

Eksperiment nummer	136930	Emne	Elektrostatik, capacitor		
Version	2019-01-02 / HS	Type	Elevøvelse	Foreslås til	gymA p. 1/4



## Formål

En undersøgelse en pladekapacitor med og uden dielektrikum. Bestemmelse af en eksperimentel værdi for vakuumperrmittiviteten  $\epsilon_0$ .

## Princip

Kapacitoren oplades med en højspændingsforsyning til en Spænding  $U$ , og aflades gennem et elektrometer, hvorved ladningen  $Q$  bestemmes. Kapacitansen er da givet ved  $C = Q/U$ .

## Apparatur

(Se detaljeret liste på p. 4)

Pladekapacitor med afstandsstykker

Dielektrikum for pladekapacitor

Højspændingsforsyning

Elektrometer

Stativfod.

Diverse ledningsmateriel

## Advarsel

Højspændingsforsyningen, som bruges i dette eksperiment, **skal** være forsynet med en strømbegrænser, som sikrer at den ikke kan levere mere end 2 mA.



Dette opfyldes af Frederiksens model 367060 (samt de tidligere modeller 366060 og 366050).

Det er forbundet med livsfare at anvende en højspændingsforsyning, som kan afgive højere strømme.



NB: I denne øvelse skal spændingen holdes under 1500 V (dvs. 1,5 kV).

## Forberedelser

Hele opstillingen kan ses på forsiden.

Sørg for at anvende en stikkontakt med jord og et trepolet netkabel (dvs. med jord) til højspændingsforsyningen!

Højspændingsforsyningens minus-pol (sort bøsning) forbindes til jord (gul/grøn bøsning).

Skru spændingsforsyningen helt ned.

Spænd den ene capacitorplade fast i en stativfod. Forbind denne til plade til minus på strømforsyningen og til elektrometers stelbøsning (gul/grøn bøsning).

Læg tre af de medfølgende små afstandsstykker i en stor trekant ovenpå og læg den anden capacitorplade ovenpå igen.

Forbind en ledning mellem plus-polen på højspændingsforsyningen og en isoleret stang (441002). Denne ledning skal bruges til at oplade kapacitoren.

Forbind en anden ledning mellem en isoleret stang og bøsningen til ladningsmåling ("Q") på elektrometeret. Denne ledning skal bruges til at aflade kapacitoren.

Indstil elektrometeret på "500 nC" og tænd det.



NB: Undgå, at der dannes forbindelse mellem spændingsforsyning og elektrometeret (dvs. mellem opladnings- og afladningsledningerne)!

Det kan ødelægge elektrometeret.

## Udførelse

### 1 - Variér spændingen

Start med at indstille spændingen  $U$  til ca. 300 V.

Hold en af de isolerede stænger i hver hånd, så de let kan berøre bøsningen på den øverste capacitorplade på skift.

Nulstil elektrometeret.

Lad kapacitoren op og af og bemærk, hvor meget viseren på elektrometeret bevæger sig (ladningen  $Q$ ).

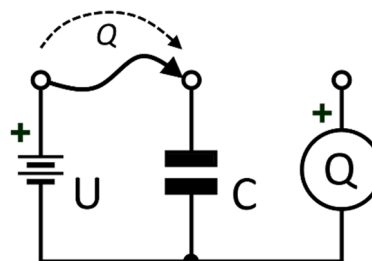
Gentag dette, mens I *tæller antallet af afladninger* ( $N$ ) – stop, når I mener, at *næste* afladning vil sende viseren udenfor skalaen.

Glemte I at tælle? – eller *røg* viseren alligevel udenfor skalaen? – så nulstiller I bare og prøver igen.

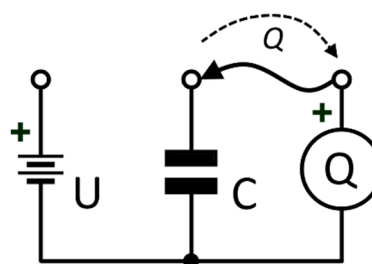
Noter resultatet i en tabel som på næste side. Den *samlede* ladning for alle afladningerne  $N \cdot Q$  aflæses på viserinstrumentet – vær opmærksom på, at *fuldt* udslag for viseren er 500 nC, svarende til det område, I har valgt på omskifteren.

Forøg spændingen med 75 – 150 V og *gentag* proceduren. Fortsæt, til I nærmer jer 1500 V – som dog ikke må overskrides!

Opladning fra højspændingsforsyningen



Afladning gennem elektrometeret



$U$	$N$	$N \cdot Q$	$Q$
$V$		$nC$	$nC$

## 2 – Variér afstanden

Indstil nu højspændingen på 1400 – 1450 V. Notér den præcise spænding  $U$ .

Pladernes afstand skal stadig være ét afstandsstykke. (Disse har hver tykkelsen  $d = 2$  mm.)

Gentag måleproceduren fra første del med (evt. gentagne) op- og afladninger.

Notér resultatet i en tabel som vist herunder.

$d$	$N$	$N \cdot Q$	$Q$	$C$
mm		nC	nC	pF

Læg dernæst to afstandsstykker ovenpå hinanden i hvert af de tre understøttelsespunkter.

Gentag målingen.

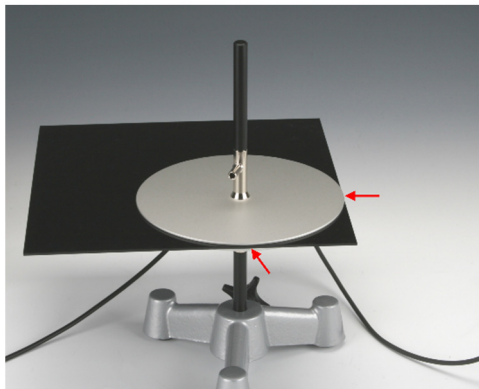
Fortsæt, indtil I har 5 afstandsstykker stablet ovenpå hinanden i hvert af de tre understøttelsespunkter.

## 3 – Variér materialet

Indtil nu har mellemrummet mellem kapacitorpladerne stort set bestået af luft.

I skal nu gentage måleserie 2, men denne gang skal der være plast imellem pladerne. Sættet med dielektrikum til pladekapacitoren (varenummer 431600) består af fuldstændigt samme slags plader, som afstandsstykkerne er lavet af, dvs. at de også har samme tykkelse.

Placér disse plader imellem kapacitorpladerne som vist herunder – så er det nemmere at sikre, at kapacitorpladerne ligger præcis ud for hinanden.



Begynd med én plade og fortsæt, til der er 5-6 plader i stablen.

Brug samme slags skema som før.

Mål til sidst diameteren  $D$  af kapacitorpladerne.

## Teori

Sammenhængen mellem spænding  $U$  og ladning  $Q$  for en kapacitor er givet ved

$$Q = C \cdot U$$

Proportionalitetskonstanten  $C$  kaldes *kapacitansen*.

I vakuum er kapacitansen af en pladekapacitor givet ved udtrykket

$$C = \epsilon_0 \cdot \frac{A}{d}$$

hvor  $A$  er pladernes areal,  $d$  er afstanden imellem dem og  $\epsilon_0$  er den såkaldte *vakuumpermittivitet*. Udtrykket forudsætter, at  $d \ll \sqrt{A}$ , dvs. at afstanden er meget lille i forhold til pladernes udstrækning.

Er der en anden isolator mellem pladerne, ændres ligningen til

$$C = \epsilon_R \cdot \epsilon_0 \cdot \frac{A}{d}$$

hvor  $\epsilon_R$  er materialets *relative permittivitet*.

Det gælder altid, at  $\epsilon_R > 1$ . For luft er  $\epsilon_R$  *meget tæt på 1*.

(Man kan møde betegnelsen *dielektricitetskonstant* i stedet for permittivitet.)

## Beregninger

(Et regneark kan evt. anvendes.)

Beregn kolonnen  $Q$  i alle tre måleserier

Afbild for måleserie 1:  $Q$  som funktion af  $U$ . Bestem  $C$ .

Beregn kolonnen  $C$  i de to sidste serier. (Pas på de forskellige 10-potenser, der er involveret.)

Beregn kapacitorpladernes areal  $A$  ud fra diameteren.

Afbild  $C$  som funktion af  $\frac{1}{d}$  for måleserie 2 samt 3.

Brug hældningen af grafen for måleserie 2 til at bestemme en værdi for  $\epsilon_0$ .

Brug hældningen af grafen for måleserie 3 til at bestemme en værdi for  $\epsilon_R$  for den anvendte plasttype.

## Diskussion og evaluering

Er grafen for måleserie 1 en proportionalitet som forventet?

Find en tabelværdi for vakuumpermittiviteten. – Hvor tæt på ligger jeres eksperimentelt bestemte værdi? (Angiv afvigelsen i %)

Prøv at finde en forklaring på, at måleserie 2 og 3 tydeligvis ikke er en ren proportionalitet.

## Noter til læreren

### Benyttede begreber

Spænding  
Ladning  
Kapacitans

### Matematiske forudsætninger

Grafplotning  
Ligningsløsning

### Om apparaturet

Elektrometeret er konstrueret, så ladningsmålinger maksimalt giver et spændingsfald på 0,5 V over indgangsbøsningerne – i sammenligning med de spændinger, som i øvrigt anvendes, kan man derfor betragte kapacitoren som fuldstændigt afladet gennem elektrometeret.

Elektrometerets manual angiver den maksimale spænding, som kontinuert kan påtrykkes indgangen uden at beskadige instrumentet – værdien er ikke relevant i dette eksperiment. Det er i stedet den energiudladning, som afgives til måleinstrumentet pr. afladning, som er væsentlig. Holder man spændingen under 1,5 kV som angivet i vejledningen, tager elektrometeret ikke skade.

## Detaljeret apparaturliste

### Specifikt for eksperimentet

431510	Pladepacitor, 15 cm	
431600	Dielektrikum for pladepacitor	
441030	Elektrometer	
367060	Strømforsyning, 0 – 6000 V (alternativt 366060 eller 366050 <sup>1</sup> )	
441002	Isoleret stang	(2 stk.)

### Standard laboratorieudstyr

000600	Stativfod, 1 kg.	
105720	Silikone kabel, sort 50 cm	(2 stk.)
105721	Silikone kabel, rød 50 cm	(2 stk.)
105710	Silikone kabel, sort 25 cm <sup>1</sup>	

<sup>1</sup>) De ældre strømforsyninger har jordbøsningen siddende på bagsiden, så et længere kabel er nødvendigt. 50 cm kan anvendes.

## Reklamationsret

*Der er to års reklamationsret, regnet fra fakturadato. Reklamationsretten dækker materiale- og produktionsfejl.*

*Reklamationsretten dækker ikke udstyr, der er blevet mishandlet, dårligt vedligeholdt eller fejlmonteret, ligesom udstyr, der ikke er repareret på vort værksted, ikke dækkes af garantien.*

*Returnering af defekt udstyr som garantireparation sker for kundens regning og risiko og kan kun foretages efter aftale med Frederiksen. Med mindre andet er aftalt med Frederiksen, skal fragtbøbet forudbetales. Udstyret skal emballeres forsvarligt. Enhver skade på udstyret, der skyldes forsendelsen, dækkes ikke af garantien. Frederiksen betaler for returnering af udstyret efter garantireparationer.*

© Frederiksen Scientific A/S

*Denne brugsvejledning må kopieres til intern brug på den adresse*

*hvortil det tilhørende apparat er købt. Vejledningen kan også hentes på vores hjemmeside.*