektriciteten för given och har svårt att leva utan den, samtidigt som den inte funnits i vårt samhälle i mer än cirka hundra år. Omvänt kan en elallergiker knappast hitta en enda plats i vårt land att leva på, som är fri från de elektriska och magnetiska fält som utbreder sig i rummet och har sitt ursprung i antenner och elledningar. Eftersom el är en del av vår vardag, kan kunskap om hur man klarar vissa enkla ting inom området öka självkänslan. Detta är viktigt speciellt för flickor, eftersom deras spontana aktiviteter utanför skolan sällan handlar om el. Att lära sig bemästra viss elteknik kan öka självförtroendet och samtidigt skapa mer teknikvänliga attityder.

Skolämnet fysik hamnar ofta lågt i popularitetsundersökningar angående vilket skolämne som är roligast. Eleverna brukar emellertid tycka att det är både spännande och intressant att arbeta med elektriska kretsar enligt andra ingångens modell, varvid de utvecklar både sitt kunnande om ämnesinnehållet och om arbetsprocessen. Denna möjlighet att bättra på fysikens något skamfilade 'image' är ett utmärkt skäl till att låta området ingå i undervisningen.

INNEHÅLL OCH PROCESS

Då man planerar, genomför och utvärderar undervisning brukar man skilja på innehåll och process. Beträffande den elektriska kretsen är innehåll t. ex. begreppen öppen och sluten krets, liksom ström, spänning och resistans. Process avser det man gör med innehållet. Det kan vara fråga om att välja ett system för en undersökning, kontrollera variabler, eller formulera en modell och testa denna genom att pröva förutsägelser med experiment.

Distinktionen innehåll - process kommer till uttryck i att man skiljer på mål för innehåll och processmål. Denna skillnad är en tankekonstruktion. I undervisningen och lärandet hänger process och innehåll nära samman.

Innehållsmål för området elkretsar

REFLEKTERA OCH DISKUTERA!

Vilka kan då de innehållsliga målen för området elektriska kretsar vara? (Vi begränsar oss till likströmskretsar.) Jämför och granska kritiskt mål i din skolas lokala arbetsplaner med dem som följer. Vilka hör till skolår 5 respektive skolår 9? Vilka kan tänkas vara mål att sträva mot respektive mål att uppnå?

På basis av såväl beprövad erfarenhet och på forskning om elevers tänkande föreslås följande mål:

Eleven skall

- 1 inse att en lampa, ett batteri, en ledningstråd, såväl som varje annan elektrisk komponent är tvåpolig, dvs har en 'ingång' och en 'utgång' och att strömmen passerar genom komponenten i en sluten krets.
- 2 förstå kortslutningens idé. Om en god ledare (en ledningstråd) kopplas direkt från pol till pol på ett batteri, skapas en 'motorväg' för ström mellan polerna. Batteriet arbetar på högsta effekt, blir varmt och tar snart slut.
- 3 föredra att använda en cirkuleringsmodell för strömmen i den slutna kretsen i stället för till exempel en idé om mötande, motsatta, krockande strömmar.
- 4 förstå hur en lampa ser ut inuti, dvs. inse att glödtråden måste utgöra en del av kretsen och att en tillräckligt stor ström måste passera glödtråden för att lampan skall kunna lysa.
- 5 kunna identifiera elektriskt ledande material och skilja dessa från material som inte leder ström (isolatorer) genom att använda en krets som en 'kretsprovare' samt inse att för att en krets skall betraktas som sluten behövs en väg av ledande material runt hela kretsen.
- 6 se den elektriska strömmen som en ström av elektroner, där elektronerna är en del av det material som ledningarna är gjorda av. Ström förbrukas inte, den bara hålls igång av batteriet. Lätt rörliga elektroner finns i ledande material antingen de är inkopplade i en elektrisk, sluten krets eller inte. Men för att batteriet skall kunna ge fart åt elektronerna måste det finnas en ledande sluten väg från ena polen till andra på batteriet.
- 7 förstå skillnaden mellan ett elektriskt ledande material och ett isolerande material på partikelnivå, där skillnaden kan förklaras av hur mycket energi som krävs för att flytta elektroner (alt. andra laddade partiklar).
- 8 känna igen den slutna kretsen i olika utföranden och sammanhang.
- 9 se en lampas glödtråd som ett hinder i kretsen som begränsar strömstyrkan. Två lampor i serie utgör ett större hinder än en lampa och begränsar strömmen mera osv. Batteriet driver runt allt mindre ström ju större hinder som finns i kretsen. Hur stor strömmen blir beror alltså på vilka kretselement som är inkopplade. Batteriet är med andra ord inte en konstant strömgivare.
- 10 kunna identifiera serie- och parallellkopplade kretsar och förutsäga hur lampor lyser i förhållande till varandra när de är inkopplade på olika ställen.
- 11 jämföra olika stora hinder och kunna resonera kvalitativt om hindrens betydelse för strömstyrkan genom dem. Igenkänna kortslutna kretsar.

- 12 skilja på energi och ström, och förstå att begreppet ström behövs för att förklara den elektriska energiöverföringen. Ström är laddade partiklar (materia) i rörelse. Rörelsen orsakas av batteriet, som ger energi åt partiklarna (rörelseenergi), som i sin tur överför energi till olika delar av kretsen.
- 13 betrakta kretsen som ett system, inse att hela kretsen påverkas så gott som momentant av en liten förändring någonstans i densamma, och förstå att sekvenstänkande kan leda fel (först kommer strömmen hit, då händer detta, sedan går strömmen dit, då...).
- 14 använda begreppet spänning för att förutsäga hur lampor lyser i en krets.
- 15 skilja på spänning och ström, och inse att ström orsakas av spänning. Spänning finns mellan polerna på ett batteri. Dess storlek står tryckt på batteriet, t.ex. 1,5 volt (V). Ett stort batteri innehåller mera energi än ett litet med samma spänning.

Processmål

REFLEKTERA OCH DISKUTERA!

Förslag till mål när det gäller arbetsprocessen, som vi tycker är särskilt lämpliga att utveckla med hjälp av ellära, följer nedan. Vad anser du om förslaget? Är det realistiskt? Är det något du tycker är särskilt viktigt? Vad vill du lägga till eller ändra?

Följande processmål för området elkretsar föreslås.

Eleven skall

- 1 kunna hitta på experiment för att testa sina idéer.
- 2 bygga förklaringsmodeller och inse att varje modell har sina möjligheter och sina begränsningar.
- 3 utforma rättvisa försök, dvs. inse att alla variabler utom den man undersöker måste hållas konstanta.
- 4 använda sin fantasi för att variera experiment eller för att hitta på förklaringar.
- 5 bli medveten om att kunskaper om elektriska kretsar kan användas till att förutsäga och förklara.
- 6 känna att självförtroendet stärks genom att bättre och bättre klara av uppgifter.
- 7 vara beredd att revidera hypoteser som inte stämmer med verkligheten.

ATT MÖTA ELEVERNA DÄR DE ÄR

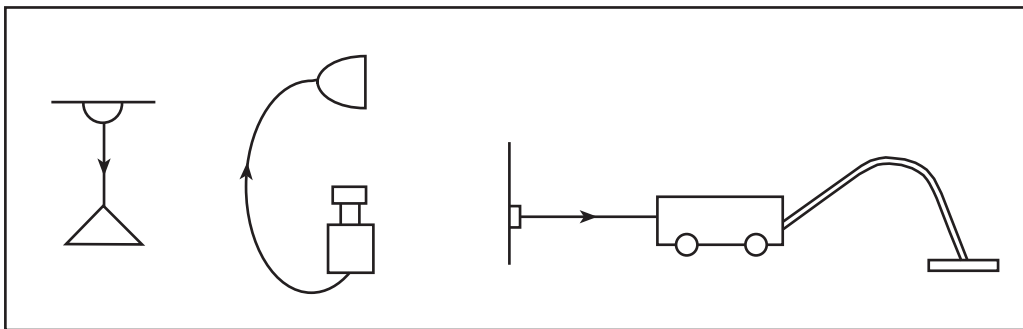
Elevers föreställningar om el-kretsar

Det är viktigt att eleven blir medveten om sitt spontana tänkande angående ett visst innehåll. Då kan han eller hon se skillnader mellan sitt eget sätt att tänka och andras, ifrågasätta sin egen tankemodell och kanske också testa den med experiment. Lika viktigt är att läraren känner till elevens sätt att tänka om ett givet innehåll. Till en lärares arbete hör ju att, så långt som möjligt, för varje elev välja ut de lämpligaste arbetsuppgifterna och frågeställningarna, dvs. de som hjälper eleven att komma vidare i sitt tänkande.

När det gäller elkretsar resonerar elever ofta med hjälp av en så kallad källa-förbrukarmodell. De brukar också tänka i sekvenser med hjälp av en sekvensmodell. Ström tenderar att vara elevernas primära förklaringsbegrepp. Spänning uppfattas som en egenskap hos, eller konsekvens av, ström. Detta är i motsats till elläran, enligt vilken spänning är det primära och ström något som orsakas av att det finns en spänning. Dessa olika sätt att tänka förklaras närmare nedan.

Källa-förbrukarmodellen – en vardagsteori om elektricitet²

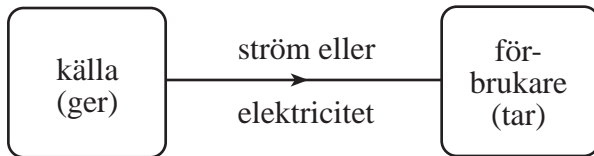
Den som iakttar elektriska apparater i vardagslivet kan ofta se att det går en sladd till var och en. Lampan i taket, lyktan på cykeln och dammsugaren på golvet är några exempel. Det ligger nära till hands att tänka sig, att det överförs något från uttaget i väggen respektive dynamon/batteriet genom sladden till apparaten ifråga. Om man förutom att iaktta också lyssnar på olika uttryck i dagligt tal, så kan man lätt dra slutsatsen att detta något är ström eller elektricitet och att det förbrukas. Folk säger ju t. ex.: 'Slösa inte med strömmen!' 'Vad dyr strömmen är!' 'Vi måste hålla nere elförbrukningen.'



Figur 1. Elektriska system i vardagslivet.

Med dessa erfarenheter som grund är det naturligt att konstruera en källa-förbrukarmodell för elektriska fenomen i vardagslivet. Vägguttagen betraktas som strömkällor, liksom batterier av olika slag. Stora batterier innehåller mycket ström, små lite. Om man förbinder en källa med en elektrisk apparat, så ger källan ström till apparaten, som förbrukar densamma, helt eller delvis. Man kan också

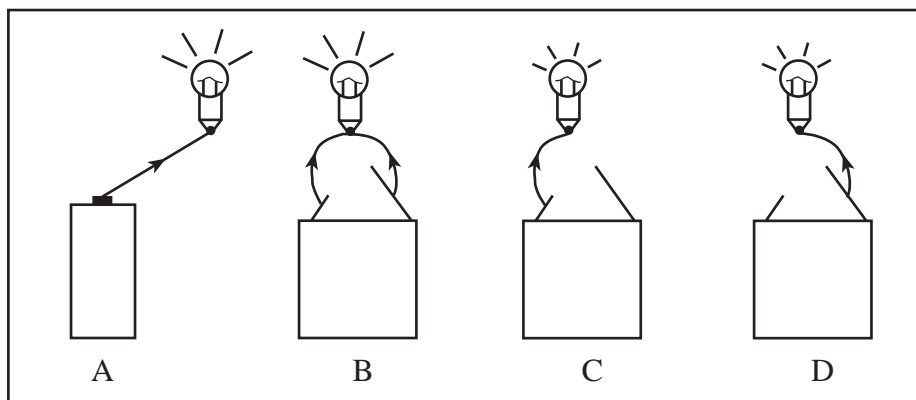
säga att förbrukaren tar ström från källan. Bara vissa ämnen - metaller - leder ström. Och det måste vara kontakt mellan källa och sladd, respektive sladd och förbrukare. Den nu beskrivna vardagsteorin sammanfattas i figur 2 nedan.



Figur 2. Källa - förbrukarmodellen.

Begreppet spänning, som förklarar varför en ström sätts igång, tycks inte behövas i denna teori. Ström eller el uppfattas som något som finns i batterier och andra källor, och det är lika naturligt för t. ex. batterier att avge ström som det är för sockerdricka att rinna ur en flaska om betingelserna är de rätta. Det naturliga behöver ingen närmare förklaring.

Låt oss nu fundera över vilka förutsägelser angående lampor och batterier man skulle kunna tänkas göra med hjälp av källa - förbrukarmodellen. Hur skall man t. ex. ansluta en lampa till ett batteri så att lampan lyser? Om det gäller ett cylindriskt batteri, så kopplar man sannolikt som i figur 3A. Den lilla knoppen är den enda del på batteriet som sticker ut, och är därför en naturlig kontaktpunkt. Beträffande lampan, så menar eleverna att gängorna är endast till för att skruva fast lampan i en hållare. Återstår därför att koppla till lampknoppen! På ett platt batteri verkar det finnas två ställen att få ström ifrån. Det ligger nära till hands att koppla som i figur 3B. Kanske man tror att det lyser svagare om man ansluter som i 3C och 3D.

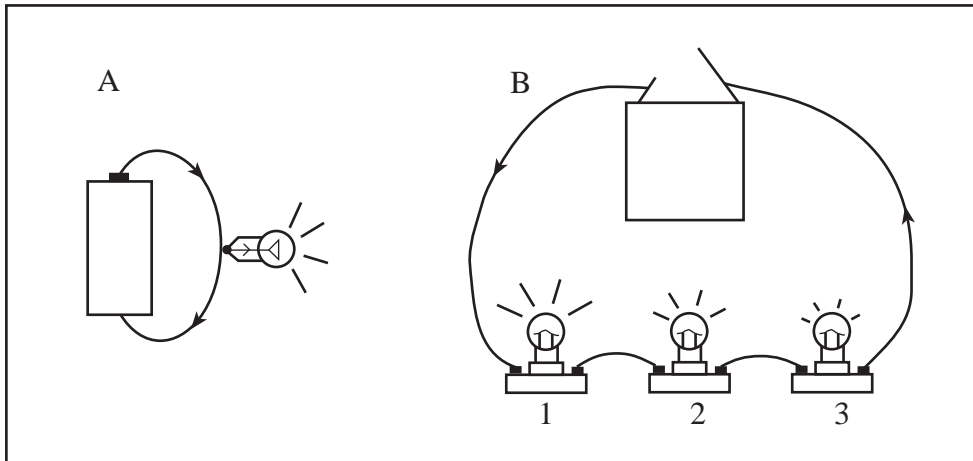


Figur 3. Exempel på förutsägelser utifrån källa-förbrukarmodellen. (I verkligheten lyser ingen lampa.)

Om nu en elev i skolan lärt sig att ett batteri är tvåpoligt och att strömmen går runt, så kan han eller hon likväl använda källa-förbrukarmodellen. Exempelvis

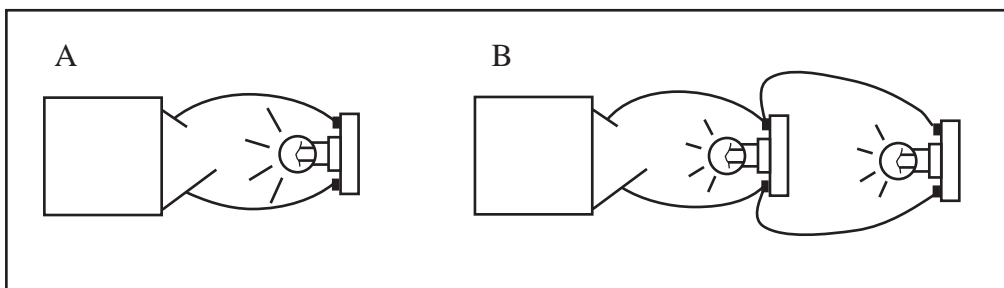
kan han tänka sig, att lampan i figuren 4A lyser, eftersom ström tappas av via lampknoppen.

Också elever som har klart för sig att alla kretselement är tvåpoliga kan använda källa-förbrukarmodellen. Om flera lika lampor kopplas (tvåpoligt) i serie, som i figur 4B, så kan nämnda modell leda till förutsägelsen att lampa 1 förbrukar ström. Lampa 2 får då mindre ström, och lyser svagare. Lampa tre lyser ännu svagare. Ett alternativ är att tänka sig, att lamporna 'delar på strömmen'. De tar en tredjedel var och lyser därför lika starkt.



Figur 4. Exempel på förutsägelser med hjälp av källa -förbrukarmodellen. (I verkligheten lyser inte lampan i A, och lamporna i B har samma ljusstyrka, förutsatt att de är lika.)

Beträffande parallellkoppling kan man göra förutsägelsen att lamporna i figur 5B lyser svagare än lampan i 5A. (Lamporna antas vara lika.) Många elever menar att ett givet batteri alltid och oberoende av hur kretsen ser ut, ger ifrån sig samma mängd ström. Om det är två lampor så måste de 'dela på denna ström', och lyser därför svagare.



Figur 5 Exempel på förutsägelse med hjälp av källa-förbrukarmodellen – parallellkoppling. (I verkligheten lyser lamporna i B lika starkt som den i A.)

Sekvenstänkande

Då en glödlampa kopplas med ett par sladdar till ett batteri, så uppstår utomordentligt snabbt ett elektriskt fält i kretsen. Metallatomernas lättroliga yttre elektroner längs kretsen känner av det elektriska fältet så gott som samtidigt, och börjar röra sig mot fältriiktningen. Men elektronkollektivets rörelse är ganska långsam. Det är fråga om bråkdelar av millimeter per sekund (elektronernas s.k. drifhastighet).

Elektronkollektivet skulle kunna betraktas som en nästan inkompressibel vätska vilket betyder att en förändring på ett ställe omedelbart märks i hela kretsen. Om man t. ex. ökar motståndet någonstans i kretsen, så inställer sig ett nytt stationärt tillstånd mycket snabbt. Strömmen minskar praktiskt taget samtidigt i hela kretsen.

Det sagda innebär att man måste beakta hela kretssystemet om man vill förutsäga och förstå vad som händer då man gör en lokal ändring. Detta systemtänkande försvåras av djupt rotade vanor att analysera förlopp i linjära sekvenser, vilket med önskvärd tydlighet framgår av flera undersökningar. Här följer några exempel.

R1 och R2 är två motstånd som kan öka eller minska.

a) Om R1 *minskas*, kommer ljusstyrkan på lampan att

öka minska

vara oförändrad?

Förklara hur du tänkte!

b) Om R2 *minskas*, kommer ljusstyrkan på lampan att

öka minska vara oförändrad?

Förklara hur du tänkte!

c) Om R1 *ökas*, kommer ljusstyrkan på lampan att

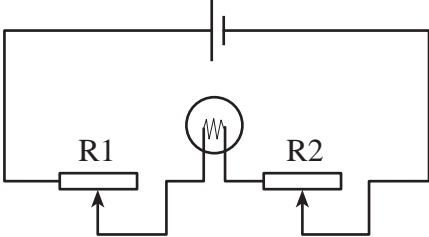
öka minska vara oförändrad?

Förklara hur du tänkte!

c) Om R2 *ökas*, kommer ljusstyrkan på lampan att

öka minska vara oförändrad?

Förklara hur du tänkte!



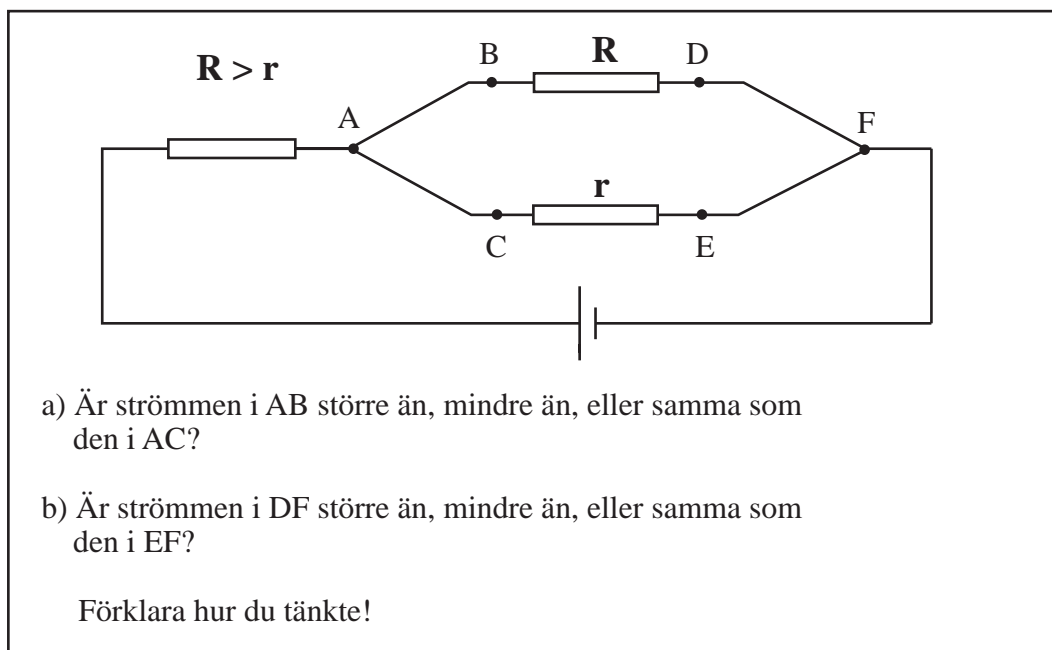
Figur 6 'Före och efter'. Testuppgift i ellära.

Problemet i figur 6 har getts till 230 engelska elever, 12-16 år gamla.³ De har alla fått undervisning i ellära. Eleverna tänker sekventiellt. Strömmen påverkas i tur och ordning av de kretselement den träffar på. Om en förändring görs i ett givet element, så påverkas strömmen först när den kommer fram till detta element. Med andra ord kan man säga, att en förändring på ett ställe i kretsen har konsekvenser nedströms, men inte uppströms.

Andelen elever i undersökningen som använder sekvensmodellen ökar från cirka 35% till 75% mellan 12 och 14 års ålder, och minskar sedan till 35% i intervallet 14-16 år. Ökningen beror bl.a. på att eleverna överger idén om att det går två motsatta strömmar från plus- respektive minuspol, till förmån för en cirkulerande strömmodell, som används sekventiellt.

Shipstone⁴, som gjort den engelska studien menar, att det finns två skäl till att eleven inte konserverar ström. Det första är att källa-förbrukarmodellen tillämpas. Ström konsumeras i t.ex. en lampa, och därför minskar den. Det andra skälet är att sekvensmodellen används. Lampan förbrukar inte ström, men påverkar den så att den går långsammare. Man kan givetvis tala om sekvenstänkande i båda fallen, och i praktiken är det svårt att skilja dem åt. Shipstone lägger emellertid den mer preciserande innebörden 'påverkan men inte förbrukning' i sin 'sekvensmodell'.

Sekvenstänkande har också studerats i en belgisk undersökning.⁵ Ett testproblem visas i figur 7.



Figur 7 'Grenledningen'. Testproblem i ellära.

Problemet har getts dels till belgiska gymnasister, som fått grundläggande undervisning om elektriska kretsar, dels till belgiska och franska universitetsstudenter, som haft ytterligare kurser i ellära. Elevsvaren framgår av tabell 1.

Tabell 1. Testuppgift 'grenledningen'. Procentuell fördelning av elevsvar på olika kategorier.

SVARSKATEGORI	gymnasium fysikkurs n=47	universitetet, fysikkurs	
		1:a året n=52	2:a året n=59
AB < AC och DF < EF (rätt svar)	36	57	76
AB = AC och DF < EF (sekvensmodell)	51	37	15
Övrigt	6	4	9

Så här lyder ett par typiska exempel på sekvenstänkande:

- I AB och i AC är det inte möjligt att se skillnaden mellan R och r.
- Det finns ingen anledning för strömmen att vara större i A-B eller A-C, eftersom ingen resistans inverkar

Spänning

Som förklaring till att en ström uppstår i en ledningstråd kan man säga antingen att det finns ett elektriskt fält i tråden eller att det råder en potentialskillnad. Fältstyrka och spänning är med andra ord att betrakta som mer primära begrepp än ström. En spänning eller ett elektriskt fält kan existera utan att det finns någon ström, men ger upphov till en sådan om det finns rörliga laddningar i fältet.⁶

För eleverna är emellertid ström det primära begreppet. Spänning ses som en egenskap hos, eller en konsekvens av, ström. I en undersökning fick tyska elever ta ställning till ett antal påståenden.⁷ Om de håller med svarar de ja, om inte nej. Tre påståenden gällande ström och spänning, och svar från olika elevgrupper redovisas i tabell 2. Grupp 1 är 400 elever från åk 8, (13-15 år). Grupp 2 är 36 blivande fysiklärare, som studerar fjärde eller femte terminen vid universitet och grupp 3 tio experter, dvs. fysiker eller erfarna fysiklärare.

Tabell 2. Håller du med om påståendet? Procentuell fördelning av elevsvar på 'ja' och 'nej'.

	elever 13-15 år		läarstud		fysiker	
	ja	nej	ja	nej	ja	nej
1. Spänning kan finnas även om det inte finns någon ström.	25	64	94	6	100	0
2. Spänning är intensiteten eller kraften hos strömmen.	36	54	6	94	0	100
3. Spänning är en del av strömmen.	72	22	11	89	0	100

Tabellen visar att det är vanligt att elever tänker sig att spänning är en del av, eller egenskap hos, eller identisk med ström, och att ström och spänning uppträder tillsammans.

I en annan undersökning framhålls att elevernas strömbegrepp har energikaraktär.⁸ Strömmen kan lagras, transporteras och transformeras. Den kan också förbrukas, i analogi med att olja och bensin förbrukas. Den här uppfattningen kallas 'the energy-view', i kontrast till skolfysikens 'U/I/R-view'.⁹ I undersökningen ingick såväl intervjuer som ett skriftligt test vid vilket elevernas uppgift var att avgöra om ett antal påståenden var sanna eller falska. En del av testets felaktiga påståenden hämtades från intervjuerna. Testet har bl. a. getts till cirka 100 västtyska elever före, och 100 franska elever efter, undervisning om U/I/R-modellen. Resultaten skiljer sig inte särskilt mycket åt mellan grupperna. Så t. ex. instämmer nästan 90% av eleverna i påståendet 'Lampan förbrukar den elektriska strömmen'. Cirka 80% håller med om att 'Spänning och ström alltid finns samtidigt'. Mindre än 20% tycker att 'Lampan hindrar den elektriska strömmen', och cirka hälften anser att det finns ström i de sladdar som går till en tom lampsockel i taket.

De studier som gjorts angående spänningsbegreppet kan sammanfattas med följande uttalande:¹⁰

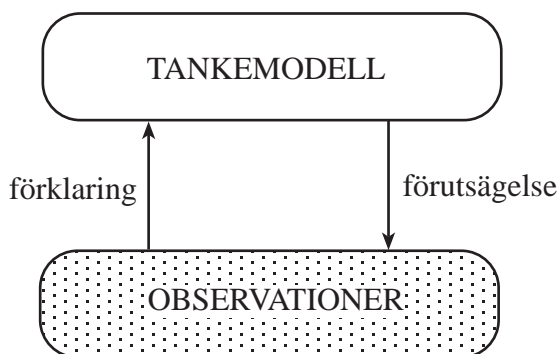
Ström är det primära begrepp som används av eleverna, under det att potentialskillnad betraktas som en konsekvens av strömmen, inte dess orsak. Vi tänker oss att potentialskillnad är det primära begreppet eftersom det orsakar en ström. Trots att en avsevärd tid läggs ner på att undervisa om potentialskillnad i skola och på universitetet, så hävdar vi att många elever inte förstår dess centrala roll, utan tänker sig att ström är det primära begreppet. Ett möjligt botemedel är att introducera halvkvantitativa modeller eller analogier som förklarar att källans roll inte bara är att avge energi utan också att 'skjuta på' laddningar med ett visst 'tryck'.

UNDERSÖK, REFLEKTERA OCH DISKUTERA!

I Bilaga 1 har vi sammanställt sju frågor om elektriska kretsar. Med dessa frågor kan du undersöka i vilken utsträckning dina elever använder de modeller som beskrivits ovan. Använd frågorna som diagnos före undervisningen, som prov eller som utvärdering av långsiktig behållning. Sammanställ resultaten och diskutera dem med kollegor/kurskamrater.

Modelltänkande – en central naturvetenskaplig process

En central naturvetenskaplig process är att formulera modeller och testa dessa genom förutsägelser som prövas mot verkligheten. En modell kan också prövas genom att man undersöker om den kan förklara tidigare gjorda iakttagelser. Då man ägnar sig åt processen 'modelltänkande' rör sig alltså tanken fram och tillbaka mellan två plan – observation och modell. Se figur 8!

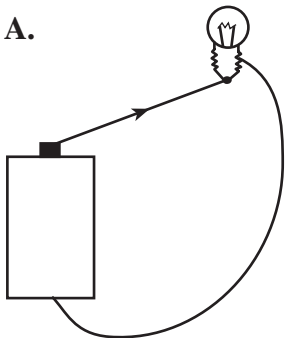


Figur 8. Tankemodell och observationer i växelspel.

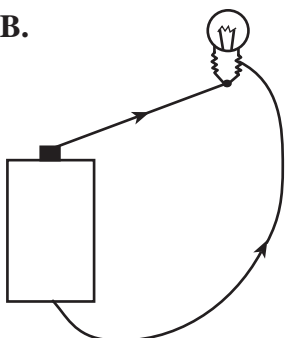
I början av denna enhet framhölls att elkretsar är ett område med rika möjligheter både att formulera egna modeller och att snabbt testa dessa med experiment. Här följer ett exempel på vad detta kan innebära i praktiken.

Det är fråga om en grupp med 14-åringar som fick en överraskande möjlighet att utveckla sitt tänkande från en källa-förbrukarmodell mot en 'hindermodell' för elström, genom att de själva skapade en analogi, som användes för att förutsäga och förklara vad som händer i olika kretsar.¹¹ Upptakten var följande uppgift, som läraren gav:

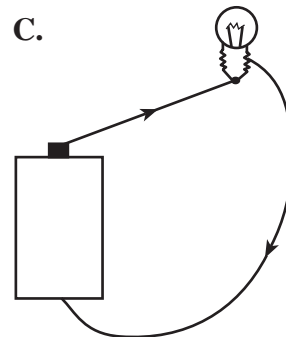
Ett batteri är kopplat till en glödlampa så som bilderna visar. Vilken bild anser du bäst beskriver den elektriska strömmen?

A. 

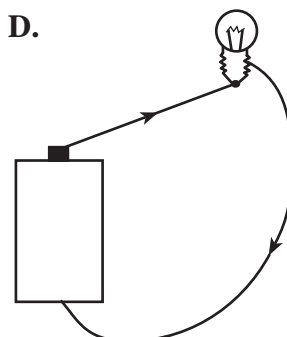
Det är ingen ström i tråden som är kopplad till batteriets undersida.

B. 

Strömmen går mot lampan i båda trådarna.

C. 

Strömmens riktning är som på bilden. Men det är mindre ström i tråden som går tillbaka till batteriet

D. 

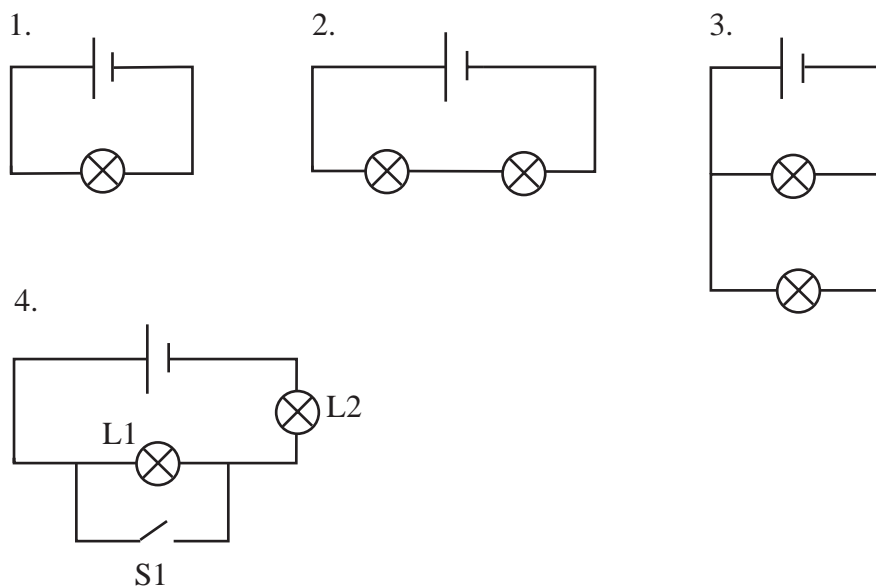
Strömmens riktning är som på bilden. Strömmen är lika stor i båda trådarna.

Figur 9. Elevuppgift

Eleverna valde modell och fick sedan testa den genom att koppla upp kretsen och med hjälp av en amperemeter mäta strömstyrkan i de olika ledningarna på vardera sidan av lampan. När amperemetern visade lika på båda sidor utmanades vissa modeller. Eleverna tog detta på olika sätt. De flesta tyckte det var konstigt. Någon undrade hur batteriet då kunde ta slut. Några tycktes acceptera sitt mätresultat och sökte sig då till modell D, men övergav den senare. Några räddade kvar sina egna modeller genom att förklara att D var en bra modell för naturvetare, medan de själva föredrog en annan modell!

I arbetet med att försöka lösa den konflikt eleverna befann sig i förberedde läraren presentation av ett par analogier, bl. a. en vattenanalogi.¹²

Innan läraren hunnit presentera någon analogi föreslog en elev: 'Det är som en vagn som kör kol. Den lastar av, sen åker den tillbaka och hämtar mer kol'. Läraren föreslog eleverna att jämföra 'kolvagnsanalogin' med modell D och föreslog att de skulle diskutera en krets med två seriekopplade lampor, sedan en krets med två parallellkopplade lampor och sedan krets 4 nedan.



Figur 10. Kopplingar för eleverna att diskutera

Först frågade läraren vad eleverna skulle se om strömbrytaren S1 var öppen. Nästan alla förutsade att de två likadana lamporna L1 och L2 skulle lysa lika mycket, medan några sa att L2 skulle lysa mer än L1. Kolvagnsanalogin fördes in i samtalet. Eleverna sa att hälften av kolet levererades till den ena lampan och hälften till den andra. Eftersom de två lamporna började lysa samtidigt, undergrävdes idén med en enda kolvagn. Även om denna idé hade sina fördelar föreslog eleverna att det skulle vara bättre att tänka sig ett långt tåg av vagnar. Då skulle alltid någon vagn stanna vid varje lampa och kunna urlastas samtidigt.

Nästa fråga var vad eleverna skulle se, om strömbrytaren S1 slöts. Många förutsade att inte något skulle förändras, många att L2 skulle lysa starkare än L1 och någon att båda lamporna skulle lysa mer. När eleverna sedan undersökte kopplingen i verkligheten (L1 släcktes, L2 lyste starkare än tidigare) såg de att nästan ingen förutsägelse stämde. En elev frågade varför vagnarna inte tog kortaste vägen genom L1. En annan elev sa att det var lättare att gå genom strömbrytaren än genom L1 därför att lampans glödtråd är snurrad och det ger motstånd för vagnarna. Då frågade läraren vad eleven menade med motstånd. Ett svar var att i lampan är en mycket tunn tråd, som gör det svårare för vagnarna att gå genom. En elev frågade om kamraten menade att vagnarna tar den enklaste vägen.

En annan diskussion visade att eleverna använde kolvagnsmodellen med visst självförtroende. En elev hade nämligen frågat läraren varför modell A (den enpoliga) hade visats. En annan elev trodde då att den nog hade någon fördel, därför att energin åker runt och vagnarna kör den. Vagnarna lastar av allt i lampan och kör sedan tillbaka tomma. En annan elev sa då att den ledare som går tillbaka till batteriet i modell A kanske har tomma vagnar i sig. Eleverna framkastade då förslaget att modell A kanske kunde stämma för energi, medan modell D stämde för ström.

Resonemanget för eleverna till tanken att skilja på energi och ström och också att se en lampas glödtråd som ett hinder i kretsen.

REFLEKTERA OCH DISKUTERA!

Diskutera elevernas behållning av en undervisningssituation som den ovan beskrivna. Tycker du att de lär sig något? Vad i så fall? Är elevernas intuitiva idé om kolvagnar en tillgång i undervisningen? Ser du några problem med att använda kolvagnsanalogin?

VAL AV UNDERVISNINGSTRATEGI

Det är läraren som skapar miljöer för lärande. Ett inslag i en sådan miljö kan vara att diskussioner uppmuntras och att olika synpunkter får komma till tals. På det sättet stöds eleverna att utveckla sina förklaringsmodeller. Om undervisningen ses som en process där våra elever bjuds in att delta i den naturvetenskapliga kulturen, till vilken hör begrepp och förklaringar, är det inte tillräckligt att 'bara' göra experiment. Läraren måste uppmuntra, och vid behov ta initiativ till samtal om och kring dessa experiment. Det är fråga om att öva sig att 'tala naturvetenskap'.

Det är inte helt enkelt att skapa en miljö för lärande, där elever frimodigt bjuder på sina tankar. Det finns en rädsla för att 'säga fel'. Upplever en elev att han/hon har fel kan självförtroendet tvärt emot vad läraren och skolan önskar, minska i stället för att stärkas. Ett sätt att hantera detta problem är att lyfta de tankemodeller eleverna formulerar till en kollektiv nivå. Det gäller att komma på så många olika sätt att tänka som möjligt och bidra till att alla idéer som finns i klassen listas på tavlan för att sedan diskuteras. Det är inte intressant vem som säger vad och inte heller om det som sägs är rätt eller fel i någons ögon. Det viktiga är att olika sätt att resonera blir ett innehåll i undervisningen.

Kognitiva konflikter

Det finns olika undervisningsstrategier för att utveckla elevernas intuitiva tänkande mot ett naturvetenskapligt. En strategi är att använda sig av kognitiva konflikter. Om eleven får möta en frågeställning, där det intuitiva tänkandet inte är användbart, försätts eleven i en kognitiv konflikt och fattar kanske ingenting. På detta sätt antas eleven känna behov av ett nytt sätt att tänka och blir stimulerad att aktivt söka ett sådant. Eleven lyssnar på kamrater, på läraren, läser i böcker, frågar och hittar säkert någon ny idé att 'smaka' på. På detta sätt utökar eleven sin repertoar av förklaringsmodeller och därmed sina chanser att välja en annan och mer användbar modell nästa gång.

Som exempel kan ges en elev som förutsäger att en naken lampa lyser om en oisolerad koppartråd kopplas mellan pluspolen på ett runt batteri och lampans sockelspets. Kanske tänker eleven på hur man brukar ansluta en lampa med en sladd i väggen. När eleven sedan får koppla så, upptäcker han/hon att lampan inte lyser. Först undersöker eleven om möjligen kontakten är dålig, skrapar på ledningen och försöker igen. Sedan är det kanske dags att ta reda på om lampan är trasig eller batteriet slut. Om detta inte är fallet kan eleven uppleva en tankekonflikt, en kognitiv konflikt. Varför går det inte att koppla så? Går det inte att tänka så? I bästa fall blir eleven aktiv i att söka ett annat sätt att tänka.

Om eleven i stället bjudits en lampa i en tydligt tvåpolig lamphållare, ett batteri i en tydligt tvåpolig batterihållare samt två sladdar med banankontakter, som precis passar in i de fyra gapande hålen på hållarna, hade eleven sannolikt genast klarat att få lampan att lysa och inte utsatts för någon kognitiv konflikt. Risken då är att uppgiften varit för enkel, att elevens eget tänkande inte efterfrågats och därför inte heller kunnat utmanas. Lärandet blir då ytligt och några egentliga framsteg mot ett naturvetenskapligt sätt att tänka görs därför inte.

Kognitiva konflikter kan skapa behov hos individen av att hitta andra sätt att tänka. Lärarens roll i sammanhanget är att presentera nya begrepp och förklaringsmodeller och att skapa möjligheter att tillämpa dessa.

Analogier

En annan strategi är att utgå från och bygga vidare på elevernas intuitiva tänkande. Då gäller det för läraren att skapa inlärningssituationer där detta tänkande inte leder till kognitiva konflikter utan tvärtom är användbart. En intressant möjlighet är att använda sig av analogier. Poängen är att man utnyttjar en bas för analogin som eleverna förstår och sedan avbildar denna bas på det system som man inte riktigt begriper. Ett exempel gavs i förra avsnittet, där 14 år gamla elevers tänkande med hjälp av kolvagnsanalogin beskrevs. Här ges ytterligare ett exempel på en analogi som en engelsk lärare introducerat i sin klass, som bestod av 15 elever, 8-9 år gamla.¹³

Snöranalogin

Analogin användes i syfte att försöka få eleverna se skillnader mellan energi och ström samt att se behovet av en ständigt flytande ström för att energiöverföring skall ske.

Läraren började tala med sina elever om vilka idéer de tidigare hade uttryckt om energi. Bland dessa idéer fanns 'energi hjälper oss att göra saker' och 'energi får saker att fungera'. Sedan satte sig eleverna i en ring med ena handen utsträckt. Ett mjukt snöre breddes ut i ringen och knöts ihop, så att det bildade en cirkel. Snöret vilade löst mellan varje elevs tumme och pekfinger. Läraren introducerade 'snöranalogin' och förklarade att händerna representerade ledningen i en elektrisk krets och att snöret representerade strömmen. Själv agerade läraren batteri och såg till att snöret (strömmen) cirkulerade. Läraren inbjöd eleverna att beskriva vad som hände.

Medan snöret cirkulerade framhöll läraren att man inte kan se in i ledningstrådarna i en elkrets. Men genom att undersöka, och resonera om, vad som händer med snöret kan man få idéer om vad som händer inuti elkretsen. Hon jämförde sedan vad som händer i snöromodellen med vad som händer i en krets med lampa, batteri och två ledningstrådar.

Snöret rör sig samtidigt i alla delar av kretsen och samma mängd snöre som lämnar läraren återvänder. Detta motsvaras av att strömmen är densamma i hela elkretsen.

Lärarens hand överför energi till snöret. Om en elev i cirkeln försiktigt sluter fingrarna kring snöret och agerar motstånd så rör sig snöret trögare och denna elev känner att energi överförs till honom/henne genom att handen blev varm. Detta motsvaras av att batteriet är energigivare, lampans glödtråd energimottagare och strömmen något som kopplar över energi från batteri till lampa.

REFLEKTERA OCH DISKUTERA

'Snör-analogin' var innehållet i en lektion i en serie av sex. Genomför gärna 'snöranalogin' i praktiken! Diskutera eventuella värden med att använda en sådan analogi. Vilka möjligheter och vilka begränsningar finns? Under vilka betingelser skulle du kunna tänka dig att använda snöranalogin? Vad tror du presentationen av analogin skulle medföra för utvecklingen av dina elevers förståelse?

DEL 2

ELEVUPPGIFTER

Syftet med elevuppgifterna är att ge exempel på hur den ämnesdidaktiska kunskapsbasen kan omsättas i konkret undervisning. Med hjälp av dessa uppgifter och efterföljande resonemang skall eleverna utveckla sitt tänkande och nå angivna mål. Uppgifterna bygger på de forskningsresultat som redovisats i del 1 och på erfarenhetsbaserat kunnande om hur eleverna brukar resonera om elkretsar och av hur man kan utgå från, och eventuellt utmana, deras vardagsföreställningar. Ett förslag till materiellista ingår.

ÖVERSIKT

I det följande beskrivs sexton uppgifter. De åtta första går i huvudsak ut på att eleverna skall få rika erfarenheter av likströmskretsar och förståelse av innebörden i begreppen sluten och öppen krets. De följande uppgifterna ger eleverna möjligheter att börja bygga upp en intuitiv och kvalitativ förståelse av begreppen ström, spänning och resistans, att skilja på ström och energi och att lära sig betrakta en krets som ett system, i vilket en ändring lokalt omedelbart påverkar hela kretsen.

- 1 Att få en lampa att lysa på så många olika sätt som möjligt med hjälp av ett runt batteri och ledningstråd och samla på alla kopplingar, dvs. rita dem i vilka lampan lyser, men också dem där den inte lyser.
- 2 Att rita en modell av hur en lampa ser ut inuti och fundera på hur denna modell av lampan inifrån stämmer med hur lampan kopplas utifrån.
- 3 Att förutsäga och sedan undersöka olika materials ledande egenskaper.
- 4 Att bygga en strömbrytare och undersöka några färdiga sådana som finns i handeln, samt tillverka en strömbrytare som sluter en krets när en dörr öppnas, t. ex. tänder lampan i ett kylskåp.
- 5 Att undersöka färdiga elektriska pussel och tillverka egna, och i samband med detta diskutera modellbegreppet.
- 6 Att betrakta en lamphållare som ett elektriskt pussel, och rita hur den ser ut i genomskärning.

- 7 Att fundera på hur ett baklyse skall kopplas på en cykel med hjälp av den enda sladd som medföljer vid köpet.
- 8 Att konstruera en 'trappkoppling'.
- 9 Att avgöra vilka av fyra strömmodeller som stämmer bäst med experimentresultat.
- 10 Att använda 'snöranalogin' för att få en bild av hur energi kan överföras i en krets, och för att skilja mellan energi och ström.
- 11 Att bygga en dimmer, att koppla in olika långa bitar motståndstråd (se 'elementtråd' i bilaga 2) i en krets med lampa och batteri genom att använda en glidkontakt, och att undersöka vilka egenskaper ett givet motstånd har.
- 12 Att betrakta en elektrisk krets som ett system, dvs. förstå att en ändring lokalt omedelbart påverkar hela kretsen.
- 13 Att koppla flera lampor till ett batteri på olika sätt så att de lyser.
- 14 Att använda begreppet spänning för att förutsäga hur lampor lyser i givna kretsar.
- 15 Att få erfarenheter av olika kretsar och lära sig känna igen serie- respektive parallellkoppling i olika sammanhang.
- 16 Tekniska utmaningar.

UPPGIFTER

1. Hur få lampan att lysa?

Uppgiften går ut på att få en lampa att lysa på så många olika sätt som möjligt med hjälp av ett runt batteri och ledningstråd, och att samla på alla kopplingar, dvs. rita dem i vilka lampan lyser, men också dem där den inte lyser.

Anmärkning. Ett batteri består av en eller flera elektrokemiska celler. Det vi i fortsättningen benämner 'runt batteri' är ett cylinderformat batteri som består av endast en cell, och som finns i olika storlekar i detaljhandeln.

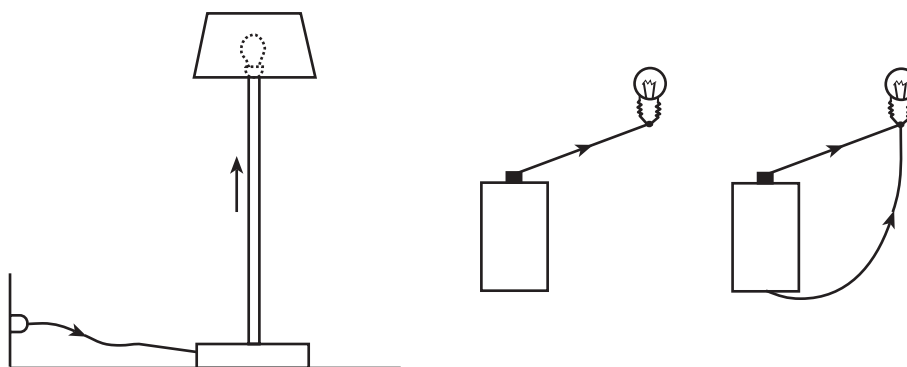
Mål

Eleven skall

- * inse att en lampa, ett batteri, en ledningstråd, såväl som varje annan elektrisk komponent, är tvåpolig, dvs. har en 'ingång' och en 'utgång' och att ström passerar genom komponenten i en sluten krets
- * föredra att använda en cirkuleringsmodell för strömmen i den slutna kretsen i stället för till exempel en idé om mötande, motsatta, krockande strömmar
- * förstå kortslutningens idé. Om t. ex. en god ledare (en ledningstråd) kopplas direkt från pol till pol på ett batteri, skapas en 'motorväg' för ström mellan polerna. Batteriet arbetar då på högsta effekt, blir varmt och tar snart slut

Bakgrund

Som framgått av den tidigare enheten 'Elektriska kretsar' använder många elever en källa-förbrukarmodell då de tänker om elektriska kretsar – ström från batteriet kommer till lampan, vilket gör att den lyser. Strömmen förbrukas och batteriet tar slut. Modellen fungerar i vardagliga sammanhang. För att få en lampa att lysa kopplar man helt enkelt in sladden i väggen.



Figur 11. Tänkande enligt källa-förbrukarmodellen.

Men källa-förbrukarmodellen fungerar inte om man skall få en naken lampa att lysa med hjälp av ett runt batteri. Då måste man tänka i termer av en sluten elektrisk krets. Om man dessutom har en cirkuleringsidé för strömmen kommer tänkandet att vara användbart för de flesta kretsar. Men en del elever tänker sig motsatta, kolliderande strömmar. Plusström från pluspolen och minusström från minuspolen möts i lampan och då blir det ljus, värme etc. (Se vidare uppgift 9!)

Om elever presenteras materiel som är alltför väl tillrättalagt, kommer de inte att utmanas i sitt tänkande. Om de t. ex. får en lampa i en lamphållare, ett batteri i en batterihållare, båda försedda med två tydliga anslutningskontakter samt två sladdar med banankontakter, som exakt passar i hållarna, så löser de omedelbart uppgiften att få lampan att lysa. Om de däremot får en lampa utan hållare, dvs. en naken lampa, ett naket, runt batteri och en ledningstråd, tar det kanske en kvart för dem att få lampan att lysa. De får ett problem och medan de löser detta, kan de lära sig mycket.

Du träffar säkert på elever som redan uppfyller målen. De skulle kunna få en bit lackad koppartråd och uppmanas använda den. Det är i allmänhet en svårighet att dra slutsatsen att den är lackad och därför måste skrapas i ändarna. (Lackad koppartråd är mycket vanligt förekommande i elektriska system, t. ex. elmotorer, generatorer och ringklockor.)

Materiel för varje elevpar

1 glödlampa, ett 1,5V batteri, ledningstrådar samt tillgång till kabelskalare, tejp, gem, krokodilklämmor.

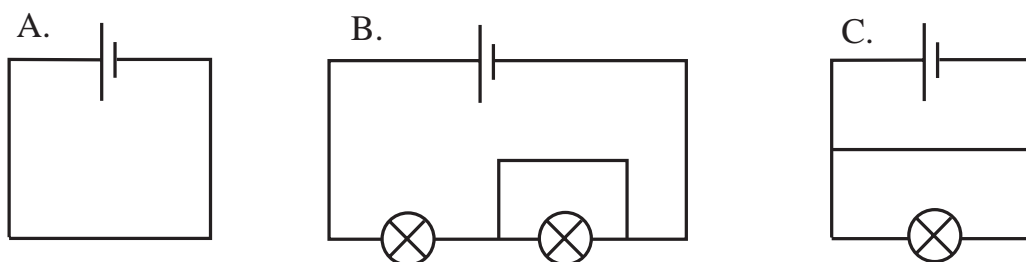
Elevens uppgift

Försök på så många olika sätt som möjligt få en lampa att lysa. Samla på alla kopplingar, dvs. rita kopplingar som får lampan att lysa, men också sådana där lampan inte lyser. Rita upp kopplingarna på tavlan, men bara en av varje sort, så kan diskussionen utgå från dem senare. Allteftersom olika kopplingar växer fram på tavlan kan dessa stimulera andra elevers arbete.

Diskussion

Utifrån de kopplingar som ritats på tavlan och som antas utgöra klassens samlade arbete förs nu en diskussion. Först är det viktigt att ritningarna är tydliga, så alla förstår hur det är kopplat. Sedan kan koppling efter koppling betraktas, kontaktpunkterna ringas in och räknas. Vad har alla kopplingar där lampan lyser gemensamt? Jo, lampan är ansluten i två kontaktpunkter, en vid skruvgången och en vid sockelspetsen. Batteriet är anslutet i två kontaktpunkter, en vid minuspolen och en vid pluspolen. Varje ledningstråd är ansluten i två kontaktpunkter. Slutsats: Varje elektrisk komponent är tvåpolig, dvs. har en 'ingång' och en 'utgång' och i en sluten krets finns det en väg för strömmen att passera genom komponenten.

Vad finns det för tänkbara skäl till att lampan inte lyser? Begreppet kortslutning behöver säkert införas i samband med att denna fråga ställs. Batteriet blir kortslutet om en god ledare förbinder de två polerna utan att något hinder finns emellan (figur 12A). Då arbetar batteriet på högsta effekt. Strömstyrkan i batteriet och den goda ledaren är hög, vilket gör att batteriet blir varmt och tar slut fort. En lampa sägs vara kortsluten om en god ledare är kopplad parallellt med lampan, som i figur 12B. Då rör sig den mesta strömmen 'vägen förbi' och inte genom lampan, vilket gör att lampan inte lyser, trots att den är inkopplad med två kontaktpunkter. Figur 12C visar en koppling i vilken såväl lampa som batteri är kortslutna.



Figur 12. Olika exempel på kortslutning.

Några anmärkningar om kretsdiagram

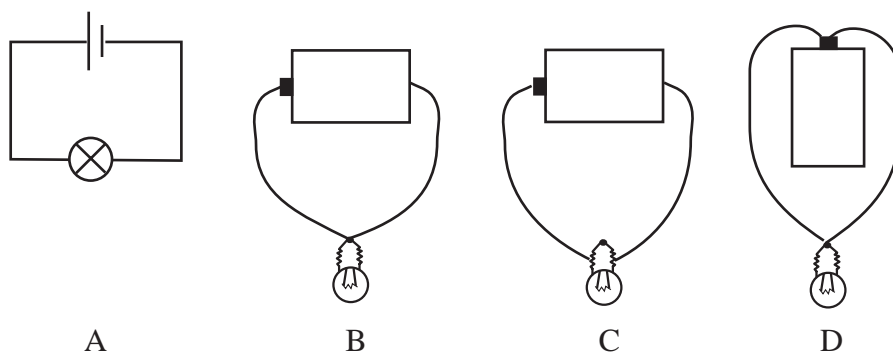
Efter hand som undervisningen om elkretsar fortgår uppstår ett behov av ett enkelt sätt att symbolisera dessa. Läraren kan då introducera gängse konventioner och rita figurer av den typ som visas i figur 12.

Mot den konventionella symbolen för en glödlampa kan man rikta den didaktiska invändningen att krysset associerar till ett avbrott snarare än att lampan har en ingång och en utgång. Vi ser inget principiellt hinder för att läraren i stället väljer en lampsymbol av den typ som visas i figur 13.



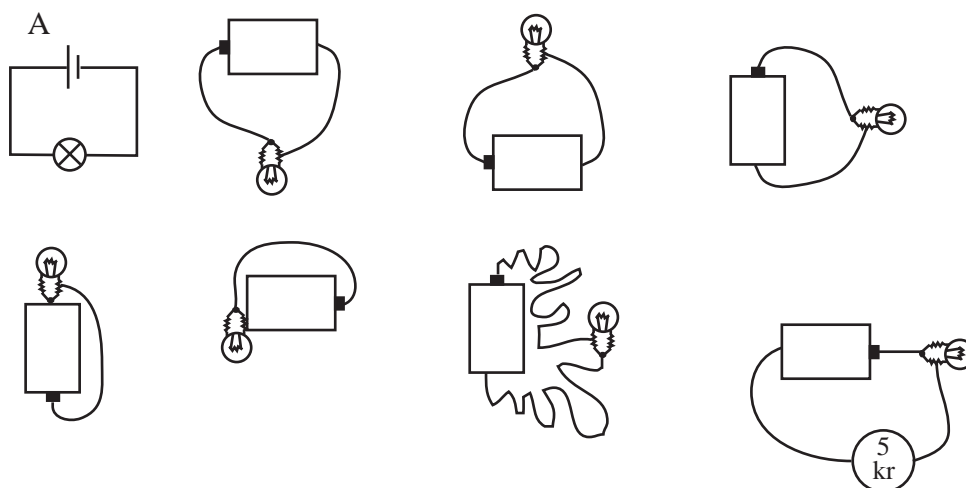
Figur 13. Alternativ lampsymbol.

Att tänka fram och tillbaka mellan kretsdiagram och verklig koppling är ingen trivial process. Ta som exempel figur 4A. Då läraren ritat denna menar hon att en glödlampa är kopplad till en elektrisk cell. Såväl denna som lampan är tvåpoliga kretselement. Men eleverna kan ha problem av olika slag när det gäller att förstå diagram 14A. Den som har en enpolig uppfattning om lampan kanske tolkar diagrammet som i figur 14B. Idén om motsatta strömmar kan leda till den tolkning som visas i figur 14C. Om eleven uppfattar både lampa och batteri som enpoliga kanske hon tolkar diagrammet som i figur 14D.



Figur 14 Tre olika tolkningar av kretsdiagram A.

En annan svårighet är att diagrammet i figur 14A betecknar i princip hur många perceptuellt olika kopplingar som helst. Några exempel ges i figur 15.



Figur 15 Exempel på kopplingar som symboliseras av diagram A.

Det gäller för eleven att i det som varierar se det invarianta, nämligen tvåpoliga anslutningar av cell och lampa, samt sluten krets. Då kan perceptuell mångfald ersättas med begreppslig enkelhet. Ett begrepp kan säga mer än tusen bilder!

2 Hur ser lampan ut inuti?

Eleverna ritar en modell av hur en lampa ser ut inuti och funderar på hur denna modell av lampan inifrån stämmer med hur lampan kopplas utifrån.

Mål

Eleven skall

- * förstå hur en lampa ser ut inuti, och att en tillräckligt stor ström måste passera glödtråden för att lampan skall kunna lysa.
- * öva sig på att hitta på experiment för att testa sina idéer

Bakgrund

Många elever, som vet hur man skall få en lampa att lysa med hjälp av ett runt batteri och en ledningstråd, tänker sig att glödtrådens båda ändrar är anslutna till sockel-spetsen (fig 16A). I så fall hänger inte deras modell av lampan inifrån ihop med hur lampan uppfattas utifrån. Förhoppningsvis inser eleverna att ström måste passera glödtråden, och 'tvingas' göra detta, för att lampan skall lysa. Först då utgör glödtråden en del av den elektriska kretsen (figur 16B).

Det finns elever som antar att lampan har plus- resp. minuspol, dvs. att det är viktigt hur man kopplar in lampan till batteriet. Detta antagande kan emellertid utmanas om eleverna blir medvetna om sitt tänkande och uppmanas att testa det.

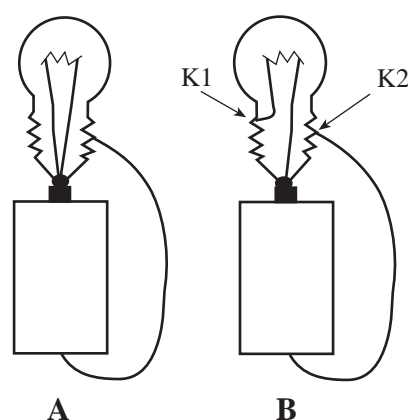
Materiel för varje elev
en glödlampa

Uppgift

Fundera på hur en lampa ser ut inuti! Rita en modell av hur den ser ut! Hur stämmer lampan inifrån med en fungerande koppling utifrån?

Diskussion

Några olika elevmodeller ritas upp på tavlan och diskuteras. Varje lampmodell kan i ritningen anslutas till ett batteri, så att den slutna kretsen kan följas runt. Att lampans sockel-spets är ansluten till skruvgängorna endast genom glödtråden är inte alltid lätt för eleverna att förstå. Det svarta materialet på lampsockelns utsida, som isolerar spetsen från skruvgängorna, kan undersökas med avseende på sin ledningsförmåga.



Figur 16. Lampan i koppling A är enpolig inifrån, men tvåpoligt ansluten utifrån. Lampan i B visar att glödtråden utgör en del av kretsen. Kontaktpunkterna K1 och K2 är förbundna via skruvgängorna, vilket kan vara en svårighet för eleverna.

3 Goda och dåliga ledare

Att förutsäga och sedan undersöka olika materials ledande egenskaper.

Mål

Eleven skall

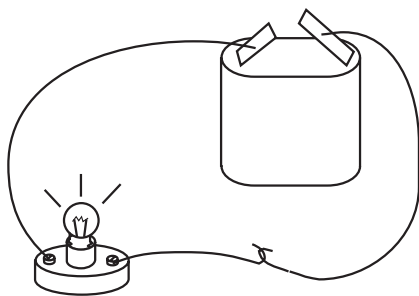
- * kunna identifiera elektriskt ledande material och skilja dessa från material som inte leder ström (isolatorer) genom att använda en krets som en 'kretsprovare' samt inse att för att en krets skall betraktas som sluten behövs en väg av ledande material runt hela kretsen
- * bli medveten om att kunskaper kan användas till att förutsäga och förklara och känna att detta tänkande värdesätts

Bakgrund

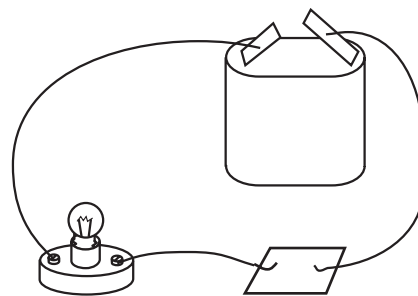
Denna uppgift tränar eleverna att arbeta naturvetenskapligt genom att de först får förutsäga och sedan pröva sina hypoteser. De samlar sina iakttagelser på ett systematiskt sätt i tabellform, samtidigt som de lär sig identifiera material. Intressanta komplikationer i sammanhanget är att många föremål är gjorda av flera material, t. ex. häftstift överdragna med plast och lackad koppartråd, och att det hela tiden utvecklas nya material.

Eleverna bygger en krets med lampa och batteri och kontrollerar att den fungerar. Detta är en nödvändig utgångspunkt, en kontrollkrets att jämföra de andra med. De öppnar sedan kretsen och stoppar in det okända objektet. Den första kretsen fungerar nu som kretsprovare. Inte bara fasta material utan även vätskor kan prövas.

WARNING! Vi har erfarenhet av att elever kommit på idén att testa om ett eluttag är ledande. Detta är naturligtvis livsfarligt.



Kontroll av kretsprovaren



Undersökning av material

Figur 17. Kretsprovare.

Eleverna brukar bli förvånade över att vatten inte sluter kretsen, så att lampan lyser (saltvatten gör det dock). Enbart vatten är en dålig ledare, och batterispänningen räcker inte till för att driva runt så mycket ström att lampan lyser. Om strömmen i kretsen mäts med ett tillräckligt känsligt instrument, kan man se att det går svag ström i kretsen, dvs. att vatten leder dåligt. Det finns alltså bättre och sämre ledare – inte bara ledare och isolatorer. Det går att serieordna föremålen efter hur goda ledare de är. För att jämföra material måste emellertid alla andra variabler än materialet hållas konstanta.

Materiel för varje elevpar

En lampa, ett 4,5V batteri, ledningstrådar, en lamphållare, en skruvmejselsats, gem, krokodilklämmor samt alla möjliga föremål som eleverna hittar i sin omgivning.

Uppgift

Undersök olika materials ledande resp. isolerande egenskaper. Skriv ner förutsägelser före experimenten. Fundera över vad det är för skillnad på elektriskt ledande material och material som inte leder elektrisk ström. Fundera över vad elektrisk ström kan vara.

Diskussion

Några frågor kan bilda utgångspunkt. Vad är elektrisk ström? Hur tänker eleven sig ledaren koppar? Vad skiljer materialet koppar från t. ex. silver? Vad skiljer materialet koppar från plast? Lyssna på och anteckna elevernas förslag och ge möjlighet till diskussion. Det viktiga här är att väcka frågor om vad elström är. En mer ingående diskussion och introduktion av lämpliga begrepp kan ske då uppgift 9 behandlas.

4 Strömbrytare

Att bygga en strömbrytare och undersöka några färdiga sådana som finns i handeln, samt tillverka en strömbrytare som sluter en krets när en dörr öppnas, t. ex. tänder lampan i ett kylskåp.

Mål

Eleven skall

- * känna igen den slutna kretsen i olika kopplingar
- * känna att självförtroendet stärks när han/hon blir allt tryggare i att klara uppgifterna
- * inse att det är tillåtet att tänka fritt om elkretsar, men att tänkandet bör ändras om det inte stämmer med verkligheten
- * veta att vägguttagen absolut inte skall användas för experiment
- * bygga förklaringsmodeller och inse att varje modell har sina möjligheter och sina begränsningar

Bakgrund

Undervisning kan med fördel bestå av följande tre faser:

Fri undersökning: Eleverna ges tid att utgå från sina egna idéer och testa dem mot verkligheten.

Begreppsintroduktion: Läraren introducerar och förklarar lämpliga begrepp som gör att eleverna kan utveckla sitt kunnande. Begreppen är intellektuella verktyg som underlättar fortsatt lärande.

Begreppsanvändning: Eleverna använder de nya begreppen i flera nya sammanhang.

Uppgifterna 4, 5, 6 och 7 går ut på att använda begreppet 'sluten krets' i olika situationer. Förhoppningsvis leder detta till att elevernas självförtroende stärks genom att de blir allt säkrare och får uppleva känslan av att kunna.

Beträffande uppgift 4 börjar denna med att eleverna bygger en strömbrytare med hjälp av enkel materiel. En påsförslutare kan t. ex. fjädra mellan två häftstift, fastsatta i en träbit. Eleverna kan bygga tryck- eller vridströmbrytare, som de prövar i en krets.

Hur tänds och släcks lampan i kylskåpet? Det är inte särskilt lätt att tekniskt lösa det problemet. Det är liksom tvärtom – då dörren sluts så öppnas (bryts) en krets. Eleverna kan använda bänkklocket eller en dörr då de tar sig an detta problem. De

kommer att tillverka fjädrar. En klädnyppa kan komma till användning i detta sammanhang. Genom att själva koppla in en färdig, kommersiellt tillverkad strömbrytare i en krets, undersöka hur den fungerar och rita en modell av hur den ser ut inuti, brukar elever få aha-upplevelser av att det inte var konstigare än så och att deras modell var en möjlig lösning.

Materiel för par av elever

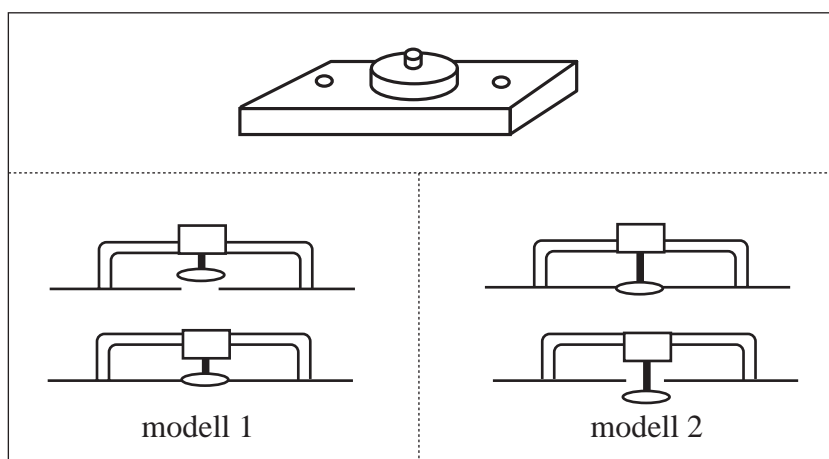
lampa, batteri, ledningstrådar, gem, lamphållare, krokodilklämna, klädnyppa, aluminiumfolie, skruvmejselsats, några färdiga strömbrytare (se materielförteckning i bilaga 2), ficklampa, blinklampa, tillgång till sax, kabelskalare, små träbitar.

Uppgift

- Att bygga en strömbrytare.
- Hur släcks lampan i kylskåpet? Tillverka en strömbrytare där en krets sluts när en dörr öppnas.
- Undersöka några färdiga strömbrytare för att komma underfund med olika tekniska lösningar.
- Undersöka en ficklampa och följa kretsen runt. Bygga en egen ficklampa.
- Använda en blinklampa och fundera över hur den kan tänkas fungera.

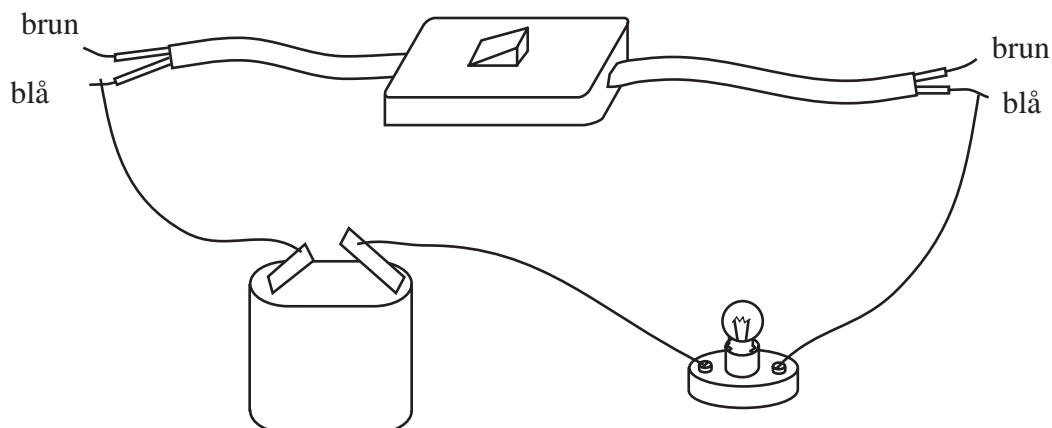
Några exempel

En elev fick en strömbrytare som brukar användas i skolan. Han uppmanades att fundera över hur den kunde tänkas vara konstruerad. Han tänkte först och gav de två förslag som visas i figur 18. När han kopplade in strömbrytaren i en krets med lampa och batteri kunde han stryka modell 2



Figur 18. Strömbrytare och två förslag till hur den fungerar.

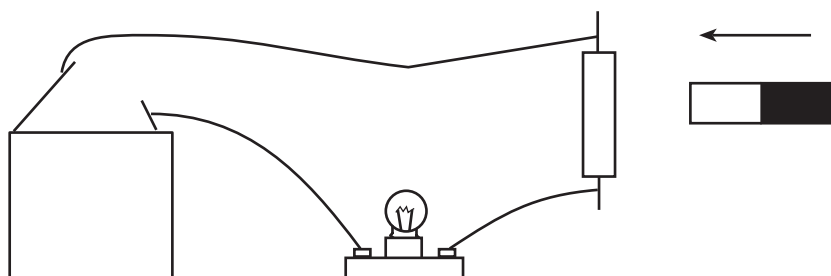
En annan elev fick den typ av strömbrytare som visas i figur 19.



Figur 19. Undersökning av strömbrytare.

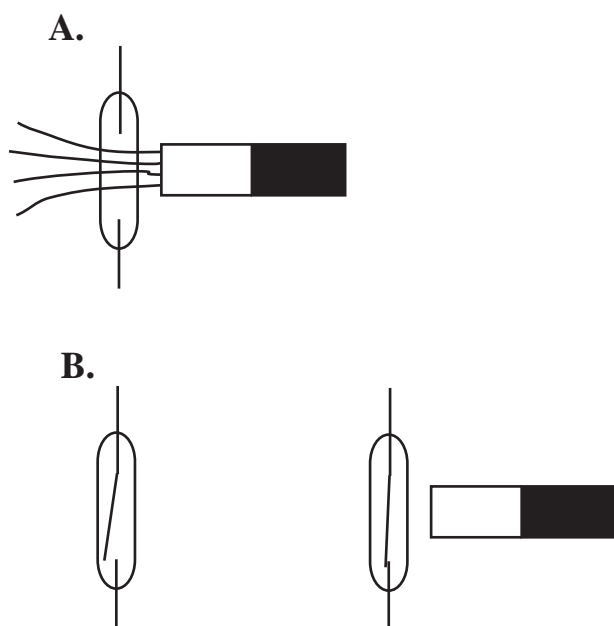
Hon kopplade in de blå ändarna i en krets, och kunde då tända och släcka lampan. Sedan kopplade hon in de bruna ändarna, men då lyste lampan hela tiden. Den gick inte att släcka med hjälp av strömbrytaren. Med utgångspunkt från detta ritade hon en modell av strömbrytaren.

Ytterligare ett exempel är en elev som fick i uppgift att ta reda på hur ett okänt föremål var beskaffat. Föremålet var inslaget som ett paket, ut vilket två anslutningskontakter stack ut. Det var inkopplat i en krets, och när en magnet närmades tändes lampan. Se figur 20.



Figur 20. Då magneten närmas det okända föremålet tänds lampan.

Eleven tänkte sig att tråden, som gick in och ut ur paketet, var av på mitten och att 'magnetismen' kunde sluta kretsen. Han ritade den modell som visas i figur 21A. Han prövade modellen på en krets med lampa och batteri, och kunde konstatera att det inte gick att få lampan att lysa. Han reviderade då sin modell och tänkte sig en fjädrande järnbit som attraherades av magneten.



Figur 21. Två modeller av hur en magnet kan sluta en elektrisk krets. Tanken bakom modell A är att 'magnetismen' sluter kretsen.

Diskussion

Varje elevgrupp kan få demonstrera sin strömbrytare för de övriga. De visar då den slutna kretsen och följer strömmens väg runt. Kreativitet och påhittighet liksom noggrannhet kan här vara egenskaper som värdesätts. I samband med uppgifter av denna typ kan vissa elever omvärderas på ett positivt sätt av klassen, eftersom de får möjlighet att visa teknisk-praktisk uppfinningsförmåga – något som inte nödvändigtvis kommer fram i skolans övriga ämnen.

5 Elektriska pussel

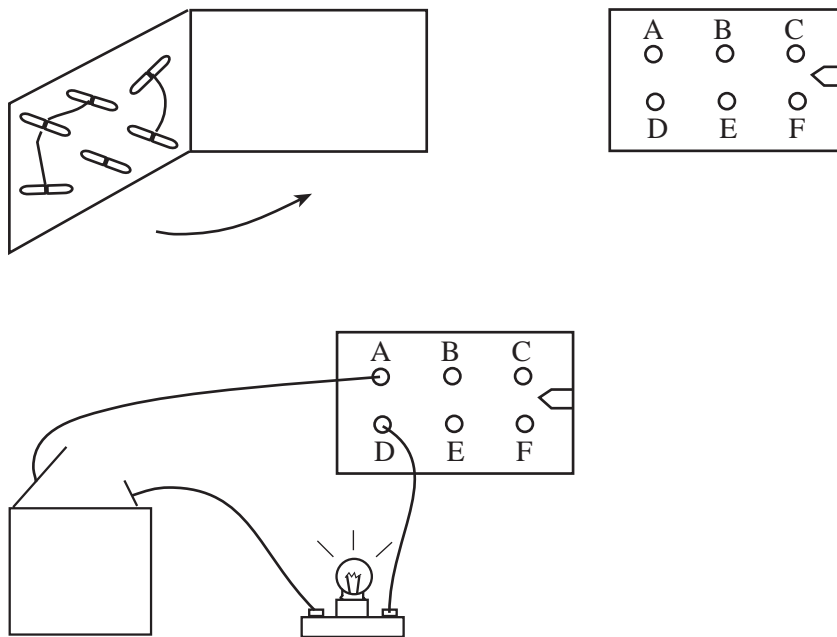
Att undersöka färdiga elektriska pussel och tillverka egna, och i samband med detta diskutera modellbegreppet.

Mål

Se uppgift 4.

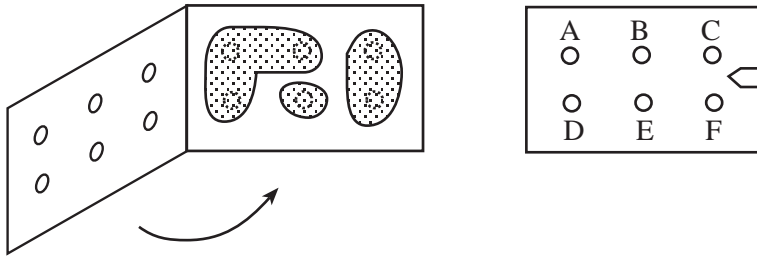
Bakgrund

Också här gäller det användning av begreppet sluten krets. Om ett litet tjockare kartongpapper viks mitt itu, kan ledningar gömmas mellan. Dessa kan titta ut på ena utsidan i några kontaktpunkter. Huvudet av en tvåbent påsförslutare av mässing kan utgöra kontaktpunkt. På så sätt kan t. ex. sex olika kontaktpunkter synas på utsidan. Kring 'benen' på insidan ansluts ledningstråd på valfritt sätt. Det vikta papperet hålls samman av ett gem. Nu har det blivit ett elektriskt pussel. Elever kan sedan med hjälp av en kretsprovare utifrån undersöka pusslet, dvs. ta reda på mellan vilka kontaktpunkter det finns ledningar och mellan vilka det inte finns ledande förbindelse. Se figur 22!



Figur 22. Tillverkning och undersökning av ett elektriskt pussel.

I stället för påsförslutare och ledningstråd kan pussel tillverkas med hjälp av aluminiumfolie. Ett antal hål för kommande kontaktpunkter görs på ena utsidan av ett vikt kartongpapper. Folie tejpas in emellan på valfritt sätt, dvs. så att folie syns genom hålen som då fungerar som kontaktpunkter. Vissa kontaktpunkter är på insidan förenade genom folien, medan andra inte är det. Se figur 23!



Figur 23. Tillverkning av ett elektriskt pussel med hjälp av aluminiumfolie.

Eleverna tillverkar egna pussel och byter sedan med varandra. De försöker komma underfund med hur dessa är sammankopplade. Först efter att de har ritat en modell av det undersökta pusslet öppnar de och tittar. Till slut blir vissa elever så säkra på att de har en riktig modell att de inte ens behöver titta.

Materiel

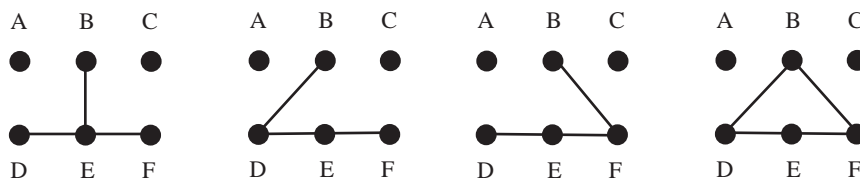
Materiel till en kretsprovare, kartongblad, aluminiumfolie, tejp, påsförslutare, extra ledningstråd, gem, tillgång till sax.

Uppgift

Att undersöka färdiga elektriska pussel och tillverka egna.

Diskussion

En diskussion om värdet av modeller kan här föras. Utgångspunkt kan vara följande. Ibland stämmer inte pusslets utformning med hur eleverna trodde det var gjort. Diskutera hur långt man kan komma genom att undersöka pusslet utifrån. Man kan t. ex. aldrig få veta färg på ledningarna inuti pusslet. Man kan inte heller utifrån ta reda på exakt hur kontaktpunkterna är förbundna. Två modeller som är olika kan därför vara riktiga båda två. Modeller förklarar och förutsäger vad som händer i experiment, men de har alltid vissa begränsningar. De är endast modeller av verkligheten - inte verkligheten. I denna övning går det att öppna pusslen och titta efter hur de ser ut inuti. Ibland går det inte att titta in utan man får nöja sig med sin modell. T. ex. går det inte att kapa en ledning och försöka se strömmen inuti. Vi måste bygga en tankemodell av vad elektrisk ström är för något. En modell kan förbättras men den har alltid sina begränsningar.



Figur 24. Fyra modeller av ett och samma pussel. Är modellerna likvärdiga?

6 Lamphållaren

Att betrakta en lamphållare som ett elektriskt pussel och rita hur den ser ut i genomskärning.

Mål

Se uppgift 4

Bakgrund

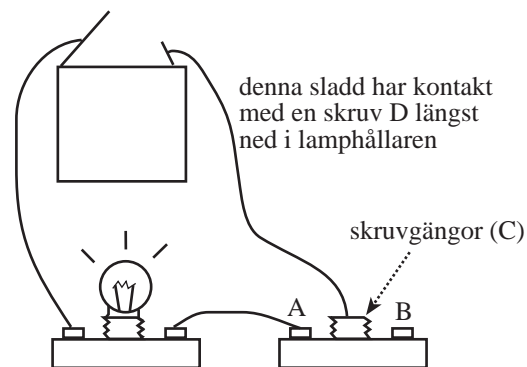
De elektriska pusslen i förra avsnittet var tvådimensionella. En lamphållare kan betraktas som ett elektriskt pussel i tre dimensioner. Olika kontaktpunkter går att identifiera: anslutningsskruvarna på ovansidan av foten, en skruv i 'lamphålets' botten, själva skruvgängan samt olika metalldelar under foten. Vilka kontaktpunkter har ledande förbindelse med varandra? Med hjälp av en kretsprovare undersöker eleverna lamphållaren.

Eleverna skall inte skruva isär lamphållaren för att titta, eftersom det är mycket svårt att skruva ihop den igen. Samtidigt finns det en vits med att inte skruva isär. Det blir nämligen en träning i att vänja sig vid att det faktiskt inte alltid går att titta in i det system som man försöker göra en modell av. Man måste nöja sig med den modell man kan skapa med hjälp av undersökningar utifrån .

Det kan vara svårt för eleverna att på ett papper åskådliggöra tre dimensioner. Kanske föredrar vissa att i stället bygga en tredimensionell modell av lamphållaren.

Om man betraktar en lamphållare ser man tydligt kontaktpunkterna A och B, som är två skruvar, samt gängorna C. Tittar man ner i gängorna ser man ytterligare en möjlig kontaktpunkt, nämligen skruven D (se figur 25).

En elev undersökte lamphållaren enligt den metod som visas i figur 25. Hon fick följande resultat:



Figur 25. Undersökning av lamphållare.

Anslutning av kretsprovaren till...

A och B: lyser ej

A och D: lyser

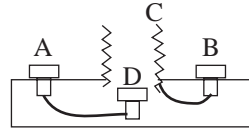
B och D: lyser ej

A och C: lyser ej

B och C: lyser

C och D: lyser ej

På grundval av resultaten konstruerade hon den modell av lamphållaren som visas i figur 26.



Figur 26. Modell av lamphållare med lampa urkruvad.

Materiel

Lampor, batterier, lamphållare, ledningstråd

Uppgift

Betrakta en lamphållare som ett elektriskt pussel och rita en modell av hur den ser ut i genomskärning.

Diskussion

Uppföljningen kan innebära att eleverna får tillfälle att jämföra varandras modeller och argumentera för och emot dessa. Detta resonemang kan leda till att fler experiment behöver göras. På detta sätt får eleverna vara med i processen att bygga en modell.

7 Baklyset

Eleverna får fundera på hur ett baklyse skall kopplas på en cykel med hjälp av den enda sladd som medföljer vid köpet.

Mål

Se uppgift 4

Bakgrund

Variationsmöjligheterna är rika när det gäller att uppmuntra eleverna till att använda den slutna kretsens idé i nya sammanhang. Att bara byta utseende på lamphållare kan ställa till en del problem.

Om man i affären köper en dynamodriven baklykta till cykeln får man med endast en sladd. På cykeln finns ofta en generator, men i brist på en sådan kan ett batteri få vara ersättare. Hur skall man kunna få baklyset att fungera på en cykel med hjälp av batteriet och en sladd? Det visar sig att kunskap om att glödlampan måste anslutas tvåpoligt är nödvändig för att lösa detta vardagsproblem. Att inse att cykeln med sin metallram kan utgöra den ena ledningen är en svårighet.

Materiel

Baklyse, ledningstrådar, skruvmejselsats, batteri, krokodilklämmor

Uppgift

Fundera på hur ett baklyse skall kopplas på en cykel med hjälp av den enda sladd som medföljer vid köpet. Använd batteri i stället för generator!

8 Trappkopplingen

Eleverna får konstruera en 'trappkoppling'

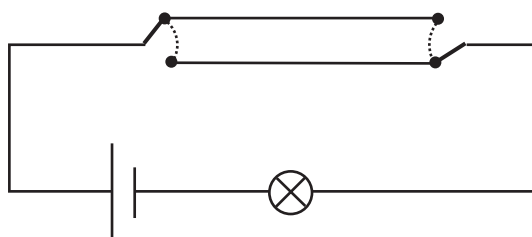
Mål

Eleven skall

- * använda sin fantasi för att variera experiment eller för att hitta på förklaringar
- * bli medveten om att kunskaper om elektriska kretsar kan användas till att förutsäga och förklara

Bakgrund

Elever som vill ha en extra utmaning kan få i uppgift att konstruera en trappkoppling. Antingen man närmar sig trappan uppifrån eller nerifrån skall det gå att tända eller släcka trapplampan. Det är fråga om att använda två strömbrytare tillsammans med en lampa och ett batteri. En lösning är att använda tvåvägsströmbrytare, dvs. en med tre kontaktpunkter i stället för två. När en krets bryts öppnas en annan. Papper och penna är det som först behövs – det är bra att ha en idé om hur man vill koppla innan kopplingsarbetet startar.



Figur 27. Skiss till trappkoppling. Kommer den att fungera?

Materiel

Papper, penna, ledningstrådar, materiel till två strömbrytare alt. två färdiga tvåvägsströmbrytare, lampa, batteri.

Uppgift

Konstruera en trappkoppling.

Diskussion

När eleverna ritar förslag om och om igen känner de antagligen behov av symboler för batteri, lampa och strömbrytare. När du går runt och resonerar med eleverna kan det därför vara lämpligt att introducera eller påminna om dessa symboler.

9 Strömmodeller

Att avgöra vilken av fyra olika strömmodeller som stämmer bäst överens med experimentresultat, och att fundera över vad det är som strömmar i en ledare.

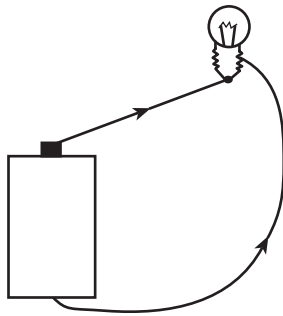
Mål

Eleven skall

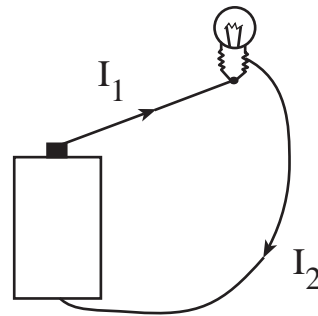
- * inse att ström cirkulerar i en likströmskrets, och att strömmen är densamma över allt i en krets med seriekopplade kretselement
- * uppfatta den elektriska strömmen som en ström av elektroner, och veta att elektronerna är en del av det material som ledningarna är gjorda av. Ström förbrukas inte, den bara drivs runt av batteriet. Lätt rörliga elektroner finns i ledande material antingen de är inkopplade i en sluten krets eller inte. Men för att batteriet skall kunna ge fart åt elektronerna måste det finnas en yttre ledande sluten väg från den ena polen till den andra polen på batteriet.
- * förstå skillnaden mellan ett elektriskt ledande material och ett isolerande material på en partikelnivå, där skillnaden kan förklaras av hur mycket energi som krävs för att flytta elektroner (alternativt andra laddade partiklar)

Bakgrund

I avsnitt 1 (Hur få lampan att lysa?) berördes kortfattat olika strömmodeller som eleverna ger uttryck för. Två mycket vanliga alternativ till den modell som behandlas i skolans undervisning beskrivs i figur 28.



Motsatta strömmar
(’plusström’ och ’minusström’)

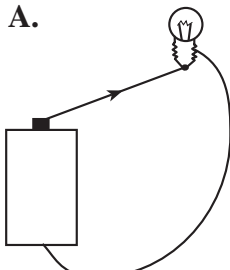


Cirkulerande ström, $I_1 > I_2$
(’lampan förbrukar ström’)

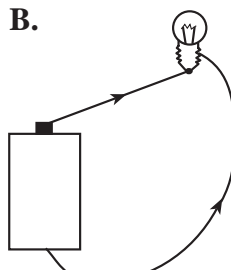
Figur 28. Två vanliga elevmodeller av strömmen i en elkrets.

Genom att eleverna får diskutera igenom uppgiften i figur 29, och i anslutning härtill genomföra olika experiment, kan de förhoppningsvis bli övertygade om att en cirkulationsmodell med samma ström i hela kretsen är den bästa.

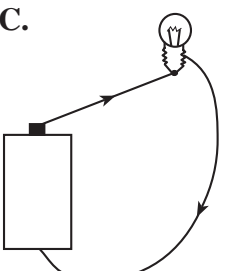
Ett batteri är kopplat till en glödlampa så som bilderna visar. Vilken bild anser du bäst beskriver den elektriska strömmen?

A. 

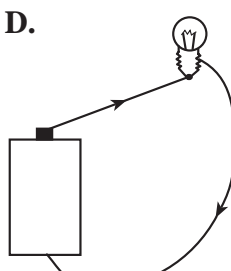
Det är ingen ström i tråden som är kopplad till batteriets undersida.

B. 

Strömmen går mot lampan i båda trådarna.

C. 

Strömmens riktning är som på bilden. Men det är mindre ström i tråden som går tillbaka till batteriet

D. 

Strömmens riktning är som på bilden. Strömmen är lika stor i båda trådarna.

Figur 29. Elevuppgift angående fyra strömmodeller

Med en vanlig amperemeter är det lätt att visa att det går ström i tråden som är kopplad till batteriets undersida, vilket eliminerar A. Vidare visar mätningar att strömmen är lika stor i de båda trådarna, vilket utesluter C i förhållande till D. Men hur är det med D i förhållande till B? Ett sätt att finna ett svar på denna fråga är att använda sig av en diod. En sådan kan ses som en strömventil, som släpper igenom ström i endast en riktning. Genom att koppla in dioden på olika sätt i kretsen kan man dra slutsatser om åt vilket håll strömmen går. (Se bilaga 2 för tips om en lämplig diod!)

Materiel

lampa, batteri, kopplingstråd, diod, mätinstrument för ström

Uppgift

Eleverna försöker, i lämpliga grupperingar, lösa uppgiften som visas i figur 29. Ett kopieringsunderlag finns i bilaga 3.

Diskussion

Det kan vara lämpligt att här påminna om några frågor som ställdes i avsnitt 3: Vad är elektrisk ström? Hur tänker eleven sig en ledare av t. ex. koppar? Vad skiljer materialet koppar från t. ex. plast?

När eleverna skall beskriva vad elektrisk ström är, nämner de ofta alla möjliga elementarpartiklars namn. Här behövs en lämplig begreppsintroduktion. Kanske räcker det att se el-ström som en ström av laddade partiklar, oftast elektroner. I varje ledare finns lätt rörliga laddade partiklar, som batteriet kan få att 'strömma' i hela kretsen. (Då en glödlampa kopplas med ett par sladdar till ett batteri, så utbildas utomordentligt snabbt ett elektriskt fält i kretsen. Metallatomernas lätttrörliga yttre elektroner längs kretsen känner av det elektriska fältet så gott som samtidigt, och börjar röra sig. Men elektronkollektivets rörelse är ganska långsam. Det är fråga om bråkdelar av millimeter per sekund (elektronernas s. k. drifhastighet).

Om ett material saknar lätttrörliga laddningar saknas förutsättningar för att transportera vidare laddningar över huvud taget. Materialet fungerar som en isolator.

10 Snöranalogin

Att använda 'snöranalogin' för att få en bild av hur energi kan överföras i en krets, och för att skilja på energi och ström. Analogin kan också förstärka föreställningen om att strömmen är den samma överallt i en krets med seriekopplade krets-element och att ett ökat motstånd medför minskad ström under förutsättning att inte batteriet/energikällan ändras.

Mål

Eleven skall

- * skilja på energi och ström
- * befästa idén att strömmen är densamma överallt i en krets med seriekopplade krets-element
- * använda sin fantasi för att variera experiment eller för att hitta på förklaringar
- * bygga förklaringsmodeller och inse att varje modell har sina möjligheter och sina begränsningar

Bakgrund

En anledning till att elever ofta tänker sig att ström förbrukas är att de inte skiljer på energi och ström. Energi förbrukas visserligen inte heller utan flödar, men energikvalitet förbrukas – batteriet tar slut. Batteriets energi har bl. a. överförts till ljus och värme i lamporna, som i sin tur överförts till diffus värmeenergi i rummet.

Du kanske vill använda en analogi, 'snöranalogin', för att belysa sambanden mellan energigivaren, batteriet och energimottagaren lampan, samtidigt som skillnaden mellan ström och energi kan klarna. Följande kan ge inblick i vad snöranalogin skulle kunna ge.

'Snör-analogin'

Exemplet är från en lektion, som en engelsk lärare genomförde med 15 elever i 8-9 årsåldern¹³. Analogin användes i syfte att försöka få eleverna att se skillnader mellan energi och ström samt att se behovet av en ständigt flytande ström.

Läraren började tala med sina elever om vilka idéer de tidigare hade uttryckt om energi. Bland dessa idéer fanns 'energi hjälper oss att göra saker' och 'energi får saker att fungera'. Sedan satte sig eleverna i en ring med ena handen utsträckt. Ett mjukt snöre breddes ut i ringen och knöts ihop, så att det bildade en cirkel. Snöret vilade löst mellan varje elevs tumme och pekfinger.

Läraren introducerade 'snöranalogin' och förklarade att händerna representerade ledningen i en elektrisk krets och att snöret representerade strömmen. Själv agerade läraren batteri och såg till att snöret (strömmen) cirkulerade. Läraren inbjöd eleverna att beskriva vad som hände. Medan snöret cirkulerade framhöll

läraren att man inte kan se in i ledningstrådarna i en elkrets. Men genom att undersöka, och resonera om, vad som händer med snöret kan man få idéer om vad som händer inuti elkretsen.

Hon jämförde sedan vad som händer i snörmodellen med vad som händer i en krets med lampa, batteri och två ledningstrådar. Snöret rör sig samtidigt i alla delar av kretsen och samma mängd snöre som lämnar läraren återvänder hela tiden. Detta motsvaras av att strömmen är densamma i hela elkretsen.

Lärarens hand överför energi till snöret. Om en elev i cirkeln försiktigt sluter fingrarna kring snöret och agerar motstånd så rör sig snöret trögare och denna elev känner att energi överförs till honom/henne genom att handen blev varm. Detta motsvaras av att batteriet är energigivare, lampans glödtråd energimottagare och strömmen något som kopplar över energi från batteri till lampa.

Om läraren/energikällan tar i lika mycket så kan eleverna se att snöret går långsammare då motståndet ökar, dvs. ökat motstånd leder till minskad ström.

Materiel

En lång bit ullgarn

Uppgift

Att använda snöranalogin

Diskussion

Det gäller för eleverna att se batteriet som energigivare i kretsen. Under hela tiden resonerar eleverna om likheter och skillnader mellan snöret i ringen och den elektriska kretsen och ser analogin som en modell. På detta sätt kan de vara med och bygga förklaringsmodeller och inse att varje modell har sina möjligheter och sina begränsningar.

11 Motstånd

Eleverna bygger en dimmer, dvs. en anordning med vilken man kan reglera ljusstyrkan på en lampa. Vidare kopplar de in olika långa bitar motståndstråd (se 'elementtråd' i materiellistan, bilaga 2) i en krets med lampa och batteri samt undersöker vilka egenskaper ett fast litet motstånd har.

Mål

Eleven skall

- * hitta på experiment för att testa sina idéer

- * utforma rättvisa försök, dvs. inse att alla variabler utom den man undersöker måste hållas kontrollerade och använda kontrollexperiment, dvs. ha någon referens att jämföra med

Bakgrund

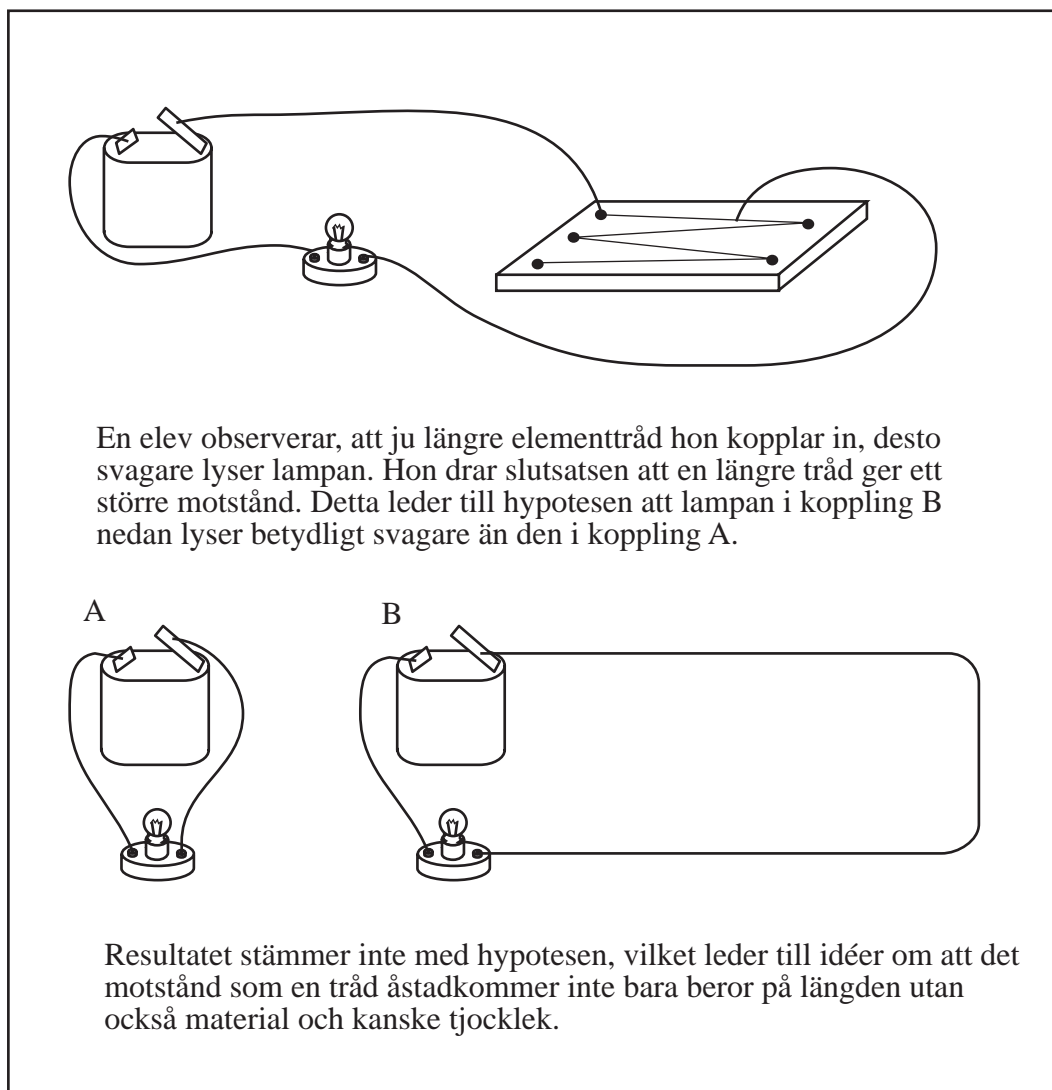
Övningen ger erfarenheter av fasta och rörliga motstånd. Eleverna kopplar in en bit elementtråd med diametern 0.2 mm (se materiellistan, bilaga 2) i en krets och ökar längden kontinuerligt. Om en lampa finns med i serie kan dess ljusstyrka säga något om hur strömstyrkan i kretsen ändras. Eleverna ska få en känsla för att ju längre tråd desto större hinder, men att detta bara gäller tunna trådar av vissa material, där motståndet är stort. Detta är svårt att visa för vanliga kopplings-trådar, eftersom motståndet i dessa är försumbart litet.

Materiel

Motståndstråd (se 'elementtråd' i bilaga 2) av olika dimensioner uppspända på t.ex. träbitar, lampor, batterier, ledningstråd, potentiometer, fasta små motstånd.

Uppgifter

- Att undersöka hur längden på en bit elementtråd inverkar på hindret (motståndet) i en krets.
- Koppla in en potentiometer i en krets och fundera över hur den kan vara gjord.
- Att undersöka vilka egenskaper ett litet okänt föremål (ett motstånd) har i kretsen.
- Att jämföra motståndet hos olika tjocka elementtrådar och hos vanlig ledningstråd. Är experimenten rättvisa? Kontrolleras variablerna? Vilka slutsatser kan man dra?



Figur 30. Vad inverkar på det motstånd som en ledningstråd utövar? Exempel på en elevs arbete.

Diskussion

Eleverna har i sina anteckningsböcker ritat och berättat om hur de utformat sina experiment. Nu får de redovisa dem för sina kamrater, som i sin tur kritiskt skall granska dem. Har de kontrollerat alla variabler? Kan man dra de slutsatserna av detta experiment? Varför gjorde ni inte så i stället? Vi har gjort så här och kommit fram till detta i stället osv.

12 Systemtänkande – en ändring lokalt påverkar omedelbart hela kretsen

Eleverna får erfarenhet av att en ändring lokalt i en krets omedelbart påverkar hela kretsen.

Mål

Eleven skall

- * betrakta kretsen som ett system och inse att hela kretsen påverkas så gott som momentant av en liten förändring någonstans i densamma, och förstå att sekvenstänkande kan leda fel (först kommer strömmen hit, då händer detta, sedan går strömmen dit, då...).

Bakgrund

Det är vanligt att elever resonerar i termer av sekvenser när de följer strömmen runt i en krets. Ett exempel är hur elever ibland förutsäger ljusstyrkan på tre lika seriekopplade lampor: Den närmast pluspolen lyser normalt, nästa svagare och den tredje allra svagast. Motiveringen är t. ex. att när strömmen kommer till den första lampan så stöter den på ett motstånd och blir svagare. Nästa lampa gör den ändå svagare. Efter att ha kämpat sig igenom den tredje lampan anländer strömmen utmattad till batteriets minuspol.

Ett annat exempel är att en ökning av motståndet R_2 i figur 31 inte inverkar på lampans ljusstyrka eftersom den ström som påverkas av motståndsökningen redan är förbi lampan.

Eleverna tänker sekventiellt. Strömmen påverkas i tur och ordning av de kretselement den träffar på. Om en förändring görs i ett givet element, så påverkas strömmen först när den kommer fram till detta element. Med andra ord kan man säga, att en förändring på ett ställe i kretsen har konsekvenser nedströms, men inte uppströms.

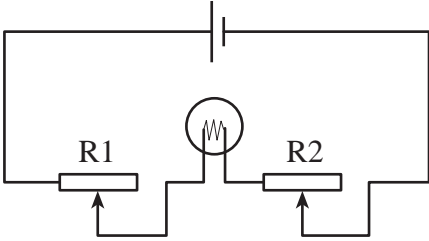
Vi lärare uttalar oss nog om strömmen i en krets på ett sätt som leder tanken i sekventiella banor. Men sekvenstänkande leder inte till framgångsrika förut-sägelse. Det gör däremot ett resonemang som betraktar hela kretsen som ett system, där en liten förändring någonstans i kretsen påverkar hela kretsen.

Materiel

Eleverna får en kopia av kopplingschemat i figur 31 (Se bilaga 4 för ett kopieringsunderlag). De kan behöva materiel för att kunna koppla upp den aktuella kretsen och testa sina hypoteser.

Uppgift

Eleverna löser uppgiften i figur 21. (Kopieringsunderlag finns i bilaga 4.)

<p>R1 och R2 är två motstånd som kan öka eller minska.</p> <p>a) Om R1 <i>minskas</i>, kommer ljusstyrkan på lampan att</p> <p><input type="checkbox"/> öka <input type="checkbox"/> minska</p> <p><input type="checkbox"/> vara oförändrad?</p> <p>Förklara hur du tänkte!</p> <p>b) Om R2 <i>ökas</i>, kommer ljusstyrkan på lampan att</p> <p><input type="checkbox"/> öka <input type="checkbox"/> minska <input type="checkbox"/> vara oförändrad.</p> <p>Förklara hur du tänkte!</p> <p>c) Om R1 <i>ökas</i>, kommer ljusstyrkan på lampan att</p> <p><input type="checkbox"/> öka <input type="checkbox"/> minska <input type="checkbox"/> vara oförändrad.</p> <p>Förklara hur du tänkte!</p> <p>c) Om R2 <i>minskas</i>, kommer ljusstyrkan på lampan att</p> <p><input type="checkbox"/> öka <input type="checkbox"/> minska <input type="checkbox"/> vara oförändrad.</p> <p>Förklara hur du tänkte!</p>	
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------

Figur 31 'Före och efter'. Testuppgift i ellära.

Diskussion

Elevernas förutsägelser, liksom de experiment som eventuellt gjorts, lyfts fram och diskuteras. En anknytning till snöanalogin kan eventuellt göras. (Eleverna kan förhoppningsvis tänka sig att om man ökar motståndet någonstans i snöretsen genom att trycka tumme och pekfinger lite hårdare mot varandra, så minskar snörets fart överallt i kretsen. Det spelar ingen roll var man applicerar detta motstånd.)

13 Flera lampor och ett batteri

Eleverna kopplar två, och så småningom flera lampor till ett batteri på olika sätt så att de lyser.

Mål

Eleven skall

- * kunna identifiera serie- och parallellkopplade kretsar och förutsäga hur lampor lyser i förhållande till varandra när de är inkopplade på olika ställen.

Bakgrund

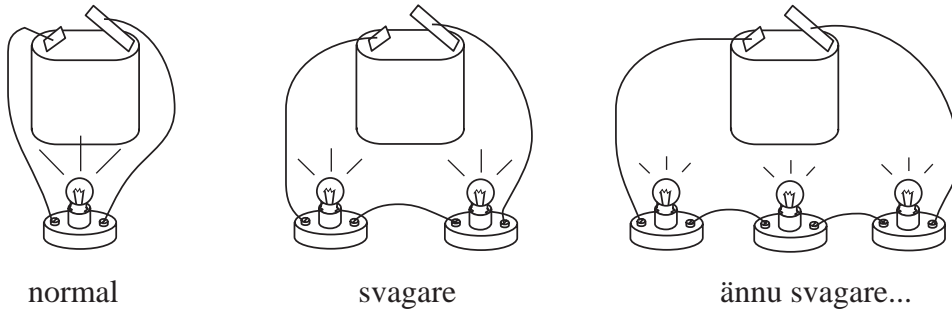
Eleverna uppmanas till att börja med att koppla två lampor till ett batteri på olika sätt och så att de lyser. De kommer säkert att koppla både i serie och parallellt, men även använda sig av kortslutningar. Det senare bör av kostnadsskäl i görligaste mån undvikas. Samla gärna de olika kopplingarna på tavlan precis som i första avsnittet ('Hur få lampan att lysa?'). Detta ger utgångspunkter för en gemensam diskussion.

För att förklara varför lamporna lyser som de gör i de olika kopplingarna brukar eleverna använda en förbrukningsidé för strömmen. Vanligt är att de säger att 'lamporna delar på strömmen' i en seriekoppling. En påminnelse om avsnitten 9 (Strömmodeller) och 10 (Snöranalogin) kan förhoppningsvis hjälpa eleverna att inse, att även i det aktuella fallet med flera lampor i serie, så är det lika stor ström överallt i kretsen.

Lampans ljusstyrka kan ses som ett mått på den ström som passerar glödtråden och kan fungera som en enkel strömmätare. Idén om konstant ström överallt i en krets kan kontrolleras med hjälp av en amperemeter av någon grupp.

Elever tenderar som sagt att betrakta lampan som en förbrukare av ström och inte som ett hinder i kretsen. Här kan en påminnelse om avsnitt 11 (motstånd) vara på sin plats. Ett hinder bjuder motstånd och begränsar strömmen i kretsen. Det är glödtråden i lampan som är hindret. Två lampor betyder en dubbelt så lång glödtråd, dvs. ett större motstånd. Jämför erfarenheten från avsnitt 11 om att ju längre tråd man kopplar in, desto större motstånd och desto mindre ström!

En annan vanlig elevtanke är, att ett batteri alltid skickar runt lika mycket ström i kretsen oberoende av hur kretsen ser ut. Argumentet kan vara att 'det står ju 4, 5 V på det'. Detta kan ge upphov till ett resonemang om ström, spänning och resistans, liksom kvalitativa samband av typ 'ju större spänning desto större ström' eller 'ju mindre resistans, desto större ström'.

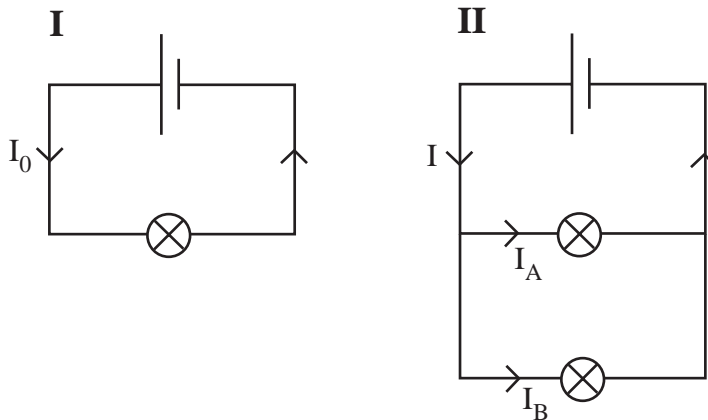


Figur 32. Ju fler lampor, desto större motstånd, desto mindre ström, desto svagare ljusstyrka...(batteriet är detsamma i de tre fallen).

Eleverna kan, genom mätningar med en amperemeter i de två kretsarna I och II i figur 33, övertyga sig om att $I_0 < I$, vilket betyder att två parallellkopplade lampor utgör ett mindre hinder än en ensam lampa.

Vidare kan de konstatera att $I = I_A + I_B$, vilket är ett exempel på Kirchoffs första lag.

Om de fortfarande tvivlar kan de också med mätningar övertyga sig om att strömmen i huvudledningen från batteriet (I) är lika stor som den i huvudledningen till detsamma.



Figur 33. Två elkretsar med utsatta strömmar. $I = I_A + I_B$ Om batterier och lampor är identiska gäller vidare att $I_0 = I_A = I_B$

Materiel

För varje elevpar: två lampor, ett batteri, ledningstrådar, två lamphållare, skruvmejselsats, krokodilklämmor. Lamporna tål endast ett batteri på 4,5 volt, vilket eleverna bör få veta. Om eleverna använder fler än ett batteri på 4,5 volt leder detta ofta till att många lampor går sönder. (Om du vill låta eleverna arbeta med flera batterier bör dessa därför vara på 1,5 volt.)

Uppgift

Koppla två lampor till ett batteri på olika sätt och så att de lyser. Fundera över vilket samband det kan finnas mellan en lampas ljusstyrka och den ström som passerar genom den. Fundera över vad hindret i kretsen betyder för hur lamporna lyser. Uppgiften kan utvidgas till ännu flera lampor.

Diskussion

Det brukar vara fruktbart att jämföra kretsar parvis och ställa frågan varför lamporna lyser så som de gör. Alla lampor måste då vara lika, liksom batterierna. Varje krets jämförs med grundkopplingen som är en lampa ansluten till ett batteri. Man kan också använda 'seriejämförelser' för att utvidga resonemangen. Om man börjar med att jämföra en krets bestående av en lampa och ett batteri med en krets med två seriekopplade lampor och ett batteri, så kan man lätt föra in kretsar med tre, fyra, fem.... seriekopplade lampor och ett batteri. När tillräckligt många lampor på detta sätt har kopplats in i en krets lyser de inte alls. Hindret är nu så stort att en mycket liten ström flyter i kretsen. Om man sedan går åt andra hållet och minskar antalet seriekopplade lampor från en till noll, så minskar hindret mer och mer och närmar sig noll. Kretsen är kortsluten (det är bara batteriets inre resistans som begränsar strömmen).

På motsvarande sätt kan resonemang föras då en grundkoppling jämförs med två parallellkopplade lampor. Ett stort antal parallellkopplade lampor skulle kunna jämföras med en kortslutning av batteriet.

14 Spänning

Eleverna använder begreppet spänning för att förutsäga hur lampor lyser i olika kretsar.

Mål

Eleven skall

- * pröva på att använda begreppet spänning för att förutsäga hur lampor lyser i olika kretsar

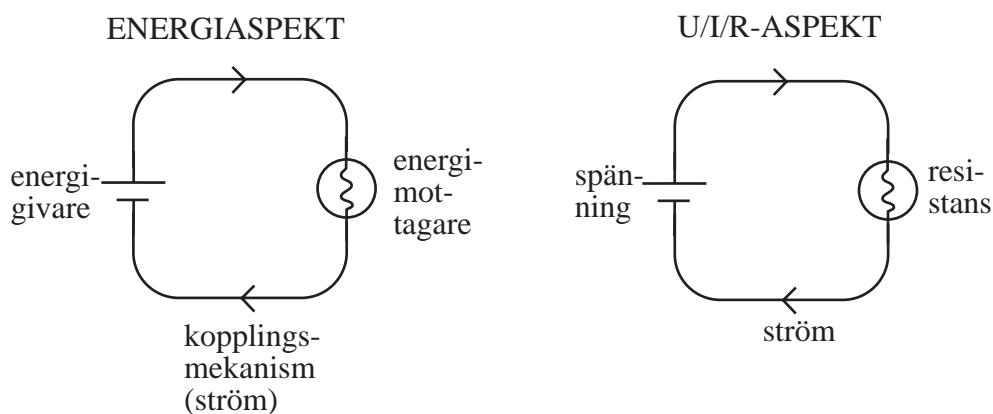
Bakgrund

Som förklaring till att en ström uppstår i en ledningstråd kan man säga antingen att det finns ett elektriskt fält i tråden eller att det råder en spänning mellan trådens båda ändar. Fältstyrka och spänning är med andra ord att betrakta som mer primära begrepp än ström. En spänning eller ett elektriskt fält kan existera utan att det finns någon ström, men ger upphov till en sådan om det finns rörliga laddningar i fältet.

Ett nytt batteri har spänning mellan sina båda poler, oavsett om det är inkopplat i en krets eller ej. Om man ansluter en lampa orsakar batterispänningen att ledningselektroner börja röra sig, dvs. att det blir en ström i kretsen.

Begreppen ström, resistans och spänning hänger ihop och bidrar till att ge varandra mening. För en likströmskrets gäller att om spänningen ökar, så ökar strömmen, givet att motståndet är detsamma. Om motståndet ökar så minskar strömmen, givet att spänningen är densamma. Kvantitativt är sambandet mellan spänning (U), ström (I) och resistans (R) den s. k. Ohms lag, dvs. $I = U/R$

En elektrisk krets kan ses ur två aspekter, nämligen en energiaspekt (jämför snöanalogin, avsnitt 10) och en $U/I/R$ -aspekt. Se figur 34!



Figur 34. Två sätt att se på en elektrisk krets.

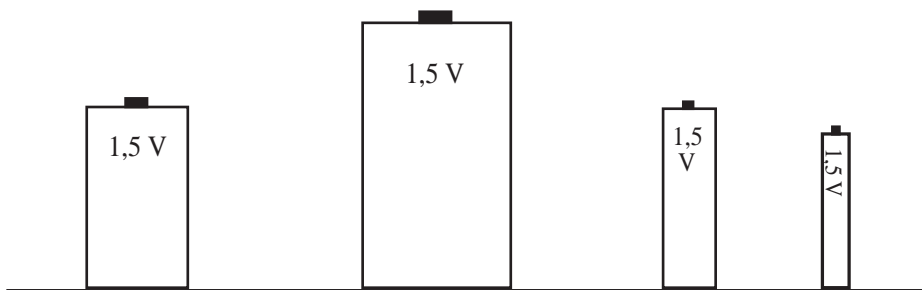
Spänning kan uppfattas som en elektrisk 'tryckskillnad' som orsakar att laddningar kommer i rörelse om sådana finns, vilket t. ex. är fallet i en vanlig ledare. Vid en given spänning bestämmer motståndet i kretsen hur stor strömmen blir.

Material

1,5-voltsbatterier av olika storlek, lampa, lamphållare och kopplingstråd

Uppgift

I. Eleverna får ett antal 1,5-voltsbatterier av olika storlek och uppgiften att förutsäga vilket av dessa batterier som får en given glödlampa att lysa starkast (det finns gott om olika sådana batterier i handeln). Batterispänningen kommenteras inte då batterierna delas ut. Eleverna ges sedan möjligheter att kontrollera sina förutsägelser.



Figur 35. Vilket batteri får en given lampa att lysa starkast?

II. En annan uppgift är att undersöka vad som händer med ljusstyrkan hos en given lampa om man kopplar in den i en krets med först ett och sedan två eller flera 1,5-voltsbatterier. Eleverna gör först förutsägelser och förklarar dessa, varefter experiment vidtar, vilket kan leda till reviderade förklaringar.

III. Ytterligare en uppgift utgår från en tänkt krets bestående av ett batteri och två parallellkopplade lampor. Eleverna får förutsäga hur lamporna kommer att lysa. Sedan frågar man vad som skulle hända om en lampa tas bort. Eleverna ges möjligheter att testa sina förutsägelser och uppmanas att förklara såväl förutsägelser som iakttagelser.

Diskussion

Eleverna torde ha observerat att alla batterier i deluppgift I ger samma ljusstyrka på lampan, trots att de skiljer sig avsevärt i storlek. Diskussionen mynnar förhoppningsvis ut i förklaringen att alla batterier har samma spänning (1,5 volt), dvs. samma förmåga att hålla igång en ström. Men ju större batteriet är, desto mer energi innehåller det, vilket betyder att en given lampa lyser betydligt längre med ett stort batteri än med ett litet.

Beträffande deluppgift II har eleverna säkert upptäckt att om två batterier kopplas pluspol mot pluspol så lyser lampan inte alls. En förklaring som kanske framkastas är att batterispänningarna tar ut varandra, dvs. $1,5 \text{ V} - 1,5 \text{ V} = 0,0 \text{ V}$. Detta kan i sin tur leda till gissningen att om pluspol kopplas mot minuspol så gäller att $1,5 \text{ V} + 1,5 \text{ V} = 3,0 \text{ V}$. Härifrån är steget inte långt till seriekoppling av flera batterier. Tänk på att lampan måste vara dimensionerad för den högre spänningen, annars riskerar glödtråden att brinna av. En annan möjlighet är att eleverna undersöker vad som händer då man kopplar två eller flera batterier parallellt.

De båda parallellkopplade lamporna i deluppgift III lyser lika starkt. Förklaringen är att spänningen över varje lampa är densamma. Om en lampa skruvas ur är spänningen oförändrad över den andra, som följaktligen inte ändrar sin ljusstyrka.

15 Lampor och batterier i olika kretsar

Eleverna får erfarenheter av olika kretsar och lär sig känna igen serie- respektive parallellkoppling i olika sammanhang.

Mål

Eleven skall

* tillämpa begrepp och erfarenheter från tidigare uppgifter.

Materiel

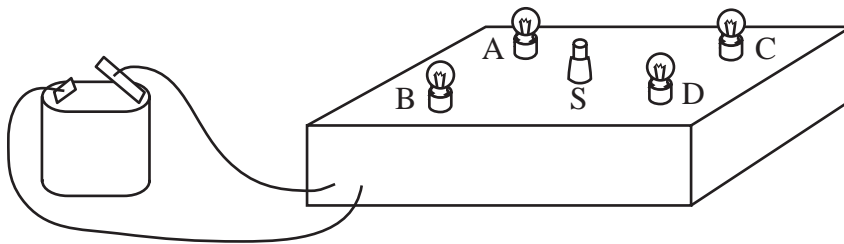
Bak- och framlyktor för cykel, strålkastarlampor med två glödtrådar, lampor, batterier, ledningstrådar, små papplådor, lamphållare, skruvmejselsatser, tejp, kabelskalare, strömbrytare, grenuttag.

Uppgifter

I. Fundera på hur baklyse och framlyse på en cykel är kopplade till varandra. Om baklyset går sönder - vad händer med framlyset?

II. Använd en glödlampa för bilens hel- och halvljus. Hur är de två glödtrådarna kopplade till varandra?

III. Bygga in en krets i en låda, så att bara lampor och strömbrytare syns samt så att batteri kan anslutas utifrån. Låt sedan en kamrat 'lösa pusslet', dvs. fundera ut hur lamporna är kopplade och var strömbrytarna finns. Se figur 36 för ett exempel.



Figur 36. Ett elektriskt pussel.

I en låda har man byggt in fyra lika lampor (A, B, C och D) i lamphållare samt en strömbrytare S. Det är bara toppen av lamphållaren som är synlig. Komponenterna är hopkopplade med varandra och med ett batteri. Frågan är hur?

En undersökning ger följande resultat:

Då batteriet ansluts lyser alla lampor lika och ganska svagt.

Om A skruvas loss slocknar B. Ljusstyrkan på C och D är oförändrad.

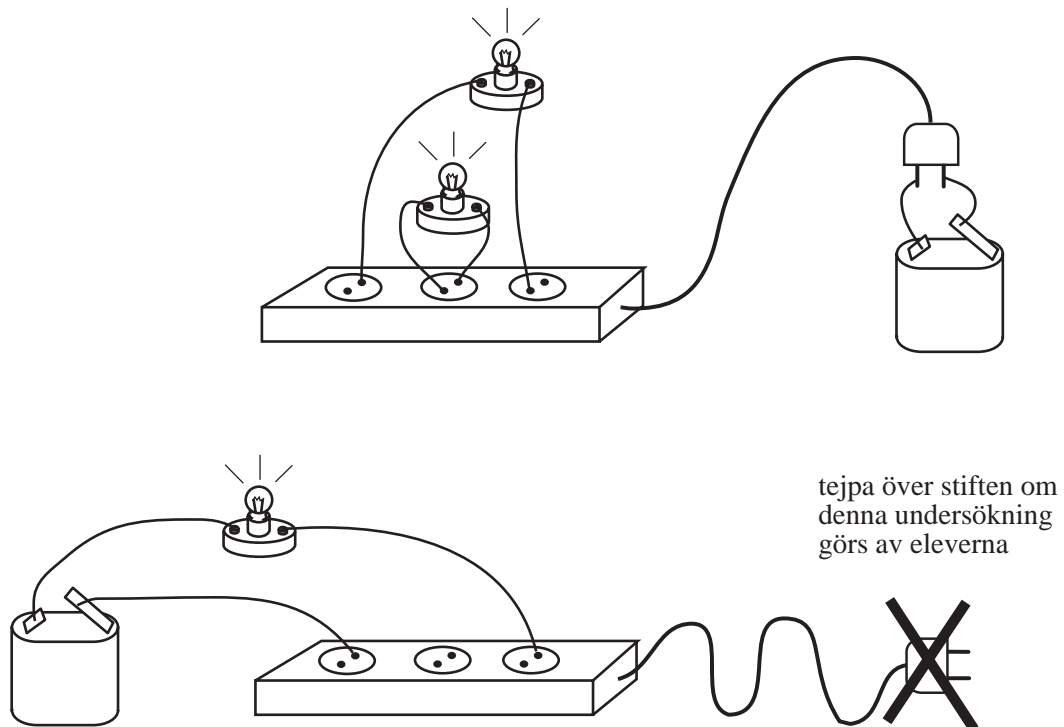
Om B skruvas loss slocknar A. Ljusstyrkan på C och D är oförändrad.

Om C skruvas loss slocknar D. Ljusstyrkan på A och B är oförändrad.

Om D skruvas loss slocknar C. Ljusstyrkan på A och B är oförändrad.

Om alla lampor lyser och man trycker på strömbrytaren så släcks samtliga.

IV. Betrakta ett grenuttag som ett tredimensionellt elektriskt pussel och undersök hur t. ex. lampor man brukar ansluta i hemmet är kopplade. Också nu är det viktigt att varna för att använda vägguttagen för experiment. I grenuttaget kommer eleverna att med hjälp av kretsprovare upptäcka hur det är kopplat utan att behöva skruva sönder och titta.



Figur 37. Två olika undersökningar av ett eluttag.

V. I bilaga 5 och 6 finns ett antal frågor om olika kretsar som kan användas för diskussioner i smågrupp, som hemläxa, som individuella uppgifter i skolan....

Diskussion

Om pusslen numreras, kan eleverna jämföra sina lösningar för samma pussel och diskutera likheter och skillnader.

Cykelns två lyktor brukar vara seriekopplade. Finns någon vits med det? Finns någon fördel med att lampor i ett hem är parallellkopplade t. ex. med hjälp av ett grenuttag?

16 Tekniska utmaningar

Eleverna använder egen fantasi för att bygga tjuvlarm, elvisp, karusell m. m.

Mål och bakgrund

Kognitiva mål har betonats mest under de föregående uppgifterna. Känslor och skapande moment är visserligen med hela tiden eftersom eleverna arbetar laborativt, lampor tänds och släcks, ljud hörs och eleverna blir förvånade när deras hypoteser inte stämmer. I denna uppgift fokuseras fantasi och kreativitet genom att eleverna uppmanas att bygga något elektriskt – ett tjuvlarm, ett handikappvänligt redskap etc.

Behov av diverse hjälpmedel kommer säkert att uppstå. Men det gäller för eleverna att med de hjälpmedel de nu vet finns tillhands, utveckla något eget spännande. Exempel på vad elever har gjort är trimmer, elvisp, hårtork, tvättmaskin, karusell, hemlig låda med larm om någon öppnar den, 'trampa på matta-larm', olika elektrospel, dockskåpsbelysning, ficklampa, elbil, etc.

Olika kluriga elektriska pussel skulle också kunna vara spännande att både tillverka och lösa.

Eleverna kan i förväg tänka ut vad de vill göra, rita en konstruktion samt planera vilken materiel de behöver. Vissa material kan de kanske ta med hemifrån i form av papprullar, kartonger, plastflaskor, träbitar osv.

Materiel

Allt som finns tillhands. Medtagen materiel hemifrån.

Diskussion

Eleverna kan anordna en utställning där de beskriver funktionerna av sina skapelser. Yngre elever, föräldrar och andra intresserade kanske skulle uppskatta att få gå på ett sådant 'science centre' i miniatyr – en liten experimentverkstad, där både 'hands on' och 'minds on' gäller.

NOTER

1. Latour, 1987

2. Källa-förbrukarmodellen är vanligt förekommande. Den är robust och seglivad, vilket demonstrerades under åttiotalet i ett stort antal studier i olika länder, t. ex. av Andersson & Kärrqvist (1979), Fredette & Lochhead (1980), Osborne (1981), Shipstone, von Rhoeneck, Jung, Kärrqvist, Dupin, Johsua & Licht (1988).

3. Shipstone, 1984.

4. Ibid.

5. Closset, 1983.

6. I klassisk fysik förklaras rörelseändring hos en partikel med att den påverkas av en obalanserad nettokraft. Att en elektron börjar röra sig längs en ledare beror alltså på att den påverkas av en kraft, närmare bestämt $\mathbf{F}=q\mathbf{E}$, där q är elektronens laddning och \mathbf{E} fältstyrkan i tråden. Då elektronen rör sig sträckan Δx längs tråden har den fått energin $qE\Delta x$ från fältet. Denna energi överförs genom kollisioner till atomgittret, där den yttrar sig som ökad värmerörelse.

Ett elektriskt fält kan beskrivas inte bara med vektorstorheten \mathbf{E} , utan också med den skalära storheten potential (V). Potentialskillnaden, eller spänningen, mellan två punkter A och B i ett fält definieras som det arbete som utförs då en enhetsladdning flyttas från A till B. Genom denna definition sammankopplas \mathbf{E} och V . Känner man V för ett område kan man räkna ut \mathbf{E} och vice versa. Som förklaring till att en ström uppstår i en ledningstråd kan man säga antingen att det finns ett elektriskt fält i tråden eller att det råder en potentialskillnad. Fältstyrka och spänning är med andra ord att betrakta som mer primära begrepp än ström. En spänning eller ett elektriskt fält kan existera utan att det finns någon ström, men ger upphov till en sådan om det finns rörliga laddningar i fältet.

7. Maichle, 1981.

8. Rhoeneck, 1984.

9. U betecknar spänning, I strömstyrka och R resistans. För likströmskretsar gäller att $U=RI$ (Ohms lag)

10. Cohen, Eylon & Craniel, 1983.

11. Cosgrove, 1995

12. I denna analogi motsvaras batteriet av en vattenpump, ledningarna av slangar, elströmmen av strömmande vatten och lampor av flödesmätare. För en utförlig beskrivning av denna analogi och hur man kan arbeta med den, se Andersson, Bach och Emanuelsson, 1992.

13. Asoko, 1996.

14. Andersson, Bach och Emanuelsson, 1992.

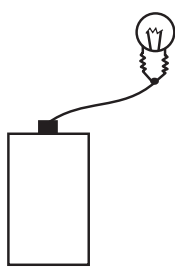
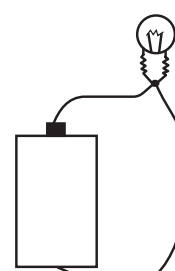
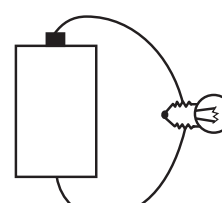
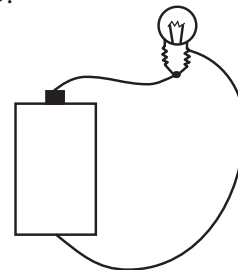
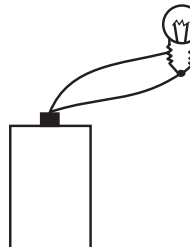
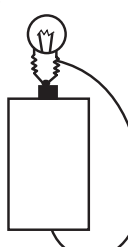
REFERENSER

- Andersson, B., & Kärrqvist, C. (1979). *Elektriska kretsar*. (Rapport ELEVPERSPEKTIV, Nr 2). Mölndal: Inst. för praktisk pedagogik, Göteborgs universitet.
- Andersson, B., Bach, F., & Emanuelsson, J. (1992). Analogitänkande och lärande med vattenkrets-elkrets som undersökt exempel. *Na-spektrum nr 2*, Institutionen för Ämnesdidaktik, Göteborgs universitet.
- Asoko, H. (1996). Developing Scientific Concepts in the Primary Classroom: Teaching about Electric Circuits. In G. Welford, J. Osborne & P. Scott (eds), *Research in Science Education in Europe - Current Issues and Themes*. (pp 36-49). The Falmer Press.
- Closset, J-L. (1983). Sequential reasoning in electricity. I *Research on physics education: proceedings of the first international workshop* (pp 313-319). Paris: Editions du Centre National de la Recherche Scientifique.
- Cohen, R., Eylon, B., & Craniel, U. (1983). Potential difference and current in simple electrical circuits: a study of students' concepts. *American Journal of Physics*, 51, 407-412.
- Cosgrove, M. (1995). A study of science-in-the-making as students generate an analogy for electricity. *International Journal of Science Education*, VOL 17, No. 3, 295-310.
- Fredette, N. H., & Lochhead, J. J. (1980). Student conceptions of simple circuits. *The Physics Teacher*, 18 (5), 194-198.
- Latour, B. (1987). *Science in Action*. Milton Keynes: Open University Press.
- Maichle, U. (1981). Representation of knowledge in basic electricity and its use for problem solving. In W. Jung, H. Pfundt & C v. Rhoeneck (Eds), *Problems concerning students' representation of physics and chemistry knowledge* (pp 194-213). Ludwigsburg: Pädagogische Hochschule.
- Osborne, R. J. (1981). Children's ideas about electric current. *New Zealand Science Teacher*, 29, 12-19.
- Rhoeneck, C. von. (1984). The introduction of voltage as an independent variable - the importance of preconceptions, cognitive conflict and operating rules. In R. Duit, W. Jung & C. von Rhoeneck (Eds.), *Aspects of understanding electricity* (pp 275-286). Kiel: Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften an der Universität Kiel.
- Shipstone, D. M. (1984). A study of children's understanding of electricity in simple DC circuits. *European Journal of science Education*, 6, 185-198.
- Shipstone, D. M., von Rhoeneck, C., Jung, W., Kärrqvist, C., Dupin, J.-J., Johsua, S., & Licht, P. (1988). A study of students' understanding of electricity in five European countries. *International Journal of Science Education*, 10, 303-316.

BILAGA 1
NÅGRA FRÅGOR OM
LAMPOR OCH BATTERIER

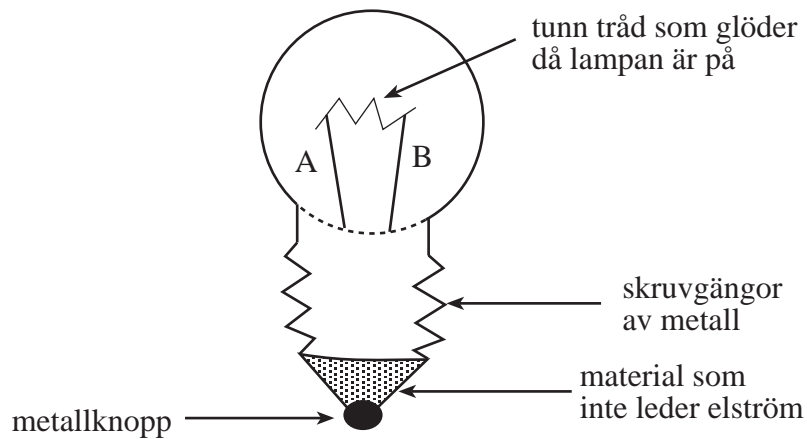
1. Vilka lampor lyser?

På bilden ser du sex olika sätt att koppla ett batteri, en ledningstråd och en lampa. Batterierna är nya och lamporna är OK! Ange för varje koppling om lampan lyser! (Ringa in ditt svar!)

<p>A.</p>  <p style="text-align: center;">lyser lyser ej</p>	<p>B.</p>  <p style="text-align: center;">lyser lyser ej</p>	<p>C.</p>  <p style="text-align: center;">lyser lyser ej</p>
<p>D.</p>  <p style="text-align: center;">lyser lyser ej</p>	<p>E.</p>  <p style="text-align: center;">lyser lyser ej</p>	<p>F.</p>  <p style="text-align: center;">lyser lyser ej</p>

Välj en koppling för vilken du svarat 'lyser ej' och förklara ditt svar!

2. Glödlampa



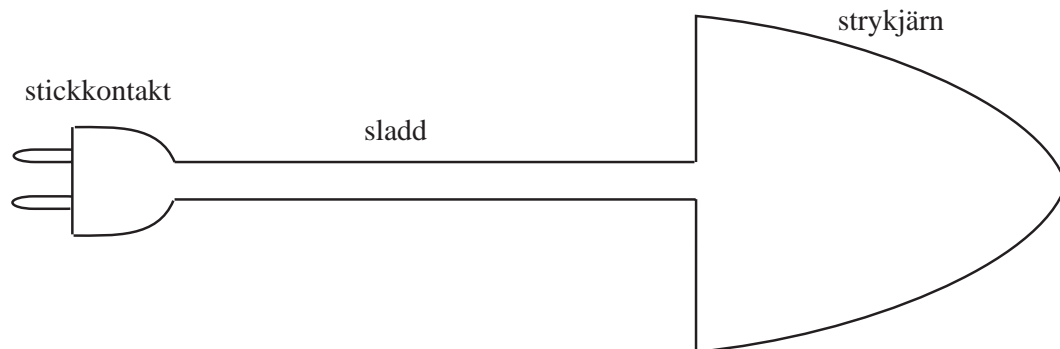
Om man tittar lite närmare på en glödlampa kan man se att det längst ned finns en liten metallknopp. Sedan kommer ett material som inte leder ström och därefter skruvgängor av metall. Inuti glasknopen finns en tunn glödtråd, som sitter på två trådar, A och B.

Rita ut hur du tänker dig att trådarna A och B fortsätter ner i lampan.

3. Strykjärnet

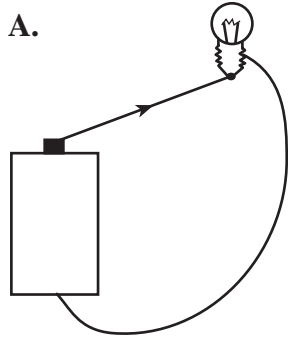
Bilden visar hur ett strykjärn ser ut underifrån.

Om man sticker in kontakten i ett vägguttag blir strykjärnet varmt. Det går elström mellan uttaget och strykjärnet. Hur tänker du dig att ledningstråden för strömmen är dragen inuti stickkontakten, sladden och strykjärnet? Rita ditt svar i figuren nedan!

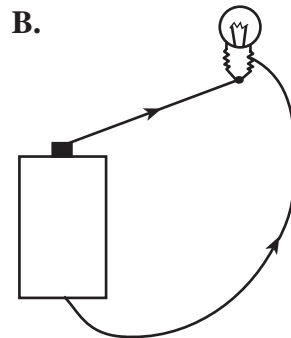


4. Hur går strömmen i kretsen?

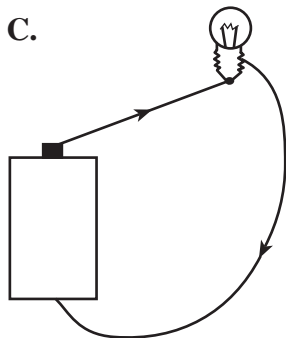
Ett batteri är kopplat till en glödlampa så som bilderna visar. Vilken bild anser du bäst beskriver den elektriska strömmen?



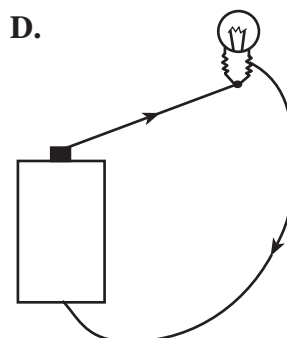
Det är ingen ström i tråden som är kopplad till batteriets undersida.



Strömmen går mot lampan i båda trådarna.

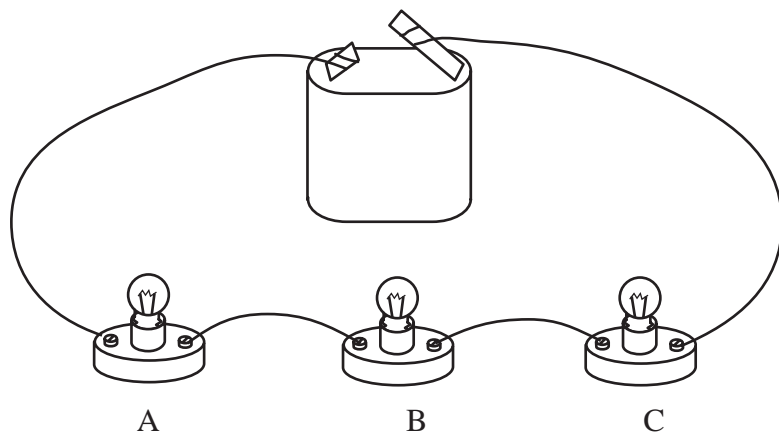


Strömmens riktning är som på bilden. Men det är mindre ström i tråden som går tillbaka till batteriet



Strömmens riktning är som på bilden. Strömmen är lika stor i båda trådarna.

Ringa in den bild du anser vara bäst och förklara ditt svar!

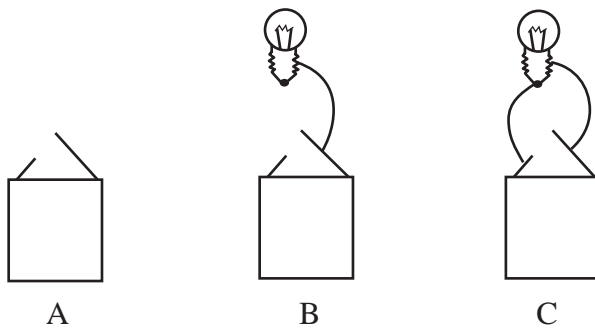
5. Hur lyser lamporna i serien?

Tre likadana lampor är kopplade till ett batteri. Alla lampor lyser.

<p>Vad gäller om lampa A jämfört med lampa B?</p> <p><input type="checkbox"/> A lyser starkare än B</p> <p><input type="checkbox"/> A lyser lika starkt som B</p> <p><input type="checkbox"/> A lyser svagare än B</p>	<p>Vad gäller om lampa C jämfört med lampa B?</p> <p><input type="checkbox"/> C lyser starkare än B</p> <p><input type="checkbox"/> C lyser lika starkt som B</p> <p><input type="checkbox"/> C lyser svagare än B</p>
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Förklara dina svar!

6. Ström och spänning

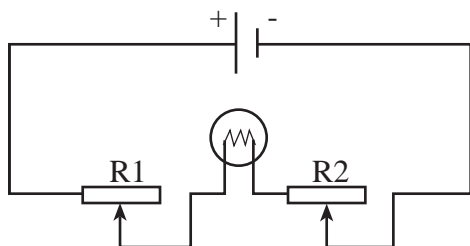


Betrakta figurerna A, B och C! Batterierna är nya, och lamporna är OK! Läs varje mening nedan, och sätt ett kryss i rutan om meningen är sann.

	A	B	C	vet ej
1. Det finns elektrisk ström i figur	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Det finns elektrisk spänning i figur	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Förklara dina svar!

7. Lampan och motstånden



Nils och Sofia har kopplat den elektriska krets som bilden visar. R1 och R2 är två motstånd som kan öka eller minska. Lampan lyser.

Deras lärare säger: I en elkrets går strömmen från plus till minus. Vad kommer att hända med ljusstyrkan på lampan om motståndet R1 ökar?

Vilket är ditt svar på lärarens fråga? Sätt ett kryss!

Ljusstyrkan kommer att öka minska vara oförändrad

Förklara ditt svar!

Lärarens nästa fråga är: Vad kommer att hända med ljusstyrkan på lampan om motståndet R2 ökar?

Vilket är ditt svar på denna fråga? Sätt ett kryss

Ljusstyrkan kommer att öka minska vara oförändrad

Förklara ditt svar!

BILAGA 2
MATERIEL FÖR ARBETE MED LIKSTRÖMSKRETSAR

För en klass på 30 elever och för ett rikt och intressant arbete under ca 10 veckor i helklass resp. halvklass, kan följande materiel rekommenderas tillsammans med lärarhandledningen Ett sätt att undervisa om likströmskretsen. Samtlig materiel kan köpas tom 17 aug 2003 för fasta priser enligt nedan hos Clas Ohlson, www.clasohlson.se :

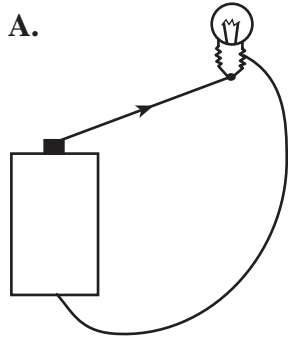
				30 elever	15 elever
4,5V batterier	3R12, 4,5 V	nr 32-7037	36 st resp 24 st	336 kr	224 kr
1,5V batterier	R20, 1,5V	nr 32-2025	30 st resp 24 st	168 kr	130 kr
4V glödlampor		nr 22-2077	40 st resp 20 st	200 kr	100 kr
12 V spollampor		nr 25-1389	10 st resp 4	70 kr	28 kr
lamphållare		nr 22-2093	30 st resp 20 st	300 kr	200 kr
skruvmejselsats mini		nr 30-6885	15 st resp 7st	285 kr	133 kr
cykelbaklysen,		nr 35-1658	15 st resp 7 st	360 kr	168 kr
cykellampor,		nr 35-1673	5 st resp 3 st	245 kr	147 kr
plastisolerad enkelledare		nr 49-126-35	2 x 25 m	78 kr	78 kr
oisolerad tråd, mässing		nr 30-6025	2 x23 kr	46 kr	46 kr
kabelskalare, 1 st		nr 20-3837		98 kr	98 kr
dioder 1N4007,		nr 22-107	30 st	53 kr	53 kr
strömbrytare,		nr 32-70003-2	10 resp 5 st	110 kr	65 kr
saxar		nr 34-254	3 st	117 kr	117 kr
krokodilklämmor		nr 22-742,	100 resp 20 st	600 kr	144 kr
häftstift,		nr 26-992	200 st	21 kr	21 kr
gem,		nr 26-993	100 st	10 kr	10 kr
kontorstejp,		nr 31-3278	6 st	38 kr	38 kr
påsningar,		nr 26-837	100 st	14 kr	14 kr
albumblad,		nr 37 1262	30 st kartong	39 kr	39 kr
klädnypor,		nr 34-1268	36-pack	14 kr	14 kr
tryckströmbrytare		nr 22-2153	10 st	100 kr	100 kr
omkopplare		nr 12-687	2 st	62 kr	62 kr
elementtråd		nr 49-206	0,2mm ø, 2x10 m	44 kr	44 kr
elementtråd		nr 49-210	0,4mm ø, 10 m	49 kr	49 kr
grenuttag, jordat		nr 32-7215		19 kr	19 kr
strålkastarlampa 6V		nr 35-69-6	2 st	38 kr	38 kr
blinklampor, 10 st		nr 22-1199		65 kr	65 kr
magnetiska strömbrytare		nr 32-5329	2 st resp 1 st	78 kr	39 kr
summer		nr 22-572	1 st	30 kr	30 kr
				3687 kr	2313 kr
digital multimeter		nr 32-7161		265 kr	265 kr

Materiel som inte kan fås i lämpliga förpackningar hos Clas Ohlson, men som är intressant i undervisningen:

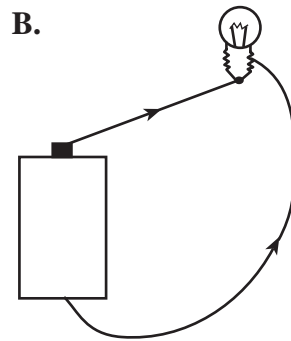
- aluminiumfolie
- ficklampor (eleverna kan ta med sig hemifrån)
- små platta träbitar, att fästa häftstift på och tillverka en strömbrytare av
- frigolitbrickor, att spänna upp elementtråd på
- lackad koppartråd, för utmaningar
- fasta små motstånd

BILAGA 3
HUR GÅR STRÖMMEN I KRETSEN?

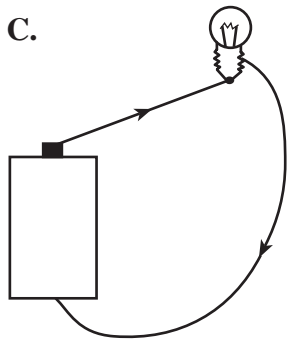
Ett batteri är kopplat till en glödlampa så som bilderna visar.
Vilken bild anser du bäst beskriver den elektriska strömmen?



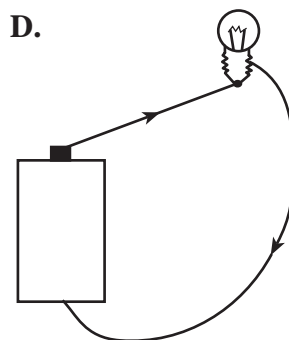
Det är ingen ström i tråden som är kopplad till batteriets undersida.



Strömmen går mot lampan i båda trådarna.



Strömmens riktning är som på bilden. Men det är mindre ström i tråden som går tillbaka till batteriet



Strömmens riktning är som på bilden. Strömmen är lika stor i båda trådarna.

Ringa in den bild du anser vara bäst och förklara ditt svar!

BILAGA 4
LAMPAN OCH MOTSTÅNDEN

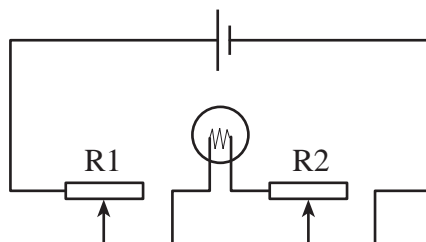
R1 och R2 är två motstånd som kan öka eller minska.

a) Om R1 *minskas*, kommer ljusstyrkan på lampan att

öka minska

vara oförändrad?

Förklara hur du tänkte!



b) Om R2 *ökas*, kommer ljusstyrkan på lampan att

öka minska vara oförändrad.

Förklara hur du tänkte!

c) Om R1 *ökas*, kommer ljusstyrkan på lampan att

öka minska vara oförändrad.

Förklara hur du tänkte!

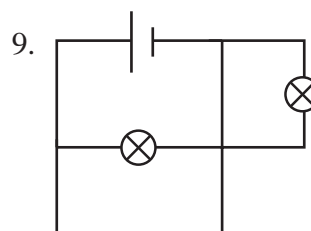
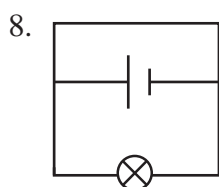
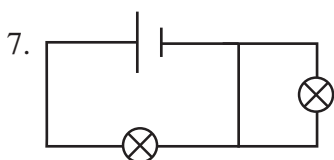
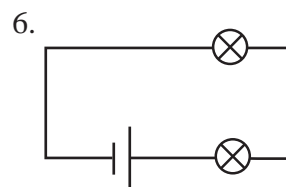
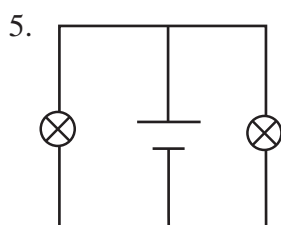
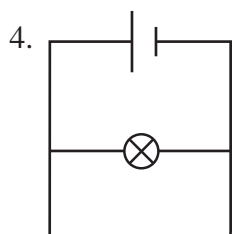
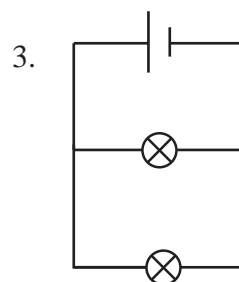
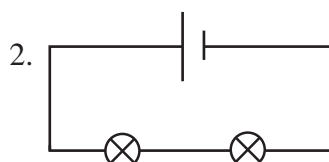
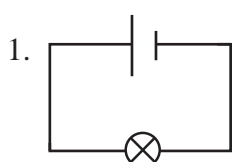
c) Om R2 *minskas*, kommer ljusstyrkan på lampan att

öka minska vara oförändrad.

Förklara hur du tänkte!

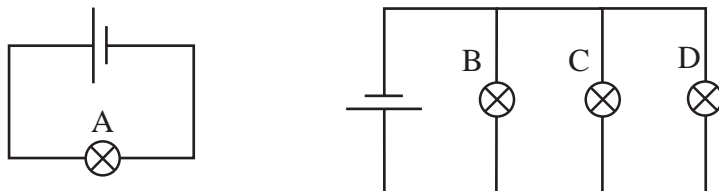
BILAGA 5
HUR LYSER LAMPORNA?

I kopplingarna nedan är alla lampor och alla batterier lika. I koppling 1 lyser lampan normalt. Förutsäg hur lamporna i kopplingarna 2 t. o. m. 9 lyser jämfört med lampan i koppling 1.



BILAGA 6
FRÅGOR OM FYRA ELKRETSAR

Första kretsen



Alla lampor och batterier är lika. Lampa A lyser normalt. Hur lyser lampa B jämfört med A?

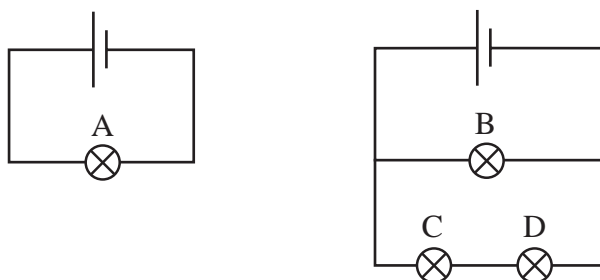
Hur lyser lampa B, C och D i förhållande till varandra?

Vad händer med B och D om man skruvar ur C?

Var kan man placera en strömbrytare om man vill kunna tända och släcka B, C och D samtidigt?

Var kan man placera en strömbrytare om man vill kunna tända och släcka C och D samtidigt?

Var kan man placera en strömbrytare om man vill kunna tända och släcka C ?

Andra kretsen

Alla lampor och batterier är lika. Lampa A lyser normalt. Hur lyser lampa B jämfört med A?

Hur lyser lampa B, C och D i förhållande till varandra?

Vad händer med B och D om man skruvar ur C?

Var kan man placera en strömbrytare om man vill kunna tända och släcka B, C och D samtidigt?

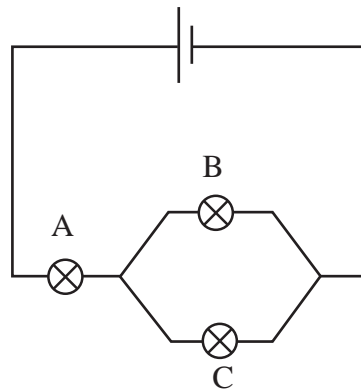
Var kan man placera en strömbrytare om man vill kunna tända och släcka C och D samtidigt?

Var kan man placera en strömbrytare om man vill kunna tända och släcka B?

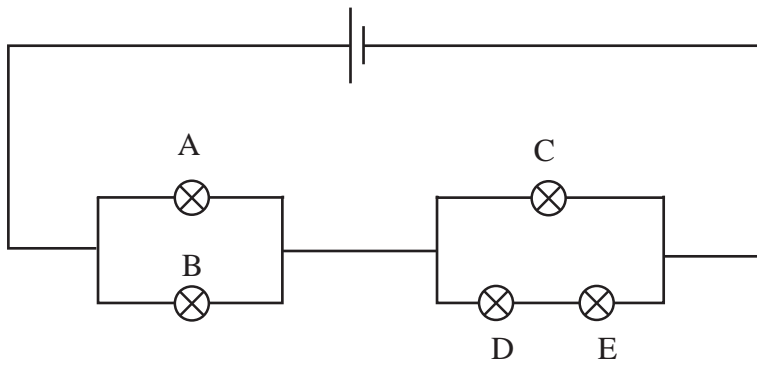
Tredje kretsen

All lampor är lika.
Hur lyser B i förhållande till A?

Hur lyser B i förhållande till C?



Vad händer med A och B om C skruvas ur?

Fjärde kretsen

Alla lampor är lika. Hur lyser de i förhållande till varandra?