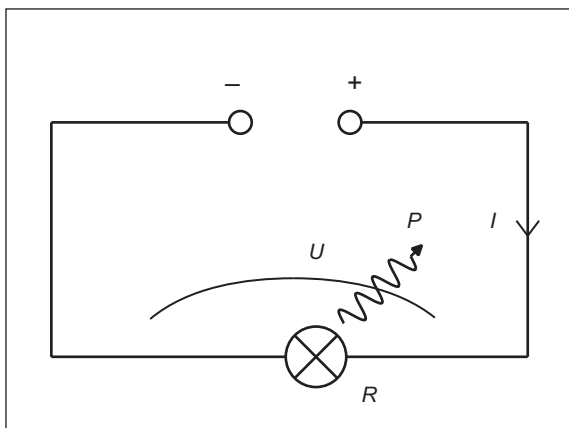
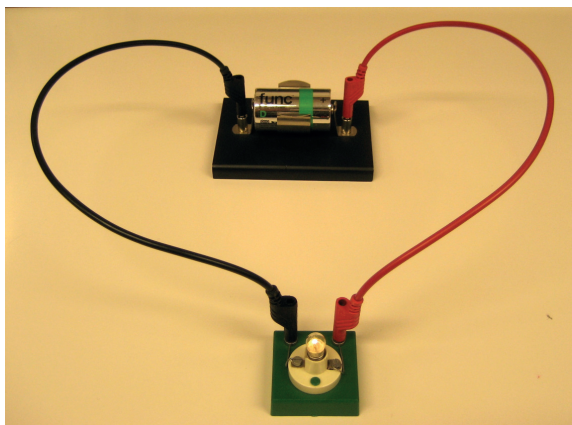


9 Elektricitet



Vad är det egentligen som händer när vi kopplar en glödlampa till ett batteri?

Målsättningar

Efter att ha arbetat med det här området ska du

- ... ha vant dig vid begreppet laddning,
- ... förstå vad jordning innebär,
- ... kunna använda Coulombs lag för att bestämma den elektriska kraften mellan laddningar (samt kunna lösa problem),
- ... ha vant dig vid elektriska fält (t.ex. kunna rita ut och beräkna kraften på en laddning som befinner sig i ett elektriskt fält) (samt kunna lösa problem),
- ... förstå begreppen elektrisk energi, elektrisk spänning och elektrisk potential (samt kunna lösa problem),
- ... förstå begreppet elektrisk ström (samt kunna lösa problem),
- ... förstå begreppen resistans och resistivitet (samt kunna lösa problem),

- ... med hjälp av $R = \frac{U}{I}$ kunna göra beräkningar av ström, spänning och resistans i enklare kretsar,
- ... kunna beräkna ersättningsresistansen i kretsar med serie- och parallellkopplade motstånd (samt kunna lösa problem),
- ... känna till Kirchhoffs lagar och kunna använda dem i enklare kretsar,
- ... kunna göra enklare uppkopplingar efter kopplingschema och kunna göra ström-, spännings-, och resistansmätningar med en multimeter,
- ... förstå begreppet elektrisk effekt (samt kunna lösa problem).

Innehåll

[1] Protoner och elektroner (men inte neutroner) har en egenskap som vi kallar **elektrisk laddning**. Det finns två slags laddning, positiv och negativ. Ett föremål med underskott av elektroner blir positivt laddat (på grund av protonerna i atomkärnorna), ett föremål med överskott av elektroner blir negativt laddat. Laddning mäts i enheten coulomb (C). Notera att 1 C är en väldigt stor laddning.

Jordning av ett föremål innebär att föremålet bringas i elektrisk kontakt med jordytan.

Boken: s. 257–259 (9.1)

PhET: John Travoltage

Bra uppgifter: 9-1, 9-2, 9-3, 9-4, 9-5, DiF-8, ReF-1.



[2] Föremål med samma slags laddning repellerar varandra, föremål med olika slags laddning attraherar varandra. Den ömsesidiga elektriska kraften mellan två punktformiga laddningar kan beräknas med hjälp av **Coulombs lag**. Tänk på att krafterna på vardera laddning är lika stora (men motsatt riktade), även om laddningarna är olika stora.

Boken: s. 260–261 (9.1)

Daniel Barker 9.1

Övningsblad: Bli kompis med Coulombs lag

Bra uppgifter: 9-6, 9-7, 9-8, 9-9, 9-10, 9-11, ReF-2.



Blixtnedslag. Bild från <https://en.wikipedia.org/wiki/Thunderstorm> (Foto: Rainer Knäpper).

[3] Varje laddning, eller fördelning av laddningar, säger vi ger upphov till och omges av vad vi kallar ett **elektriskt fält** (elektriska fält finns också där magnetiska fält förändras med tiden, men mer om detta i samband med induktion i Fy 2-kursen). En laddning som befinner sig i ett elektriskt fält "känner av" fältet och påverkas av en elektrisk kraft.

Fältbegreppet kan vara lite lurigt innan man har vant sig. Men vi kan tänka oss ett elektriskt fält som något som inte är materiellt men som ändå existerar ("existerar" får här betyda "finns där när vi mäter, direkt eller indirekt").

Den fysikaliska storhet som vi använder för att beskriva ett elektriskt fält kallas **elektrisk fältstyrka** ($\vec{E}$). Elektrisk fältstyrka är en vektorstorhet och har därmed både storlek och riktning. I varje punkt i rummet har den elektriska fältstyrkan en viss storlek och en viss riktning.¹

Elektriska fält kan åskådliggöras genom att välja ut ett antal punkter och i varje punkt rita en pil som visar storlek och riktning hos den elektriska fältstyrkan i just den punkten. Vi kan också rita så kallade fältlinjer (som inte måste vara räta linjer). Linjerna visar den elektriska fältstyrkans riktning, och linjetätheten indikerar den elektriska fältstyrkans storlek (hur starkt det elektriska fältet är).

Det fina med elektriska fält är att om den elektriska fältstyrkan $\vec{E}$ är känd kan vi lätt bestämma hur stor den elektriska kraften $\vec{F}$ på en laddning q är, eftersom $\vec{F} = q\vec{E}$ (följer av definitionen av fältstyrka). Ofta är det mycket lättare att bestämma elektriska krafter så här, än att använda Coulombs lag direkt.

Boken: s. 262–263 (9.2) Daniel Barker 9.2

PhET: Elektriska fält (Charges and Fields)

PhET: Electric Field Hockey

Bra uppgifter: 9-12, 9-13, 9-14, 9-15, 9-16, EF01, EF03. ☐

[4] En laddning i ett elektriskt fält har olika stor **elektrisk (läges-)energi** beroende på var den befinner sig. I ett homogent fält mellan två laddade plattor kan den elektriska lägesenergin beräknas enligt

$$W = \pm QEs,$$

där Q är laddningens storlek, E elektriska fältstyrkan och s är det vinkelräta avståndet till den platta där 0-nivå valts. Tecknet (+ eller −) avgörs av huruvida lägesenergin är större (+) eller mindre (−) än i 0-nivån.

Boken: Boken tar ej upp detta som ett separat avsnitt. Det finns lite på s. 264 och lite på s. 283.

Daniel Barker 9.3-1

Övningsblad: Elektrisk energi

Bra uppgifter: EF02. ☐

¹Notera att man ibland kallar storheten elektrisk fältstyrka för elektriskt fält. "Elektriskt fält" används alltså i olika betydelser.

[5] **Elektrisk spänning** kan definieras på olika vis. Jag tycker det bästa är att säga att spänningen mellan två punkter i ett elektriskt fält ges av

$$U = \frac{\Delta W}{Q},$$

där ΔW är ökningen eller minskningen av elektriska lägesenergin när laddningen Q förs mellan punkterna.²

Observera att om spänningen mellan två parallella plattor är känd, så kan den elektriska fältstyrkan i det homogena fältet mellan plattorna lätt beräknas ($E = \frac{U}{d}$, där d är avståndet mellan plattorna).

Boken: s. 264–267 (9.3)

Daniel Barker 9.3-2

Övningsblad: Acceleration av elektroner

Bra uppgifter: 9-17*, 9-18*, 9-19, 9-20*, 9-22, 9-23*, 9-24, 9-25, 9-26*, 9-27. ☐

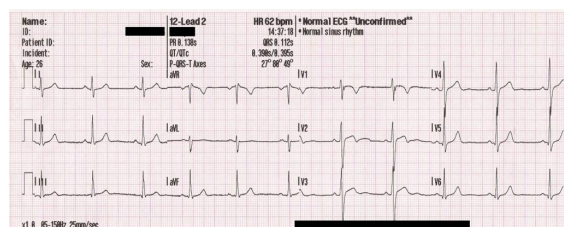
[6] Den **elektriska potentialen** i en punkt kan definieras

$$V_P = \frac{W_P}{Q},$$

där W_P är den elektriska lägesenergin för en positiv testladdning Q placerad i punkten P (med jord som 0-nivå). Vi kommer att hålla oss till homogena fält mellan två parallella, laddade plattor och välja 0-nivå för elektrisk lägesenergi vid den platta som jordas. Notera att spänningen mellan två punkter är lika med (absolutbeloppet av) potentialskillnaden. Observera att vi alltid pratar om spänning *mellan två punkter*, men potentialen *i en punkt*.

Boken: s. 283–285 (9.7)

Bra uppgifter: 9-63, 9-64, 9-65, 9-66. ☐



Ett EKG visar potentialskillnader. Bild från <https://sv.wikipedia.org/wiki/Elektrokardiografi>.

²När elektriska lägesenergin förändras utträttas i allmänhet ett arbete som är lika stort ($A = \Delta W$). Spänningen mellan två punkter kan därför också definieras som $U = \frac{A}{Q}$, där A är arbetet som utträttas när laddningen förs från ena punkten till den andra.

[7] **Från parallella plattor till enkel elektrisk krets** är steget faktiskt inte så långt. Om vi förstår vad som händer med en laddning som flyttas i ett elektriskt fält mellan två laddade, parallella plattor så kan vi resonera oss fram till vad som händer i en enkel elektrisk krets bestående av ett batteri och en lamp.

Boken: Finns lite om detta på s. 268.

Teoriblad: Från parallella plattor till enkel krets

PhET: Bygg elektriska kretsar (Circuit Construction Kit: DC)

[8] För att flytta laddning runt i en elektrisk krets behövs en **spänningskälla** av något slag. Ett spänningskälla, till exempel ett vanligt batteri, kan förenklat ses som en "laddningspump". Ett batteri fungerar som så att vid ena polen kan kemiska reaktioner där elektroner *avgas* äga rum, och vid andra polen kan kemiska reaktioner där elektroner *upptas* äga rum. Notera att det finns andra typer av spänningskällor än batterier, till exempel solceller.

Boken: Finns lite om detta på s. 271.

Bra uppgifter: 9-21*.

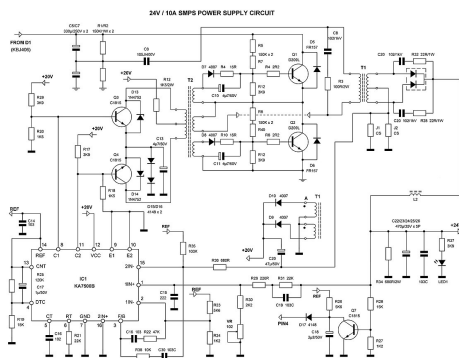
[9] **Elektrisk ström** är ett mått på hur mycket laddning som passerar ett tvärsnitt i någon ledare per tidsenhet. Notera att man av historiska skäl säger att strömmen går från pluspol till minuspol utanför en spänningskälla. I själva verket är det oftast elektroner som är laddningsbärare i elektriska kretsar, och dessa rör sig från minuspol mot pluspol.

Boken: s. 268–271 (9.4)

Daniel Barker 9.4

Bra uppgifter: 9-28, 9-29, 9-30, 9-31, 9-33, 9-34, DiF-5.

PhET: Bygg elektriska kretsar (Circuit Construction Kit: DC)



Kopplingsscheman kan vara ganska krångliga. Bild från https://commons.wikimedia.org/wiki/Category:Circuit_diagrams.

[10] Elektriska kretsar beskriver vi med **kopplingsschema**. Det är viktigt att vänja sig vid att kopplingsschema är schematiska.

Mätning av spänning görs med en voltmeter, och **mätning av ström** görs med en amperemeter. En **multimeter** kan fungera både som amperemeter och som voltmeter. Observera att spänning alltid mäts mellan två punkter. Ström mäts vid en punkt (egentligen "genom ett tvärsnitt av en ledare vid någon punkt i en elektrisk krets").

Boken: s. 271–272 (9.4)

Bra uppgifter: 9-32, 9-35*, ReF-6.

[11] Hur stor strömmen blir genom en komponent (till exempel en glödlampa) som kopplas till en given spänningskälla avgörs av komponentens **resistans**. Resistansen hos en metalltråd kan beräknas om vi vet materialets **resistivitet**, som är en materialkonstant.

Om en komponents resistans är densamma oberoende av hur stor ström som flyter genom den, eller hur stor spänning som läggs över den, så sägs komponenten följa **Ohms lag**. Skilj på den allmänna definitionen av resistans ($R = \frac{U}{I}$), och Ohms lag uttryckt med en formel ($U = RI$, där R är konstant).

Boken: s. 273–277 (9.5)

Daniel Barker 9.5

Bra uppgifter: 9-37, 9-38, 9-39, 9-40, 9-41, 9-42, 9-43, 9-44, 9-45, 9-46, 9-47, DiF-1.

[12] **Elektriska kretsar** kan se ut på många olika sätt. Vi begränsar oss till kretsar med ett eller flera motstånd kopplade till en spänningskälla. Motstånd kan **seriekopplas** eller **parallellkopplas**. Den totala resistansen för ett antal motstånd kan bestämmas genom att vi beräknar motståndens **ersättningsresistans**.

Eftersom mätinstrument inte ska störa det man vill mäta är det så att en bra amperemeter har *liten* resistans, och en bra voltmeter har *stor* resistans.

Boken: s. 278–282 (9.6)

Daniel Barker 9.6

Bra uppgifter: EK01, EK02, EK03, EK04, EK05, EK06, EK07, 9-49, 9-50, 9-51, 9-52, 9-53, 9-55, 9-54, 9-36, 9-48, 9-56, EK08, EK09, 9-57, 9-58, 9-59, 9-60, DiF-2, ReF-5, ReF-8.

PhET: Bygg elektriska kretsar (Circuit Construction Kit: DC)

[13] Vid beräkningar av strömmar och spänningar i elektriska kretsar kan man ha nytta av **Kirchhoffs lagar**. Kom ihåg att 1) potentialen minskar när man går i strömmens riktning genom ett motstånd (minskningen = spänningen över motståndet) och 2) potentialen ökar när man går i strömmens riktning genom en spänningskälla (ökningen = polspänningen). Kom också ihåg (från [6]) att vi har definierat potential så att den är noll i jordade punkter.

Boken: s. 286–287 (9.7)

Bra uppgifter: 9-61, 9-62, **9-67**, ReF-7. ☐

[14] Om vi vet spänningen över och strömmen genom ett motstånd kan den **elektriska effekt** som utvecklas i motståndet beräknas. Och om vi vet effekten kan den energimängd som *omvandlas* under en viss tid beräknas (eftersom energiomsättningen $\Delta W = P\Delta t$). Observera dock att man inte bör kalla denna energimängd “elektrisk energi”. Med elektrisk energi menar vi den energi ett system av laddningar har beroende på hur laddningarna är placerade i förhållande till varandra, se [4] ovan.

Boken: s. 288–292 (9.8)

Daniel Barker 9.8

Bra uppgifter: **9-68, 9-69, 9-70, 9-71, 9-72, 9-73, 9-74, 9-75, 9-76, 9-77, 9-78**, DiF-7. ☐

För att uppnå riktigt god fysikförståelse kan det avslutningsvis vara bra att också arbeta igenom följande (gärna tillsammans med kamrater):

Diskutera fysik (DiF) 3, 4, 6, 10, 11.

Resonera fysik (ReF) 9 (omfattande men riktigt bra uppgift).

Uppskatta fysik (UpF) 2, 5.

Testa dig i fysik (TDIF) 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11.

Kommentarer om *-märkta uppgifter

I 9-17, 9-18, 9-20, 9-21, 9-23 och 9-26 använder boken “arbete” där jag tycker det vore bättre att använda “ökning/minskning av elektrisk lägesenergi” (och formulera om frågorna något).

I 9-35 skulle jag gjort uppkopplingen annorlunda. En voltmeter bör anslutas sist, så att den är enkel att ta bort.

Övriga kommentarer

DiF-9 handlar om polarisation och kan skippas.

DiF-10, 11, ReF-3, 4 samt UpF-1, 3 och 4 tycker jag också vi kan skippa.

Vad vi inte gör: Influens och polarisation. Elektromotorisk spänning och inre resistans. Kondensatorer.