

DEMONSTRATIONER

ELEKTROSTATIK I

Elektrisk influens
Laddning, kapacitans och spänning
Urladdning
Kraftverkan mellan kondensatorplattor

Introduktion

I litteraturen och framför allt på webben kan du enkelt hitta ett stort antal experiment som kan utföras med mycket enkla hjälpmedel för att påvisa elektrostatiska fenomen. Nedan har vi valt ut en del av dessa försök och i denna demonstration skall du koncentrera dig på att visa:

1. Elektrisk influens.
2. Laddning, kapacitans och spänning.
3. Urladdning.
4. Kraftverkan mellan kondensatorplattor.

Försöken är enkla och utförs med mycket enkla medel – men kan kräva en hel del övning för att fungera bra. För att det du skall visa skall framgå så starkt som möjligt får du inte ha för bråttom. Tala inte om för åskådaren vad som skall ske, men tala hela tiden om vad du gör för att åstadkomma den önskade effekten. Vad ser åskådaren? Hur skall det förklaras? Tänk också på att klargöra orsakssammanhangen, t.ex. kan man med fördel *först* visa att en *urladdad* stav *inte* påverkar det system man vill studera utan *först efter det att man*, med någon metod, *överfört laddning* till staven.

1. Elektrisk influens

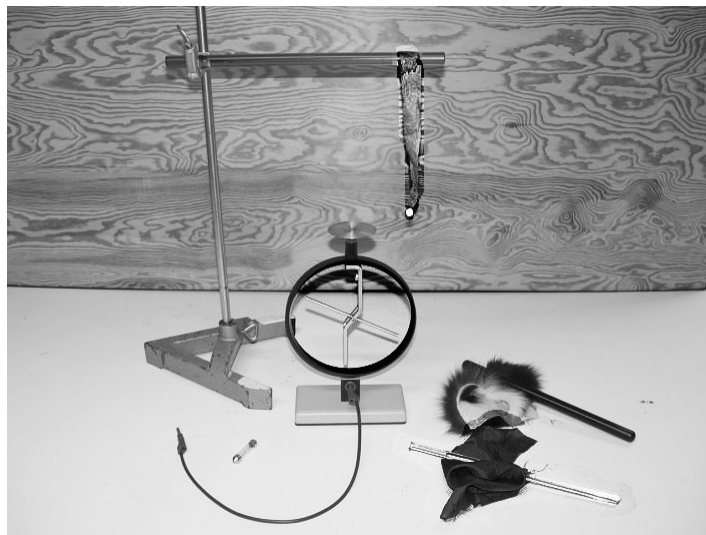
Materiel:

Elektroskop.

Ebonitstav och kattsinn (gör staven negativ), glas/plaststav och sidenduk (gör staven positiv).

Lätt, ickeledande kula upphängd i remsa av silkespapper.

Aluminiumburk.



Figur 1. Elektroskopet och en del av den utrustning som används för elektrostatiska försök.

För att nedanstående försök skall gå fram tydligt måste du göra *mycket* långsamma rörelser för att undvika att kulan eller elektroskopets visare skall börjar svänga på ett sätt som försvårar tolkningen av den elektrostatiska påverkan. Det kan ibland vara instruktivt att upprepa vissa rörelser för att visa att utslagen är entydiga och reproducerbara. Öva!

- Ladda upp ebonitstaven genom att gnida den med kattsinnet. För staven sakta mot den upphängda kulan och notera att kulan först attraheras av staven och sedan, efter kontakt, repelleras av staven (det kan krävas flera kontaktförsök innan kulan tar emot stavens laddning). Förklara. Diskutera stavens och kulans laddningar. Visa återigen att kulan repelleras av ebonitstaven. Vad händer nu om du för en stav med motsatt laddning mot kulan?

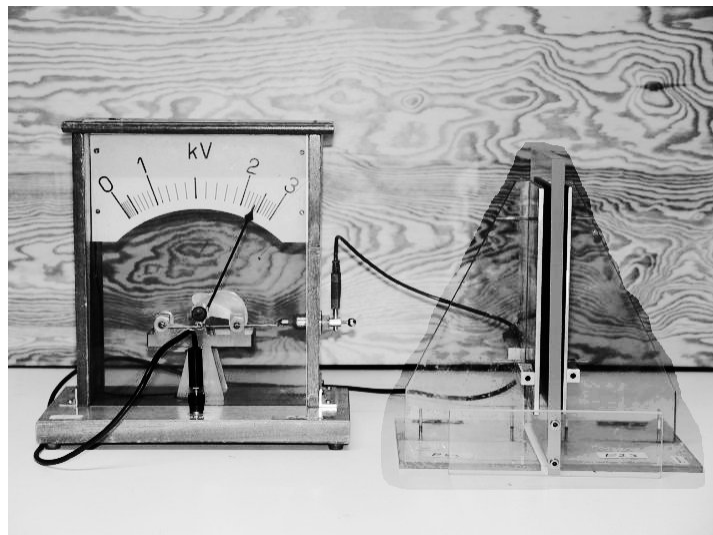
I avsnitt 5 nedan om "Laddningsrelationer" kan du lära dig vilka "mjuka" material som ger positiv respektive negativ laddning för olika stavmaterial.

- Demonstrera elektroskopets funktion[†] genom att långsamt föra en laddad stav mot den övre platta delen. Elektroskopet kan sedan laddas upp genom direkt kontakt med ett laddat föremål eller med hjälp av influens genom att hålla en laddad stav nära elektroskopets övre platta del och sedan urladda delar av det, genom att kort beröra elektroskopets övre eller undre fasta del (håll kvar staven i nära läge och avlägsna den *efter* urladdningen). Diskutera elektroskopets laddning. Undersök inverkan av en stav med motsatt laddning mot den första.
- Influens kan påvisas på flera sätt. 1) Experimentera med att påvisa en attraktiv kraft mellan en laddad stav och en smal vattenstråle. Observera att kraften är alltid attraktiv oberoende av tecknet hos stavens laddning. Vad kan detta bero på och hur uppkommer kraftverkan? 2) Lägg en (tom) läskedrycksburk av aluminium på ett plant underlag. Försök få burken att rulla utan att vidröra den med hjälp av en uppladdad stav. Förklara!

2. Laddning, kapacitans och spänning

Materiel:

Elektrostatisk voltmeter.
Plattkondensator i form av aluminiumplattor med stöd.
Aluminium/plexiglasskiva med stöd.
Glimlampa.



Figur 2. Elektrostatiskt voltmeter med plattkondensator. I figuren har en plexiglasskiva förts in mellan plattorna.

För en plattkondensator gäller att dess kapacitans C (förmåga att lagra en viss mängd laddning på plattorna för en given spänning U över plattorna) beskrivs av uttrycket $C = \epsilon_r \epsilon_0 \cdot \frac{A}{d}$, där ϵ_0 är en naturkonstant (dielektricitetskonstanten för vakuum) och ϵ_r en faktor >1 som beror av materialet mellan plattorna (för luft är $\epsilon_r = 1$). A är plattornas area och d avståndet mellan dem. Då $Q = C \cdot U$ finner vi att dessa storheter är relaterade till varandra som $Q = \epsilon_r \epsilon_0 \cdot \frac{A}{d} \cdot U$

- I denna demonstration skall du använda två aluminiumplattor med stöd, som ställda mot varandra på ett avstånd på 1 - 2 cm skall fungera som en plattkondensator. Koppla in den elektrostatiska voltmeter mellan plattorna[‡]. Ladda upp den ena plattan i kondensatorn

[†] Elektroskopet uppfanns 1748 av Jean Antoine Nollet, 1700–1770, fransk prästlärare, experimentalfysiker och medlem av Paris vetenskapsakademi.

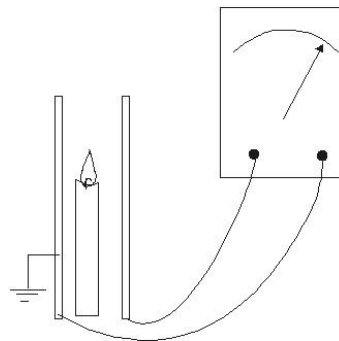
[‡] Patenterades av William Thompson (Lord Kelvin) år 1887 (skotsk matematiker och fysiker, 1824–1907).

med hjälp av en uppladdad ebonitstav. Studera utslaget på voltmeter. Förklara hur den elektrostatiska voltmeter fungerar. Identifiera vilka slags laddningar som samlats på de olika plattorna.

- Öka och minska avståndet mellan plattorna genom att sakta dra isär eller föra den ena plattan mot den andra. Iaktta utslaget på den elektrostatiska voltmeter. Förklara! Diskutera det faktum att när utslaget på voltmeter *ökar* (*minskar*) så är det ett tecken på att kondensatorns kapacitans *minskar* (*ökar*). Varför ökar (minskar) då spänningen?
- Vad händer om vi för in ett dielektrikum mellan plattorna? Till förfogande finns ett par rektangulära skivor av plexiglas och aluminium. Välj ett lämpligt avstånd mellan kondensatorplattorna. Ladda upp kondensatorn och för in en aluminiumskiva mellan plattorna. Vad händer? Ta bort aluminiumskivan och för in plexiglasskivan istället. Vad händer? För in en lärobok i ellära mellan plattorna. Förklara!

3. Urladdning

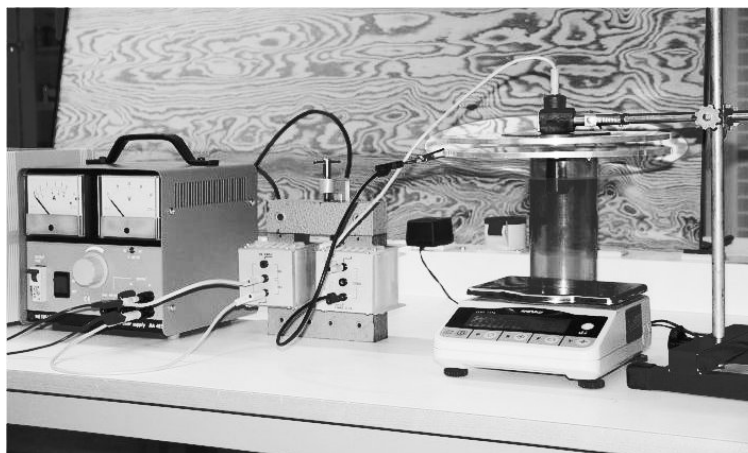
- Den uppladdade kondensatorn kan urladdas med hjälp av en glimmlampa.
- Ett annat sätt att ladda ur kondensatorn är att införa sotpartiklar mellan plattorna. Ladda upp kondensatorn fullt och tänd ett lite ljus och för in mellan plattorna. Beträkta lågan! Vad händer? Förklara (lågan innehåller i huvudsak positiva koljoner)!



4. Kraftverkan mellan kondensatorplattor

Materiel:

Plattkondensator med cirkulära skivor.
Plexiglasskiva, stativ, cylinderstöd.
Våg (min 2 kg).
Voltmeter.
Spänningskälla $\sim 30V$.
Transformator 300/12000.



Figur 4. Uppställning för mätning av kraften mellan cirkulära kondensatorplattor

Bygg upp en plattkondensator enligt figuren ovan. Den undre plattan vilar, via ett isolerande, cylindriskt rör av plexiglas mot vågen. Den övre plattan fixeras med hjälp av klämma och stativ, cirka 6 – 7 mm över den undre (ju närmare de kan placeras utan kontakt, desto bättre. Varför?). Plattorna matas med växelström för att enkelt kunna generera den spänning som fordras (ca 1500 V). Tänk igenom varför plattorna attraheras, oberoende av om likspänning

eller växelspänning läggs över plattorna. Notera hur mycket vågens utslag ändras då spänningen dras på (öka försiktigt från noll till max). **OBS: Håll fingrarna borta från sekundärsidan – spänningen där blir över 1000V!** Beräkna spänningen på sekundärsidan.

- Under förberedelsen av denna demonstrationer är det lämpligt att göra några elektriska mätningar, enligt teorin nedan, så att du kan presentera ett uppmätt värde på dielektricitetskonstanten och plexiglasets relativa dielektricitetskonstant.

- Om laddningen på plattorna är $\pm Q$ och fältet är E så är attraktionskraften mellan plattorna

$$F = QE. \text{ Men då } Q = CU = \epsilon_0 \frac{A}{d} U \text{ och } E = \frac{U}{d} \text{ med } Q = \epsilon_0 EA, \text{ där } A \text{ är plattans area}$$

får vi slutligen $F = \epsilon_0 E^2 A = \epsilon_0 \frac{U^2}{d^2} A$. U är spänningen och d är avståndet mellan plattorna. Attraktionskraften motsvarar tyngden av en viss massa Δm (vågens utslag minskar med Δm). Detta ger

$$\epsilon_0 = \frac{\Delta mgd^2}{U^2 A}$$

Med denna formel kan värdet på ϵ_0 kontrolleras!

- Lagg den cirkulära plexiglasskivan mellan plattorna (**vrid alltid ner spänningen till noll och stäng av spänningskällan när plattorna manövreras!**). Avläs vågens värde med och utan platta vid en och samma spänning och beräkna den relativa dielektricitetskonstantet för plexiglas.

5. Laddningsrelationer

Gnids med	Kattskinn	Ylle	Siden	Gummi	Nylon	Papper
Stav av						
Glas		+	+	+	-	+
Ebonitstav	-	-	-	+	-	+
Plexiglas	-	-	+	+	-	+
Nylon	+	+	-			+
Teflon	-	-				

Tabell 1. Tabell över laddningar som stavar av olika material erhåller som gnids med olika mjuka material.