

Gunnar Christiansen
 Institut for Fysik
 Bygning 307, DTU, 2800 Lyngby

gunnar/10040/orientering10040f08.tex

15. april 2008

10040 Fysik 2, Forår 2008

Lærebog: Young & Freedman, University Physics with Modern Physics, 12. edition, Pearson/Addison Wesley kan købes i PF-Boghandel. 11. edition kan også benyttes.

Undervisning:

Forelæsning er tirsdag kl. 13-14.50 i bygning 306/33.

Grupperegning er tirsdag kl. 15.00-17.00 i bygning 307/rum 127.

Første gang for både forelæsning og grupperegning er den 05.02.2008.

Øvelser foregår i Bygning 307/009. Vejledningerne findes under fildeling på Campusnet. Øvelsesdagene aftales med forelæseren i starten af kurset.

Forelæser og grupperegningenslærer: Gunnar, Institut for Fysik, bygning 307/120.
 Email: gunnar@fysik.dtu.dk, tlf. 45 25 31 47.

Eksamen: Skriftlig prøve den 02.06.2008. Ved eksamen er alle skriftlige hjælpemidler tilladt.

Eksamenspensum for kursus 10040:

Elektromagnetisme: kap. 21, 22, 23, 24, 27 og 28,

Moderne fysik: Afsnittene 15.3, 33.7, 35.2 og 35.3 samt kap. 36, 38, 39 og 40,

Kredsløbsteor: kap. 25, 26, 29, 30 og 31.

Forelæsningsemner

Dato	Emner	Pensum
Tirsdag 05.02	Elektrisk ladning, elektr. felt, Gauss' lov	Kapitel 21 og 22 til 22.4
Tirsdag 12.02	Elektrisk potential, kapacitans	Kapitel 22, 23 og 24 til 24.4
Tirsdag 19.02	Dielektrika, magnetisk felt og magn. kræfter	Kapitel 24 og 27 til 27.7
Tirsdag 26.02	Kilder til det magnetiske felt	Kapitel 27 og 28
Tirsdag 04.03	Diffraction	15.3, 33.7, 35.2, 35.3, kap. 36
Tirsdag 11.03	Fotoner, elektroner og atomer	Kapitel 38
Påske		
Tirsdag 25.03	Partiklers bølgenatur	Kapitel 39
Tirsdag 01.04	Kvantemekanik	Kapitel 40
Tirsdag 08.04	Strøm, elektromotorisk kraft, DC-kredsløb	Kapitel 25 og 26
Tirsdag 15.04	Elektromagnetisk induktion	Kapitel 29
Tirsdag 22.04	Induktans, vekselstrømskredsløb	Kapitel 30 og 31 til 31.3
Tirsdag 29.04	Vekselstrømskredsløb, elektromagn. bølger	Kapitel 31 og 32
Tirsdag 06.05	Repetition	

Hjemmeopgaver: Der vil blive stillet 11 sæt hjemmeopgaver. Opgaverne skal afleveres til grupperegningslæreren. Opgaverne leveres rettede tilbage i den følgende gruppetime.

I evalueringen af kurset indgår hjemmeopgavesættene til 19.02, 04.03, 25.03, 08.04, 22.04 og 29.04 med vægten $\frac{1}{4}$, og øvelsesjournalerne indgår med vægten $\frac{1}{4}$. Den samlede bedømmelse sker i forbindelse med eksamen, der indgår med vægten $\frac{1}{2}$.

Opgavenumre i 12. edition udgaven af University Physics

Dato	Grupperegning	Hjemmeopgaver
Tirsdag 05.02	21.2,21.22,21.43,21.53,22.1,22.11,22.31	Fri
Tirsdag 12.02	22.57, 23.49	21.38, 21.75, 21.96, 22.16
Tirsdag 19.02	24.38, 27.19, 27.23, 27.44	22.58, 23.61, 23.65
Tirsdag 26.02	28.43, 28.76, 28.69, 28.67	24.44, 27.31, 27.40
Tirsdag 04.03	35.13, 36.10, 36.18, 36.43	28.37, 28.38, 28.64, 28.66
Tirsdag 11.03	38.13, 38.17, 38.31, 38.38, 38.42, 38.29	36.25, 36.27, 36.36
Påske		
Tirsdag 25.03	39.5, 39.24, 39.34, 39.36, 39.68	38.12, 38.26, 38.36, 38.50
Tirsdag 01.04	40.1, 40.6, 40.23, 40.25, 40.37, 40.49	39.9, 39.19, 39.35*, 39.63
Tirsdag 08.04	<i>25.25, 25.53, 26.11, 26.23, 26.38</i>	40.4, 40.8, 40.38, 40.46, 40.48
Tirsdag 15.04	<i>29.21*, 29.47, 29.50, 29.61</i>	<i>25.37, 25.78, 26.24, 26.48</i>
Tirsdag 22.04	<i>30.2, 30.65, 30.69, 31.08</i>	<i>29.25, 29.49, 29.56</i>
Tirsdag 29.04	<i>31.40, 31.44, 31.49, 31.50, 31.68</i>	<i>30.57, 30.75, 31.12</i>
Tirsdag 06.05	Sættet fra eksamen 25.05.2007	Fri

Opgavenumre i 11. edition udgaven af University Physics

Dato	Grupperegning	Hjemmeopgaver
Tirsdag 05.02	21.2,21.22,21.41,21.49,22.1,22.9,22.29	Fri
Tirsdag 12.02	22.57, 23.44	21.36, 21.71, 21.94, 22.14
Tirsdag 19.02	24.38, 27.17, 27.23, 27.44	22.58, 23.57, 23.61
Tirsdag 26.02	28.37, 28.74, 28.67, 28.65	24.44, 27.31, 27.40
Tirsdag 04.03	35.15, 36.8, 36.16, 36.41	28.32, 28.33, 28.62, 28.64
Tirsdag 11.03	38.11, 38.15, 38.29, 38.36, 38.44, 38.31	36.23, 36.26, 36.30
Påske		
Tirsdag 25.03	39.5, 39.18, 39.32, 39.34, 39.66	38.12, 38.26, 38.38, 38.46
Tirsdag 01.04	40.1, 40.6, 40.23, 40.25, 40.39, 40.49	39.9, 39.17, 39.33, 39.61
Tirsdag 08.04	<i>25.23, 25.49, 26.08, 26.21, 26.36</i>	40.4, 40.10, 40.34, 40.46, 40.50
Tirsdag 15.04	<i>29.22, 29.47, 29.50, 29.61</i>	<i>25.35, 25.74, 26.22, 26.42</i>
Tirsdag 22.04	<i>30.04, 30.67, 30.71, 31.06</i>	<i>29.24, 29.49, 29.56</i>
Tirsdag 29.04	<i>31.36, 31.40, 31.45, 31.46, 31.64</i>	<i>30.59, 30.75, 31.10</i>
Tirsdag 06.05	Sættet fra eksamen 25.05.2007	Fri

F1, Kapitel 21 Elektrisk ladning og elektrisk felt Kapitel 22 Gauss' lov til s. 850

Gruppeopgaver 31-01-2006 21.2, 21.22, 21.41, 21.49, 22.1, 22.9, 22.29

Hjemmeopgaver 07-02-2006 21.38, 21.80, 21.97, 22.16

Problemløsningskursus 1004X

Hvordan bestå \rightarrow arbejde \geq 120 h

Følge grupperegning

Regne hjemmeopgaver

Historisk

Kapitel 21

To typer: positive og negative ladninger DEMO-111

Coulombs lov om kraft, eksempel

Superpositionsprincip

Elektrisk felt

Superpositionsprincip

E-felt fra linjeladning

Elektriske feltlinjer

Elektrisk dipol, DEMO-1-2; *kam i tynd vandstråle*

Kapitel 22

Elektrisk flux

Gauss' lov

F2, Kapitel 22 færdigt, Kapitel 23 Elektrisk potential Kapitel 24 Kapacitans

Gruppeopgaver 07-02-2006 22.57, 23.44

Hjemmeopgaver 14-02-2006 22.58, 23.57, 23.61

Omtalte Hjemmeopgaveordning: Tilbud om, at hjemmeopgaver tæller med ved kursusevalueringen

EVALUERING AF KURSUS 10048 FYSIK 2: Skriftlig eksamen, 3 timer; 13-skala, intern bedømmelse. (Den skriftlige eksamen er på 3 timer.)

TILBUD: Aflever og få bedømt hvert andet hjemmeopgavesæt, dvs. de 6 sæt til 12-02, 28-02, 14-03, 28-3, 18-04 og 25-04. Karakteren bliver da bestemt af 2 bidrag, Hjemmeopgaver og 3-timers skriftlig eksamen. Disse bidrag tæller med 1/3 og 2/3. Hvis hjemmeopgaverne skulle komme til at trække ned ved evalueringen, vil der blive set bort fra hjemmeopgaverne.

Repetition

Opgave 22.9

E-felt fra ledende kugle med ladning, Q

E-felt mellem ledende plader

DEMO-2-1 Faradaybur/van de Graaff

Kapitel 23

Elektriske kræfter er konservative, elektrisk potential energi og elektrisk potential

To metoder til udregning

DEMO-2-2 Røgrensning med elektrofilter og van de Graaff

Kapitel 24

Kapacitor, kugle-, plade- og cylinderkapacitor
Energiindhold i kapacitor - og i det elektriske felt

F3, Kapitel 24 færdigt, Kapitel 27 Magnetisme

Gruppeopgaver 14-02-2006 24.38, 27.17, 27.23, 27.44

Hjemmeopgaver 21-02-2006 24.44, 27.31, 27.40

Repetition

Kapitel 24 færdigt Dielektrikum mellem kapacitorplader DEMO
Brækket arm, gl. eksamensopgave

Kapitel 27

DEMO-3-1 Kompas

B-felt, bevæget ladning eller strøm skaber B-felt, kapitel 28

Kraft på bevæget ladning eller på strøm fra B-felt, kapitel 27

Bevæget ladning i magnetisk felt (B-felt)

Definition af magnetisk felt

B-feltlinjer

Cirkel- og spiralbevægelse

Måling af e/m og af e

Massespektrometer

Kraft på strøm i magnetisk felt, DEMO-3-2

Kraft på strømkreds, DEMO-3-3

Opgave 27.66

F4, Kapitel 27 færdigt, Kapitel 28 Kilder til det magnetiske felt

Gruppeopgaver 21-02-2006 28.37, 28.74, 28.66, 28.65

Hjemmeopgaver 28-02-2006 28.32, 28.33, 28.62, 28.64

Repetition

Magnetisk dipol DEMO-4-1

i inhomogent felt

Hall effekt

Kapitel 28

Magnetisk felt fra ladet partikel

Magnetisk felt fra strømstyrke

Biots og Savart's lov

Retlinet leder: B-felt

Definition af ampere, DEMO-4-2

B-felt fra cirkulær strømkreds

Amperes lov

Eksempler

Magnetisme i stof

Baggrund

Para-, dia- og ferromagnetisme.

F5, Kapitel 36 Diffraktion, men også 15.3, 33.7, 35.2 og 35.3

Gruppeopgaver 28-02-2006 35.16, 36.8, 36.17 og 36.41

Hjemmeopgaver 07-03-2006 36.23, 36.25 og 36.30

Resume

15.3 Matematisk beskrivelse af vandrende harmonisk bølge

33.7 Huygens princip

35.2 og 35.3 Dobbeltspalteforsøg – DEMO-5-1

Interferens, mørke og lyse striber bestemmes

Intensitet af signal

Kap. 36 DIFFRAKTION

Diffraktion fra enkelt spalte – DEMO-5-2

Mørke striber bestemmes

Intensitet – bestemmelse af lyse striber

Dobbeltspalte med diffraktion pga. brede spalter

Mange spalter, diffraktionsgitter – DEMO-5-3

CD'er, opløsningsevne

Cirkulært hul og opløsningsevne – DEMO-5-4

Rayleigh's kriterium

F6, Kapitel 38 Fotoner, elektroner og atomer

Gruppeopgaver 07-03-2006 38.10, 38.15, 38.29, 38.37, 38.44 og 38.31

Hjemmeopgaver 14-03-2006 38.12, 38.26, 38.38 og 38.46

Resume + komplementaritetsprincip

Fotoelektrisk effekt, Einstein 1905

Linjespektre og energiniveauer, Bohr 1913, DEMO'er

Rutherford's atommodel, 1911

Bohr's H-model

Laser

Røntgenstråling (X-rays) og Comptonspredning

Kontinuerede spektrere DEMO-6-3.

F7, Kapitel 39, Partiklers bølgenatur

Gruppeopgaver 14-03-2006 39.5, 39.18, 39.32, 39.34, 39.66

Hjemmeopgaver 21-03-2006 39.9, 39.17, 39.33, 39.61

Repetition

de Broglie's hypotese 1924 (satte gang i sagerne)

Stående bølger i H-atom – DEMO-7-1

⇒ energi kvantiseret

Elektrondiffraktion

Bølgefunktion

Enkeltspalteelektrondiffraktion ⇒

Heisenbergs usikkerhedsrelationer

Sandsynlighed for at finde partikel, sandsynlighedsfordelingsfunktion
Schrödingerligningen 1925 (løses i kap. 40)

En fri partikel

Bølgepakker.

F8 Kapitel 40, Kvantemekanik

Gruppeopgaver 21-03-2006 40.1, 40.6, 40.23, 40.25, 40.39, 40.49

Hjemmeopgaver 28-03-2006 40.4, 40.10, 40.34, 40.46, 40.50

Løsning af den tidsuafhængige Schrödingerligning for forskellige $U(x)$

Resume

Partikel i boks (∞ dyb potentialbrønd)

Partikel i potentialbrønd

Tunneling

Harmonisk oscillator

Kapitel 41 handler om H-atomet, men springes over

F9 Kapitel 25 Strøm, resistans og emf, Kapitel 26 DC-kredsløb

Gruppeopgaver 28-03-2006 25.23, 25.49, 26.08, 26.21, 26.36

Hjemmeopgaver 04-04-2006 25.35, 25.74, 26.22, 26.42

Repetition

Kapitel 25

Elektrisk strøm

Kredsløb

emf-eksempler, DEMO-9-1, DEMO-9-2,

kredsløb eksempler

DEMO-9-5: måle indre resistans af batteri

Kapitel 26

Serie og parallelkobling af resistorer

Kirchhoffs love

Oplade kapacitor

Energi forhold

Afladning af kapacitor.

F10 Kapitel 29 Elektromagnetisk induktion

Gruppeopgaver 04-04-2006 29.22, 29.47, 29.50, 29.61

Hjemmeopgaver 18-04-2006 29.24, 29.54, 29.56

Repetition

Faradays lov, 3 DEMO'er

DEMO-10-1: *spole + magnet, der bevæges, (voltmeter)*

DEMO-10-2: *to spoler, strøm gennem den ene afbrydes og spænding over den anden måles*

DEMO-10-3: *Spole med træramme drejes i Jordens magnetfelt*
 Paradoks: inducerede E-felt er ikke konservativt
 Generatorer
 Roterende
 Lineære (slide wire)
 Motionel elektromotorisk kraft (emf)
 Faradays skivedynamo
 Lineær elektrisk motor (back emf)
 Hvirvelstrømme (eddy currents) DEMO-10-4,
 Maxwells ligninger
 Displacement current

F11 Kapitel 30 Induktans, Kapitel 31 Vekselstrøm

Gruppeopgaver 18-04-2006 30.04, 30.68, 30.70, 31.06

Hjemmeopgaver 25-04-2006 30.59, 30.75, 31.10

Repetition

Gensidig induktans, DEMO-11-1 *to spoler i transform.jern med og uden overlæg-ger*

Selvinduktion, induktor (spole)

 Opgave 30.9

Energi i induktor og i magnetiske felt

 RL-kreds

 LC-kreds

 LCR-kreds

Kapitel 31 Vekselstrøm

 Effektiv værdi af strøm

Vektordiagrammer

 Resitans - induktor - kapacitor byggesten

 Eksempler

F12 Kapitel 31 Vekselstrøm

Gruppeopgaver 25-04-2006 31.26, 31.40, 31.45, 31.46, 31.64

Ved sidste forelæsning gennemgås eksamen 19-12-2005 sættet

Repetition

 Vektor (phasor-) diagram for kapacitans

 DEMO-12-1 *Kan jeg sætte induktor i stikkontakt?*

 DEMO-12-2 *Kan jeg sætte kapacitor i stikkontakt?*

 DEMO-12-3 *Seriekreds RC*

Effekt afsat i komponenter

 Effektfaktor: $\cos \phi$

 DEMO-12-4 *Fasekompensation med 4000 vdg. spole*

 Radiomodtager, impedans

Transformator DEMO-12-5 mislykket

F13 Repetition og sidste eksamenssæt

Elektromagnetisme Kapitlerne 21, 22, 23, 24 og 27, 28

Eksamen 19-12-2005 opgave 1

Moderne fysik Kapitlerne 35(afsnit 2 og 3), 36, 38, 39, 40

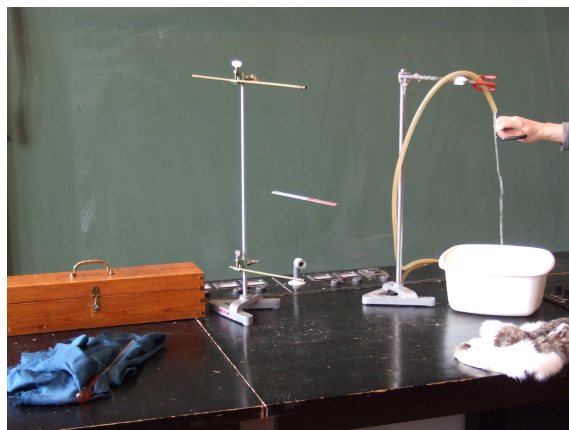
Eksamen 19-12-2005 opgave 3

Kredsløbsteori Kapitlerne 25, 26, 29, 30, 31

Eksamen 19-12-2005 opgave 2

DEMO'er

F1, Kapitel 21 Elektrisk ladning og elektrisk felt Kapitel 22 Gauss' lov til s. 850

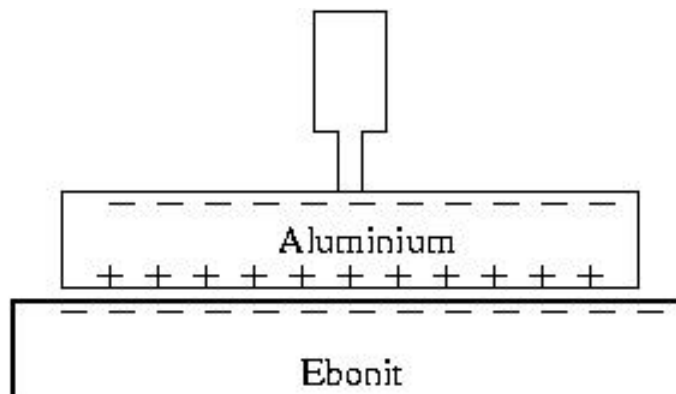


*DEMO-1-1 To typer ladning, tv.
DEMO-1-2 Vandmolekyler er dipoler, th.*

DEMO-1-1 To typer ladning. En pleksiglasstang er i vandret stilling ophængt i tråde, der danner en rombe, så stangen uhyre let kan rotere om en lodret akse.

- 1) *Gnid pleksiglasstangen med et katteskind. Stangen bliver negativt opladet.*
- 2) *Gnid ebonitspaden med katteskind. Ebonitspaden bliver negativ. Hold den nær pleksiglasstangen, frastødning*
- 3) *Gnid glasstangen med silke. Glasstangen bliver positiv. Hold den nær pleksiglasstangen, tiltrækning.*

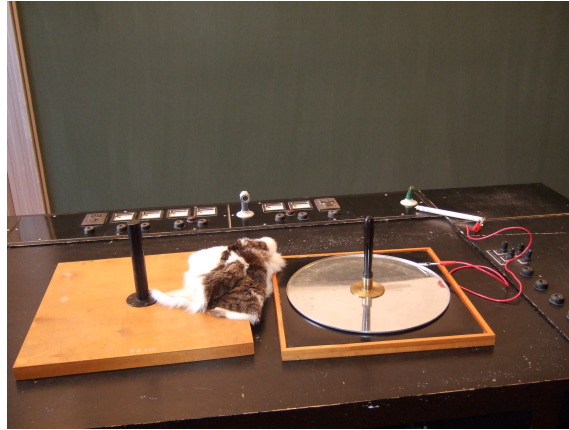
DEMO-1-2 Vandmolekyler er dipoler. *Friser dit (nyvaskede) hår med en kam, så kammen bliver elektrisk opladet, og før takkerne af kammen hen til en tynd vandstråle. Pga., at vandet består af dipoler, og fordi E-feltet er stærkt inhomogent, sker der en kraftig afbøjning af strålen. Alle kan prøve derhjemme.*



DEMO-1-3 Elektrofor.

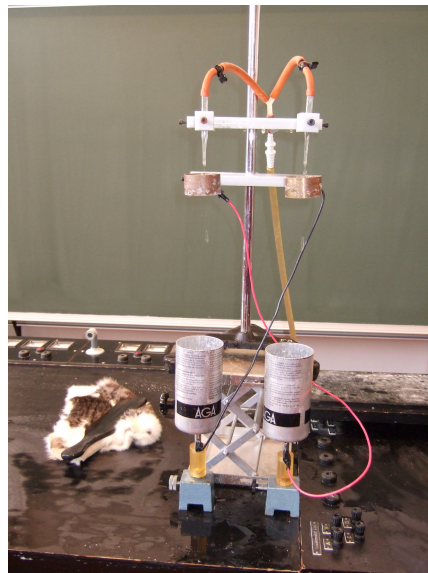
DEMO-1-3 Elektrofor. *E-felt er nul i leder. Den nederste ebonitplade gnides med et katteskind og bliver negativ ladet. Når en uladet aluminiumsplade (med lodret træhåndtag) anbringes, vil der induceres positiv ladning i bunden, dvs. mangel på elektroner, overfor ebonitpladens negative ladning, og til gengæld vil elektroner gå op i toppen, der bliver negativ. Denne negative ladning kan fjernes gennem et*

udladningsrør, der er forbundet til jord. Når man så løfter aluminiumsskiven op, vil den være positivt opladet. Denne positive ladning kan også fjernes gennem et udladningsrør forbundet til jord.



DEMO-1-3 Elektrofor.

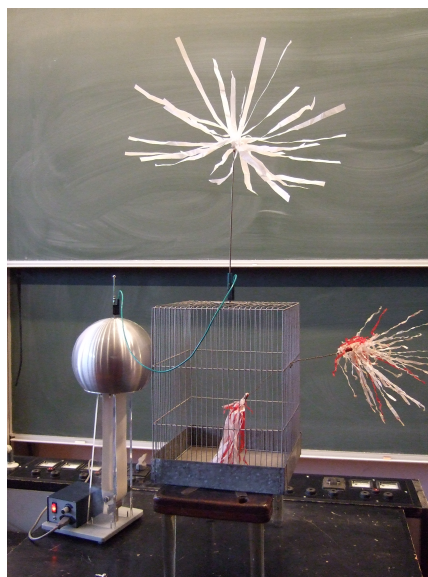
DEMO-1-4 Kelvins vanddråbe elektrostatiske generator. *Messingring 1 lades negativt op med ebonitspade gnedet med katteskind. Evt. gnides et par gange. Der skal komme dråber ud fra begge rør i hurtig rækkefølge lige før det bliver en konstant stråle. En dråbe frigjort fra udløb 1 over den nu negativt opladede ring vil, inden den slipper, blive positivt opladet ved influens. Når den slipper er den positiv. Derved vil skål 1, den falder ned i, blive positiv opladet, og ved krydsforbindelse op til messingring 2 vil denne blive positiv, og den vil sørge for at dråberne fra hane 2 bliver negativt opladede. Derved oplades messingring 1 yderligt negativt osv. Man ser efterhånden smådråber frigøre sig fra hovedstrålerne. Disse meget lette dråber bliver påvirket af elektrostatiske kræfter og udfører sære bevægelse om ledninger og messingringe.*



DEMO-1-4 Kelvins water-drop electrostatic generator eller Kelvin's Thunderstorm.

**F2, Kapitel 22 færdigt, Kapitel 23 Elektrisk potential
Kapitel 24 Kapacitans**

DEMO-2-1 Faraday-bur og van de Graaff. *Formålet er at vise at feltet inde i buret er nul, medens feltet udenfor er forskelligt fra nul. Bæltet på van de Graaff'en fjerner til stadighed negativ ladning fra toppen. Ret høje ladningskoncentrationer, men ikke farligt at røre ved. Toppen af van de Graaff'en forbindet til Faraday-buret, der stilles på skamlen med glasben. En dusk med papirstrimler anbringes inde i buret og en anden udenfor, men i kontakt med buret. Da ladningen fordeler sig på ydersiden af buret vil der komme ladning på dusken på ydersiden, hvorved strimlerne frastøder hinanden. Dusken åbner sig op. Dusken inde i buret modtager ingen ladning, den hænger slapt ned.*



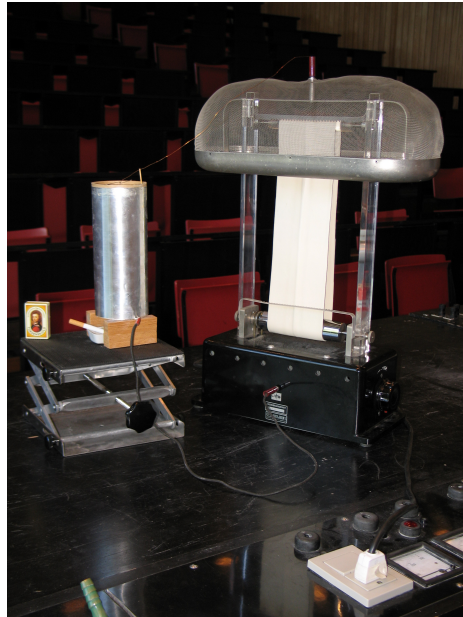
DEMO-2-1 Faraday-bur og van de Graaff.

Stødionisation af luften. *Ved radioaktiv stråling og i mindre grad ved kosmisk stråling dannes 5 – 10 ionpar pr cm^3 pr s. Hvis E -feltet overstiger ca $3 \cdot 10^6$ V/m, vil der opstå stødionisation i luften, idet elektroner ved denne feltstyrke bliver accelereret op til hastigheder, så de kan skabe nye ionpar (elektron/positiv ion). E -feltet, $E(R)$, lige uden for en kugle med radius R og ladning Q er $\frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R^2}$, og potentialet med nul i det uendelige fjerne er $V(R) = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R}$, dvs. $E(R) = \frac{V(R)}{R}$. Jo mindre kugle des større feltstyrke med samme V .*

Nærmer man sig van de Graaff'en med et jordet emne, der har stor radius, f.eks. en anden jordet van de Graaff, kan man trække gnister af størrelsesorden 35 mm's længde, svarende til en spændingsforskel på $35 \cdot 10^{-3} \cdot 3 \cdot 10^6 = 100000$ V. Monteres den lille kugle med radius 3 mm oven på van de Graaff'en, vil E -feltet om den lille kugle blive så kraftigt, at van der Graaff'en ved ionisation af luften bliver delvis afladet, og man kan kun trække mindre gnister mellem de 2 van de Graaff'er.

Man kan i stedet montere en tynd kort tråd oven på van de Graaff'en. Nu bliver ionisation af luften så tydelig, at man med hånden nogle cm'er over tråden kan mærke en luftstråle opad, idet positive ioner frastødes opad. Gnisten mellem de 2 van de Graaff'er vil nu være meget kort, få mm'er.

DEMO-2-2 Røggrensning i elektrofilter. *Fra Bertel Lohmann Andersen. Bruger den meget gamle van de Graaff og et paprør med en tråd i midten og med sølvfolie på ydersiden. En cigaret anbringes i en lille keramikskål, og paprøret anbringes som skorsten oven over keramikskålen. Tråden i midten af paprøret*

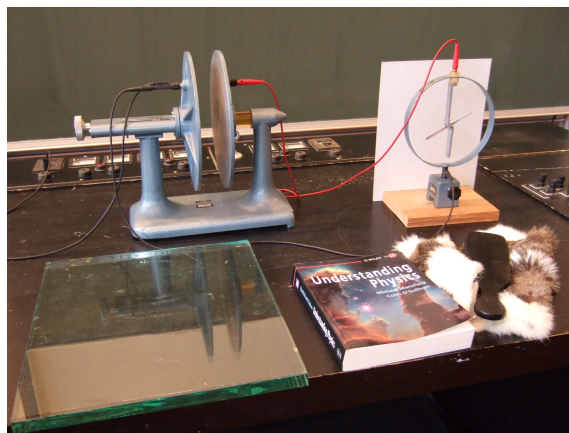


DEMO-2-2 Røggrensning i elektrofilter.

forbindes til toppen - plussiden - af van de Graaff'en, og sølvfoliet til stellet på van de Graaff'en. Elektroner vil nær tråden befinde sig i så stort elektrisk felt, at de kan stødionisere luften. Røgparklerne bliver elektrisk ladede og suges til væggene.

Før van de Graaff'en startes ses tydeligt røg fra den tændte cigaret. Røgen forsvinder, når van de Graaff'en skaber en høj spænding mellem tråd og sølvfolie. Når van de Graaff'en stoppes, skal den lige aflades f.eks. ved at tage et stykke metal, der holdes mellem fingrene, og føre det hen til højspændingssiden. Der kommer en lille gnist, men det er ganske ufarligt. Når spændingen forsvinder kommer røgen straks igen.

F3, Kapitel 24 færdigt, Kapitel 27 Magnetisme



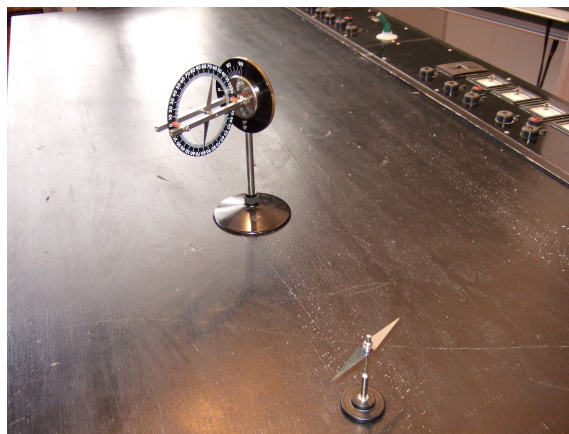
DEMO-3-1 Pladekapacitor.

DEMO-3-1 Kapacitor 1) med variabel afstand mellem pladerne eller 2) med dielektrikum mellem pladerne.

1) Der gælder for pladekapacitor uden dielektrikum: $V = \frac{Q}{C} = \frac{Q}{\epsilon_0 A} d$. Pladerne forbindes til et elektrometer, der måler spændingsforskell. Der sættes spænding

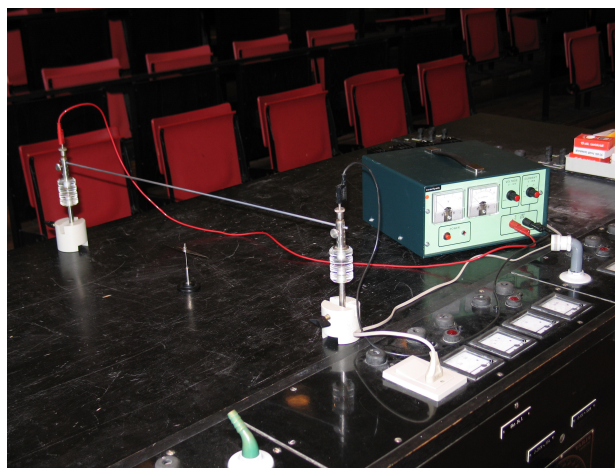
over pladerne ved at lade den ene plade op med gnedet ebonitspade eller med en van de Graaff. Ved at skubbe pladerne sammen viser teori og praksis, at spændingen mellem pladerne falder.

2) Med et dielektrikum, der har den relative dielektricitetskonstant $\epsilon_r > 1$, mellem pladerne skulle spændingen mellem pladerne falde, da der gælder $V = \frac{Q}{C} = \frac{Q}{\epsilon_r \epsilon_0 A} d$. Glas har $\epsilon_r = 5 - 10$, papir, f.eks. en bog, har $\epsilon_r = 3,5$ og polystyren har $\epsilon_r = 2,6$.



DEMO-3-2 Kompas i Jordens magnetfelt.

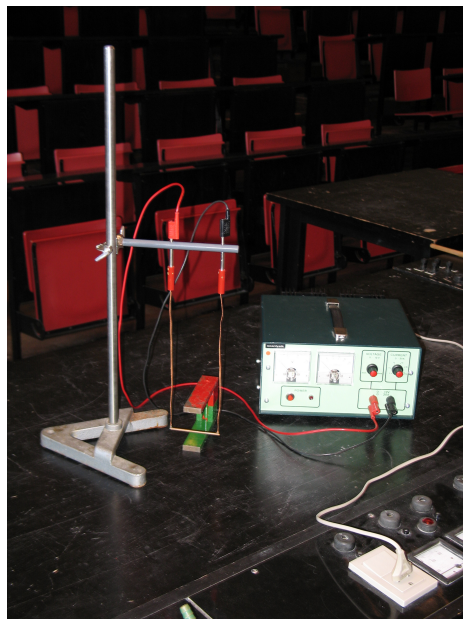
DEMO-3-2 Kompas i Jordens magnetfelt. Vi siger, at kompassets nordpol peger mod nord, den modsatte ende af kompasset er en sydpol. Kompasset er en permanent magnet. To permanente magneters nordpoler frastøder hinanden, medens nordpol tiltrækker sydpol. Jorden optræder som en gigantisk magnet med magnetisk sydpol ca. i den geografiske nordpol. Der er i samlingen et kompas, der kan stilles både så kompasnålen kan dreje om en lodret akse, og derpå så kompasnålen kan dreje om en vandret akse, se figuren. Indstil først, så der drejes om en lodret akse, og bestem retningen mod nord. Der må ikke være permanente magneter i nærheden. Derpå drejes på instrumentet, så kompasnålen drejer om en vandret akse i en plan, hvor retningen mod Nord indgår. Det ses, at nålen danner en vinkel på ca. 70 grader med vandret, idet Jordens magnetfelt ved DTU er $B_{\text{vandret}} = 17 \cdot 10^{-6} \text{ T}$ og $B_{\text{lodret}} = 47 \cdot 10^{-6} \text{ T}$.



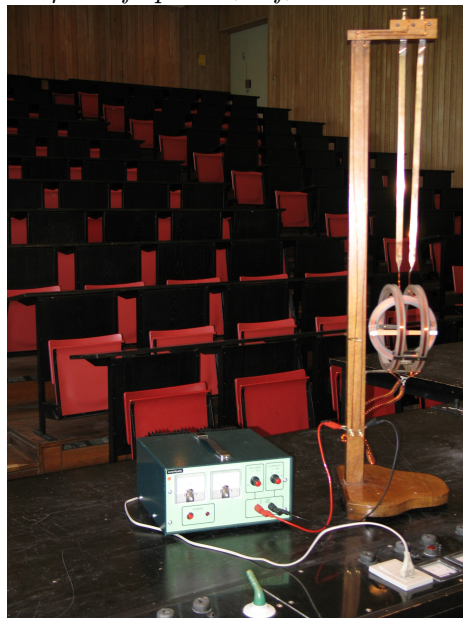
DEMO-3-3 Ørsteds forsøg.

DEMO-3-3 Ørsteds forsøg. Bruges til at vise, at der er et magnetisk felt fra en strømførende leder. Bruger aluminiumsstang, der er 4 mm i diameter, som

strømførende leder og en lille kompasnål. Aluminiumsstangen anbringes vandret, så den lille kompasnål er lige under stangens midte, og således at stangen er parallel med kompasnålevisningen. Bruger den grønne strømforsyning, der kan give 12 A jævnstrøm. Stiller spændingen på 7 V DC. Når strømmen tilsluttes, vil kompasnålen svinge om sin nye ligevægtsstilling. Det bemærkes, at hvis strømmen er $I = 10 \text{ A}$, og afstanden fra aluminiumsstangen til kompasset er $r = 10 \text{ cm}$, vil B -feltet blive $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} = 20 \cdot 10^{-6} \text{ T}$, dvs. af samme størrelsesorden som Jordens vandrette B -felt lig $17 \cdot 10^{-6} \text{ T}$ ved DTU. Altså bliver kompassets nye ligevægtsstilling med strøm i aluminiumsstangen ikke vinkelret på stangen.



DEMO-3-4 Kraft på strømførende leder i B -felt.



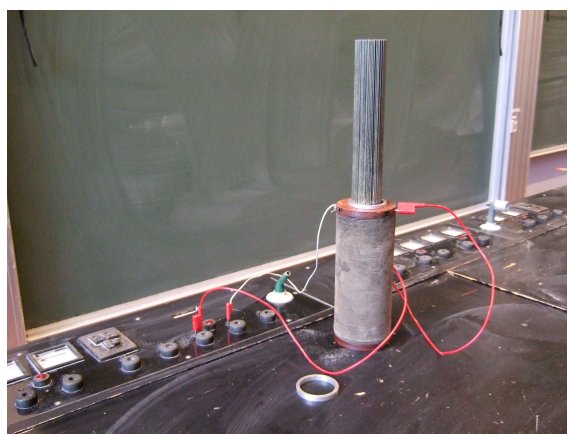
DEMO-3-5 Kraftmoment på strømloop fra magnetisk felt.

DEMO-3-4 Kraft på strømførende leder i magnetfelt. Der bruges en hestekomagnet og en kort tynd metalcylinder hængt op i ledende tråde, så det danner en gynge og således, at metalcylinderen er midt mellem hestekomagnetens nordpol og sydpol. Når der sendes strøm gennem metalcylinderen enten fra en akkumulator

eller fra en strømforsyning, der kan levere kraftige strømme, vil der ske et udslag efter $\underline{F} = I \underline{\Delta L} \times \underline{B}$. Brug grønne strømforsyning, der kan give 12 A jævnstrøm. Stil spændingen på 5 V DC.

DEMO-3-5 Kraftmoment på strømloop fra magnetisk felt. Stor strømloop ophængt i stativ og anbragt i Helmholtz spole, der består af 2 flade spoler hver med radius a anbragt så spole-fladerne er parallelle over for hinanden og i samme afstand, a , som størrelsen af radius. Både strømloop og Helmholtz spole strømforsynes fra samme indgang. Kraftmomentet bliver $\underline{\tau} = \underline{\mu} \times \underline{B}$. Der skal en meget kraftig strøm af størrelsesorden 15 - 20 A. Både $\underline{\mu}$ og \underline{B} afhænger af strømmen. Brug den grønne strømforsyning, der kan give 20 A eller evt. en akkumulator. Det er lettest at forbinde strømforsyningen på den side af opstillingen, hvor der går to parallelle ledere lodret op. Så undgår man at kortslutte tilledningerne. Med 20 A bliver $B \approx 0.0034 \text{ T}$, $\mu = 8.0 \text{ m}^2 \text{ A}$ og $\tau = 0.027 \text{ Nm}$.

F4, Kapitel 27 færdigt, Kapitel 28 Kilder til det magnetiske felt



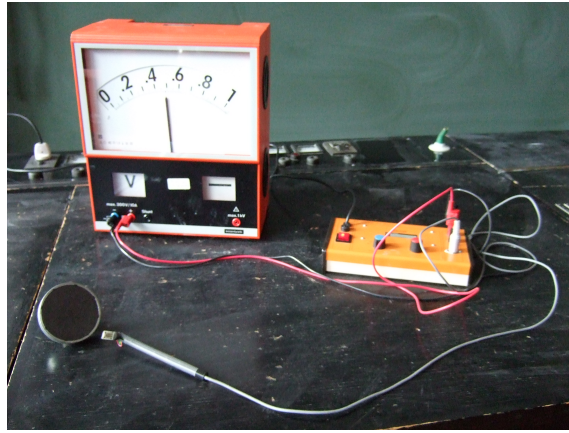
DEMO-4-1 Magnetisk dipol i inhomogent magnetfelt.

DEMO-4-1 Strømførende ring (magnetisk dipol) i inhomogent magnetisk felt. Spole fyldt ud med svejsetråde. Spolen står med lodret akse, og der lægges en aluminiumsring rundt om svejsetrådene. Når spolen sættes til 380 V~, vil ringen hoppe ud af svejsetrådene, idet der induceres en strøm i spolen, og strømretningen vil være således, at kraftpåvirkningen, $\underline{F} = I \underline{\Delta L} \times \underline{B}$, samlet peger opad, da de magnetiske feltlinjer på ringens sted danner en vinkel med retningen lodret opad. Hvis man kun sætter spændingen til 220 V~, når ringen ikke at forlade svejsetrådene, man ser dæmpede svingninger.

Burde også prøve at dykke ringen i flydende kvælstof. Derved bliver den inducerede strøm større, da resistansen ved kølingen er blevet formindsket. Ringen burde hoppe dobbelt så højt. Prøver man med en oversavet aluminiumsring sker der intet.

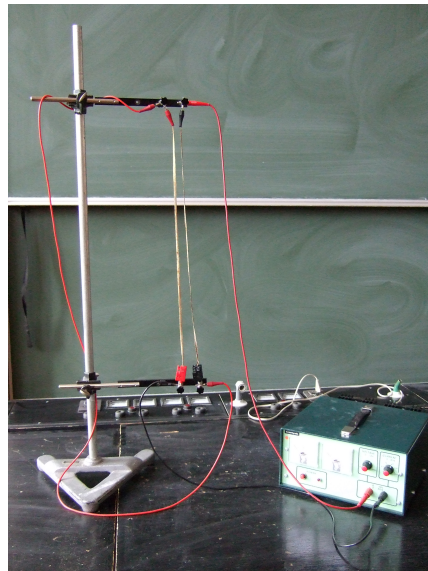
DEMO-4-2 Hall-sonde til måling af styrken af et magnetisk felt. Det store voltmeter kan stå på 300 mV. Prøve at måle det magnetiske felt fra en permanent magnet og evt. fra den store spole, der ses i DEMO-4-5.

DEMO-4-3 Tiltrækning mellem parallelle strømme. For at demonstrere at to parallelle strømme tiltrækker hinanden, og to antiparallelle strømme frastøder hinanden benyttes to Cu-bændler ophængt lodret i stativ. En kraftig strøm sendes gennem bændlerne. Strømmen kommer fra en akkumulator eller fra den grønne



DEMO-4-2 Hall-sonde til måling af det magnetiske felt.

strømforsyning, der kan levere 20 A DC. Bændlerne skal ikke strammes for hårdt op, da tiltræknings- eller frastødningskræfterne er små.



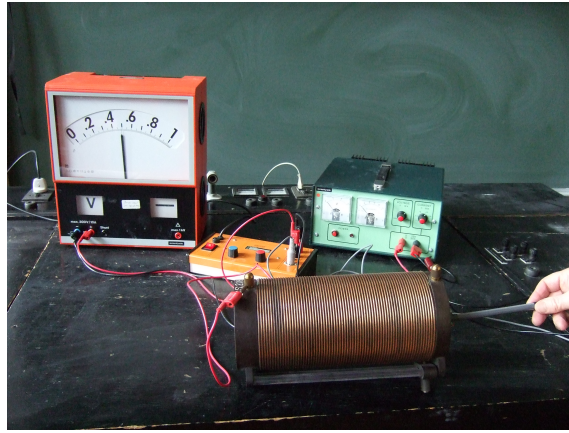
DEMO-4-3 Tiltrækning mellem pærellelle strømme.

DEMO-4-4 B-felt fra retlinjet leder. Man kan demonstrere, at B-feltlinjerne går i cirkler om en retlinjet leder ved at bruge et lille kompas op ad en strømførende leder (Se DEMO-3-3 Ørsteds forsøg). Måling med Hall-sonde: $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$. Brug $I = 20$ A og $r = 1$ cm, da er $B = 0,4$ mT. Sæt voltmetret til 100 mV, Hall-sonden på 50 mV. Udslaget på ca. 0,01 V svarende til 0,5 mT skulle da være tydeligt. Vis også, at udslaget aftager med større værdier af r .

Jordens magnetfelts lodrette komponent er ca. tre gange større end den vandrette komponent, se DEMO-3-2. Jordfeltet kan netop anes med Hall-sonden, når voltmetret er på 100 mV og Hall-sonden er stillet på 50 mT. Hold Hall-sondens flade vandret og vend den 180 grader så den igen er vandret. Voltmetret viser et tydeligt udslag.

DEMO-4-5 B-felt fra solenoide. Regne på felter i midten af spolen $B = \mu_0 \frac{N}{\ell} I$, hvor $N = 69$, $\ell = 0,25$ m og $I = 20$ A. Det giver $B = 6,9$ mT. Måler i midten af spolen og for enden af spolen, hvor udslaget skulle være halveret.

DEMO-4-6 Magnetisere en skruetrækker. Se igen figur til DEMO-4-5. An-

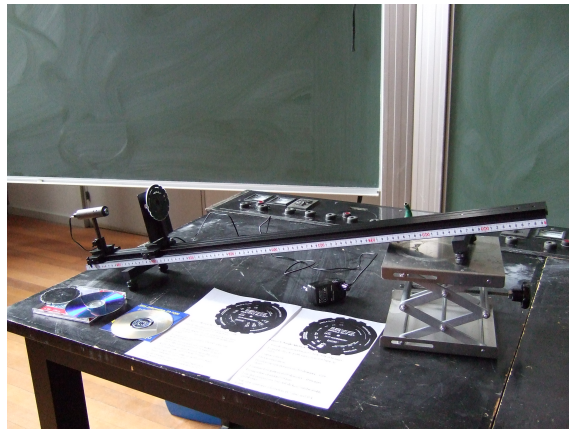


DEMO-4-5 B-felt fra solenoide.

bringer skruetrækkeren, der jo ikke er blødt jern, inde i spolen og afmagnetiserer ved at udsætte den for en vekselstrøm på 20 A, hvorpå der skrues ned for strømstyrken til 0 A. Prøver at tiltrække et søm, det burde ikke ske. Giver derpå skruetrækkeren 20 A DC. Nu burde den være magnetiseret og skulle kunne tiltrække et søm.

Evt. vise elektromagnet med og uden jernkerne. Prøve at magnetisere blødt jern, f.eks. en jernkerne til en spole. Den er en dårlig magnet, når strømmen ophører.

F5, Kapitel 36 Diffraction, men også 15.3, 33.7, 35.2 og 35.3



DEMO-5-1 Opstilling til demonstration af interferens (dobbeltspalte forsøg) og diffraction(enkeltspalteforsøg).

DEMO-5-1 Dobbeltspalte, enkeltspalte mm. og laserlys. Grøn 5 mW laser med bølgelængde 532 nm på lille optisk bænk. Bruges også ved øvelser. Der hører 2 plastikhjul til, Single Slit Set og Multiple Slit Set. Sender lyset op på store lærred og slukker lyset i auditoriet.

1. Interferens med dobbeltpalte med hjulet MULTIPLE SLIT SET: spalteafstand er d og de enkelte spaltebredder er a . Der gælder for lyse striber:

$$\sin \theta = m \frac{\lambda}{a} \text{ med } m = 0, \pm 1, \pm 2, \text{ osv.}$$

(a) Vælger først DOUBLE SLITS med $d = 0.25 \text{ mm}$ og $a = 0.04 \text{ mm}$. Udregner lysets bølgelængde, λ , idet afstanden fra midterplet til første plet kaldes y_1 og

afstanden til lærredet kaldes R fås:

$$\tan \theta_1 = \frac{y_1}{R} \approx \sin \theta_1 = \frac{\lambda}{d}, \text{ dvs. } \lambda = \frac{y_1 d}{R}. \text{ Det burde give } 532 \text{ nm.}$$

(b) Vælger derpå *DOUBLE SLITS* med $d = 0.50 \text{ mm}$ og $a = 0.04 \text{ mm}$ og viser at striberne nu ligger tættere.

(c) Efter intensitetsfordeling for dobbeltspalte er fundet, $I = I_0 \cos^2 \frac{\phi}{2}$, vises med *DOUBLE SLITS* med $d = 0.25 \text{ mm}$ og $a = 0.04 \text{ mm}$, at det ikke passer. Vi skal også tage hensyn til spalternes bredder, a . Det er næste emne: diffraktion fra enkeltspalte.

2. Diffraktion med enkeltspalte med hjulet *SINGLE SLIT SET*:

(a) Vælger først *SINGLE SLITS* med $a = 0.08 \text{ mm}$. Man ser intensitetsfordelingen med en dominerende central stråle. Derpå udregne intensitetsfordelingen. Der er mørke linjer for:

$$\sin \theta = m \frac{\lambda}{a} \text{ med } m = \pm 1, \pm 2, \text{ osv.}$$

$m = 0$ giver ikke udslukning, tværtimod er strålen meget intens her.

3. Multiple slits med hjulet *MULTIPLE SLIT SET*:

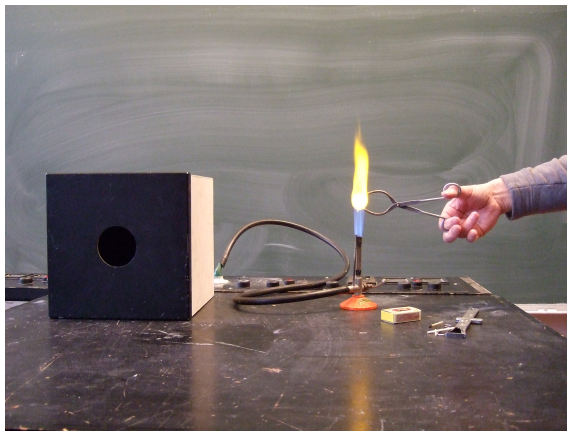
(a) Vælger *MULTIPLE SLITS*. Der er 2, 3, 4, og 5 slits, og man kan se ved skift fra 2 til 5, hvorledes pletterne bliver skarpere og skarpere.

(b.) Diffraktion fra *CD*'er og *DVD*'er. Det svarer til multiple slits, hvor d er mindre for *DVD* end for *CD*. Af $\sin \theta = \frac{m\lambda}{d}$ ses det, at θ -værdierne derved bliver større, og vi får færre refleksioner med *DVD*'en end vi får med *CD*'en.

4. Cirkulært apertur og Raleighs kriterium med hjulet. Der skal bruge hjulet *SINGLE SLIT SET: CIRCULAR APERTURES*, der stilles på 0.2 mm i diameter. Vis evt. også det sekskantede hul og det kvadratiske.

F6, Kapitel 38 Fotoner, elektroner og atomer

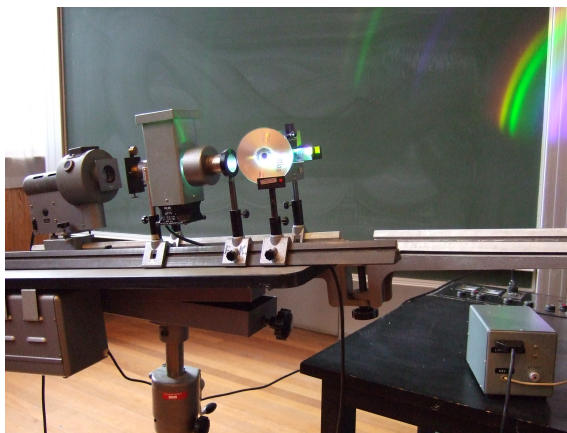
DEMO-6-1 Linjespektrum fra NaCl. Der drysses kogsalt ned i flammen på en bunsenbrænder, der er skruet op, så den brænder godt. Eller man holder en salt-tablet til opvaskemaskine inde i flammen. Der er to gule linjer ved næsten samme frekvens.



DEMO-6-1 Gule linjer fra Na. Til venstre ses absolut sort legeme, hulrumsstråling.

DEMO-6-2 Linjespektrum fra udladningsrør. Lyset fra udladningsrør med

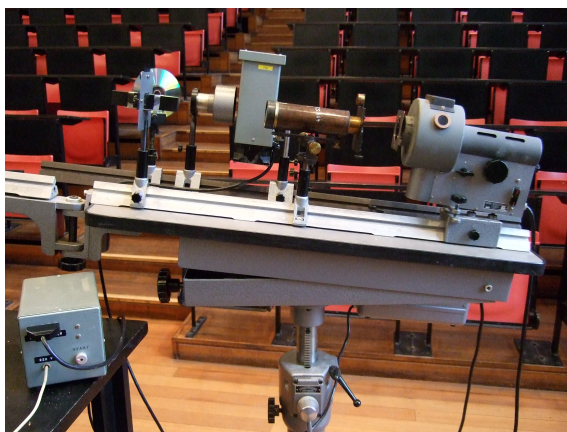
Hg føres gennem samlelinse og spredes derpå med et refleksionsdiffraktionsgitter i form af en CD-skive. Der ses et linjespektrum med brede linjer. Man kan se højere ordens refleksioner, og det ses, at linjerne adskilles mere ved højere ordens refleksioner.



DEMO-6-2 Linjespektrum fra udladningsrør med kviksølv damp.

DEMO-6-3 Kontinuert spektrum fra kulbuelys. Lysets sendes linse med indbygget spalte og derpå gennem prisme. Der ses ikke linjer i spektret.

DEMO-6-4 blackbody eller hulrumsstråling. Se billedet til DEMO-6-1, kassen til venstre med hul i den sortmalede flade. Indkommende elektromagnetisk stråling bl.a. i form af lys bliver absorberet efter en eller flere refleksioner. Der udsendes gennem hullet stråling svarende til kassens temperatur, dvs. stuetemperatur, og derved udsendes ikke stråling med bølgelængder inden for det synlige spektrum.



DEMO-6-3 Kontinuert spektrum fra kulbuelys.

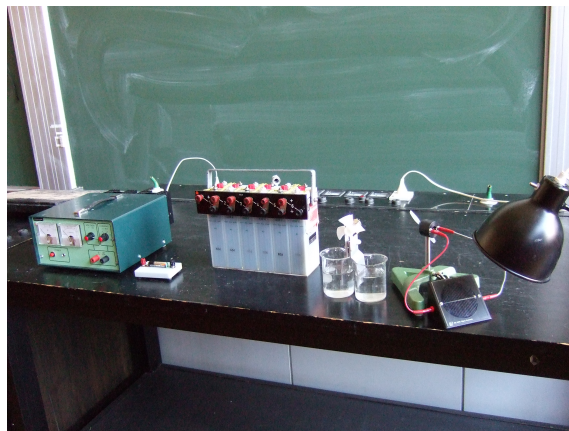
F7, Kapitel 39, Partiklers bølgenatur

DEMO-7-1 Ingen afbildning. Lavede stående bølger med lange fjeder, den er 10 m lang ved moderat udstrækning.

F8 Kapitel 40, Kvantemekanik

Ingen DEMO'er

F9 Kapitel 25 Strøm, resistans og emf, Kapitel 26 DC-kredsløb



DEMO-9-1 Generatortyper. Fra venstre: DC-strømforsyning, solcelle, vindmølle lånt af Robert, batteri, akkumulator og termoelement.

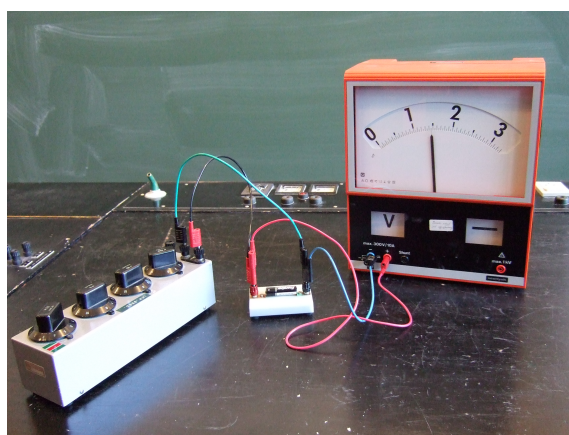
DEMO-9-1 Generatortyper, emf: *DC-strømforsyning koblet til lysnettet*

Batteri. Skal oplades.

Akkumulator. Skal oplades. Haves blot stående og er evt. brugt ved et par forsøg.

Solcelle. En lampe oplyser solcellen (fotoelektrisk effekt). Fotonerne skaber elektronhulpar ved en pn-grænse i halvledermaterialet. Solcellen trækker en lille propel.

Termoelement anbragt i 2 bægerglas med varmt og koldt vand. Termoelementet er Sb - Pt - Sb. Sb = stibium eller antimon. Potentialforskellen mellem loddestedet, der anbringes i isvand og loddestedet i kogende vand er 4,7 mV. Ved at bruge koldt og varmt vand fra auditoriets vandhaner -lad vandet løbe lidt først - kan termoelementet trække en lille propel. Bytter man om på koldt og varmt vand vil propellen stoppe op og dernæst rotere i modsat retning.

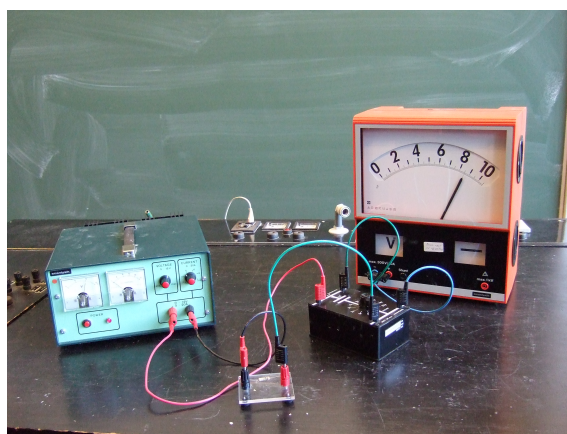


DEMO-9-2 Måling af indre resistans for batteri.

DEMO-9-2 Måling af indre resistans for batteri. *Et batteri med den ukendte indre resistans, R_i , forbindes til en modstandskasse, der kan stilles mellem $0,1 \Omega$ og f.eks. 1111Ω . Modstandskassen er den ydre resistans, R_y . Der sættes et voltmeter over R_y og spændingen måles, idet der startes med passende stor værdi af R_y . Når R_y har fået en sådan værdi, R_y^* , at spændingen over den er halveret i forhold til tilfældet med stor R_y -værdi, er $R_i = R_y^*$, forudsat at $R_i \ll R_y$ -startværdien. Måleserie:*

R_y	V_P
12 Ω	1,60 V
2 Ω	1,35 V
1 Ω	1,20 V
0,8 Ω	1,10 V
0,6 Ω	1,00 V
0,4 Ω	0,85 V
0,3 Ω	0,80 V
0,2 Ω	0,65 V
0,1 Ω	0,35 V

Den indre modstand er i dette tilfælde således ca. 0,3 Ω .



DEMO-9-3 Opladning af kapacitor.

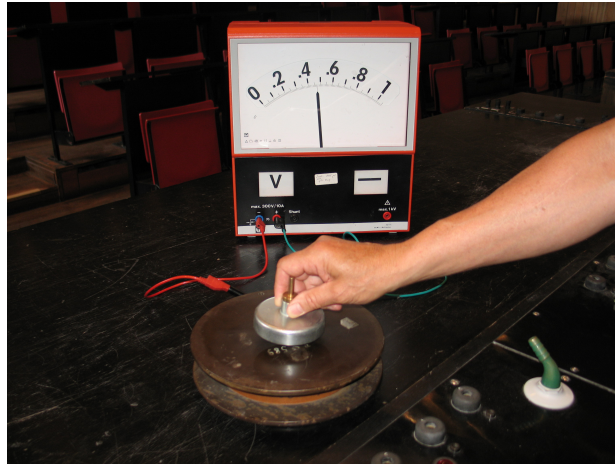
DEMO-9-3 Opladning af kapacitor. En 10 V's spændingsforsyning sættes i serie med en 1 M Ω resistans og den sorte kapacitor-kasse med omskifter, så kapacitansen, kan varieres mellem 1 μF , 5 μF , 10 μF , og 20 μF . Med 5 μF bliver tidskonstanten 5 s. Der sættes et voltmeter over kapacitansen, og man ser nålen stige langsommere og langsommere mod slutværdien 10 V.

F10 Kapitel 29 Elektromagnetisk induktion

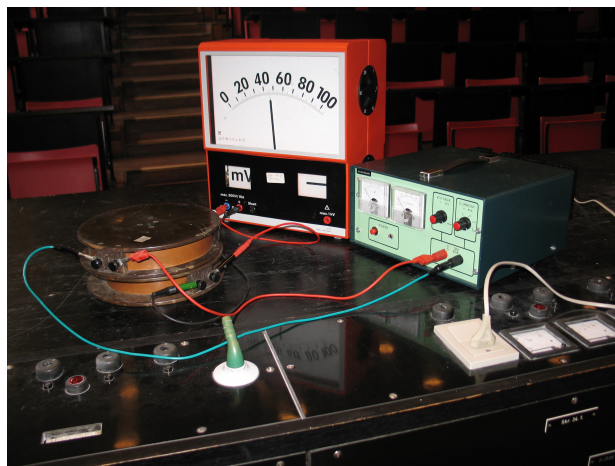
DEMO-10-1 Faradays induktionslov vist med spole og permanent magnet. Den flade spole med 3000 vindinger forbindes til et voltmeter, der stilles i området 1 V, således at nålen står i midten. Anbring den flade permanente magnet med diameter på 73 mm) tæt på spolen f.eks. med nordpol nærmest spolen, og træk den væk med et hurtigt ryk. Voltmetret vil vise ca. 0.5 V. Hvis sydpolen er nærmest fås samme spænding induceret, men fortegnet er skiftet.

DEMO-10-2 Faradays induktionslov vist med to spoler. De to flade spoler anbringes oven på hinanden. Spolen med 3000 vindinger forbindes til et voltmeter i området 100 - 300 mV. Spolen med 4000 vindinger forbindes til en spændingsforsyning på 10 V. Der kommer et udslag på ca. 35 mV når strømforsyningen tændes. Når strømmen er stationær, er der intet udslag.

DEMO-10-3 Faradays induktionslov vist med spole, der drejes i Jordens magnetfelt. Store spole med træramme har et effektivt areal på $A_0 = 42 \text{ m}^2$. Jordens magnetfelt har i Danmark en lodret komponent på $47 \cdot 10^{-6} \text{ T}$ og en vandret komponent på $17 \cdot 10^{-6} \text{ T}$, dvs. det er bedre at dreje spolen om en vandret akse end om en lodret akse. Spolen forbindes til et voltmeter på 10 mV området. Med $B \approx$



DEMO-10-1 Faradays induktionslov vist med spole og permanent magnet1 .



DEMO-10-2 Faradays induktionslov vist med to spoler.

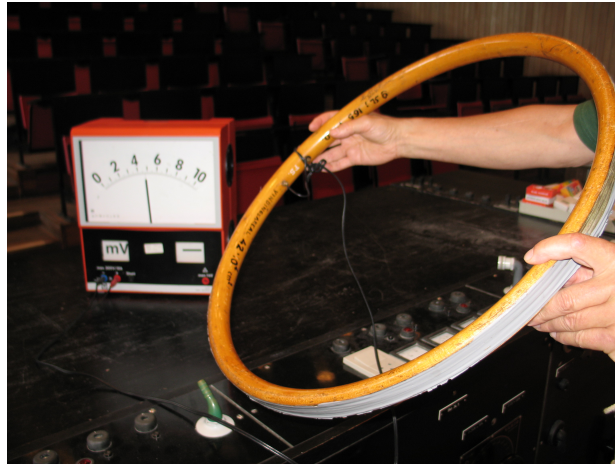
$50 \cdot 10^{-6} \text{ T}$ og $A = A_0 \cos(\omega t)$ fås: $\mathcal{E}_{in} = -B \cdot \frac{dA}{dt} = BA_0\omega \sin(\omega t)$ og $BA_0\omega = 50 \cdot 10^{-6} \cdot 42 \cdot 2\pi \cdot 0,5 \approx 6,6 \text{ mV}$.

DEMO-10-4 Motional elektromotorisk kraft, emf. Lineær elektrisk generator. På permanent magnet med diameter 11,0 cm, anbringes den brede modelbaneskinne, hvis 2 spor er forbundet til et voltmeter, der stilles på 1 mV. Et stykke metal, f.eks. Cu, anbragt så det kortslutter skinnerne, føres hurtigt langs skinnerne, så det omsluttede areal øges. Der induceres en beskedent spænding.

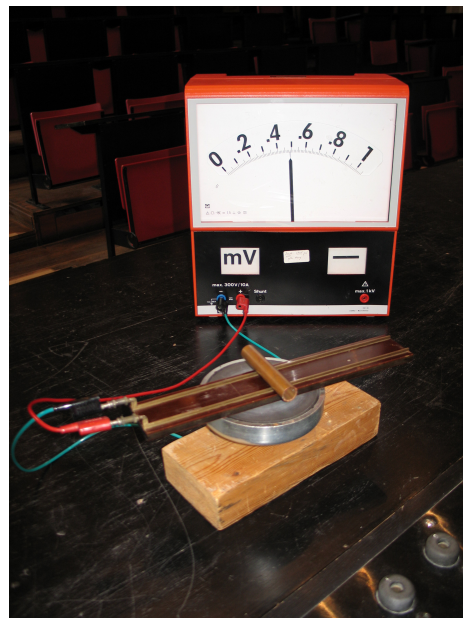
DEMO-10-5 Lineær elektrisk motor. Dette er det omvendte af DEMO-10-4. Et modeljernbanehjulpar anbringes på den smalle skinne, og der sendes en kraftig strøm gennem hjulparret, der derpå bevæger sig. Der blev benyttet en blå strømforsyning på 5 V DC.

DEMO-10-6 Hvirvelstrøm. Bremsning af roterende aluminiumsskive. Den roterende aluminiumsskive bliver bremset ved, at der føres en kraftig permanent magnet (flad cirkelrund med diameter 73 mm) hen nær den roterende skive. Der opstår hvirvelstrømme, hvis strømretning i det magnetiske felts område bliver således, at skiven bremses, $\underline{F} = I \underline{\Delta L} \times \underline{B}$. Stangmagneten giver næsten ingen opbremsning.

DEMO-10-7 Hvirvelstrøm. Magnet gennem Cu-rør. Når magneten falder gennem det lodretstående Cu-rør opstår hvirvelstrømme, der bremser magneten



DEMO-10-3 Faradays induktionslov vist med spole, der drejes i Jordens magnetfelt.



DEMO-10-4 Motional elektromotorisk kraft, emf. Lineær elektrisk generator.

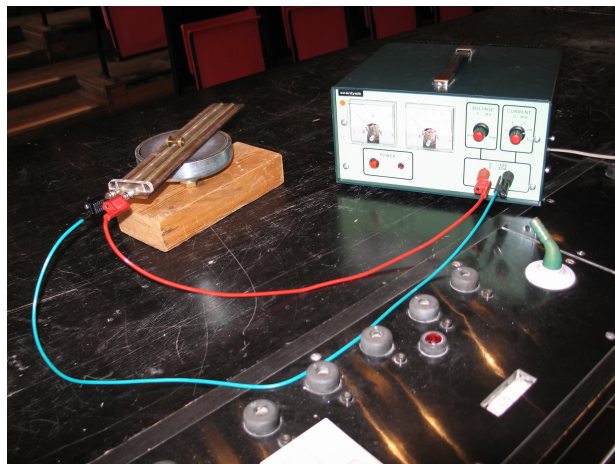
i dens fald. Hvis Cu-røret har en opslidsning, falder magneten langt hurtigere. Målinger af faldtider:

Rørtype	Faldtid
Tyndt rør, indvendig diameter 21,0 mm, med mange slidser	ca. 1 s
Tyndt rør, indvendig diameter 21,0 mm, med en slids	ca. 2 s
Tyndt rør, indvendig diameter 21,0 mm, uden slidser	ca. 3 s
Tykt rør, indvendig diameter 17,8 mm, uden slidser	ca. 17 s

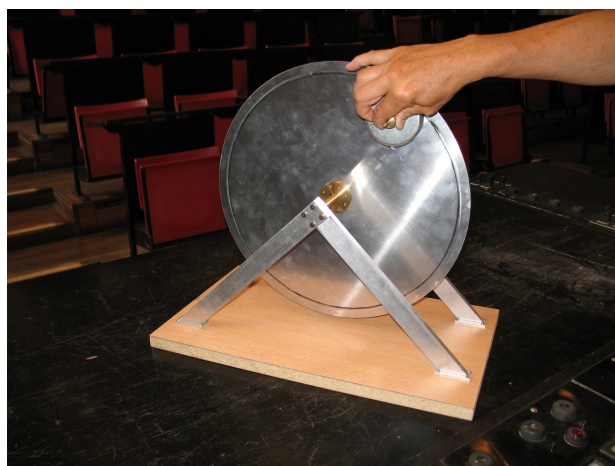
F11 Kapitel 30 Induktans, Kapitel 31 Velselstrøm

DEMO-11-1 Gensidig induktans. To 500 vindingers spoler benyttes. Den ene sættes til en 220 V's pære, den anden til en vekselstrømsforsyning med variabel spænding. Spolerne anbringes

1) oven på hinanden, strømmen i $I_{\text{primaer}} = 2,5 \text{ A}$, V_{primaer} lille, kan ikke registreres. Pæren lyser ikke.



DEMO-10-5 Lineær elektrisk motor.



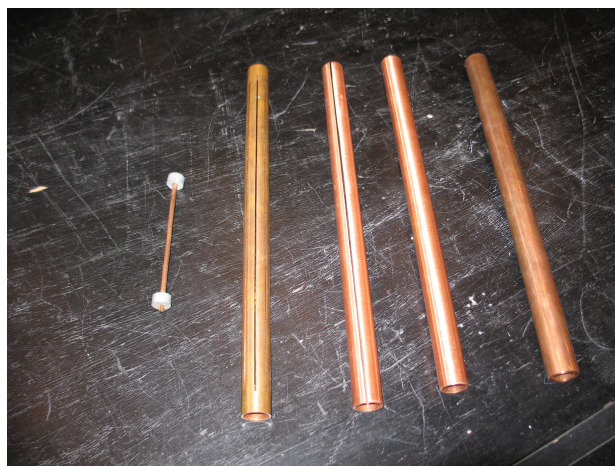
DEMO-10-6 Hvirvelstrøm. Bremsning af roterende aluminiumsskive.

- 2) jernkerne ned gennem spolerne, samme måling som i 1). Pæren lyser ikke.
- 3) U-format jernkerne uden overlægger. $I_{\text{primaer}} = 2,5 \text{ A}$ for $V_{\text{primaer}} \approx 40 \text{ V}\sim$. Pæren gløder uhyre svagt
- 4) U-format jernkerne med overlægger. $I_{\text{primaer}} = 1,5 \text{ A}$ for $V_{\text{primaer}} \approx 220 \text{ V}\sim$. Pæren lyser normalt.
- 5) U-format jernkerne med overlægger, men med 6 mm træ mellem overlægger og U-format åg. $I_{\text{primaer}} = 2,5 \text{ A}$ for $V_{\text{primaer}} \approx 110 \text{ V}\sim$. Pæren gløder tydeligt.

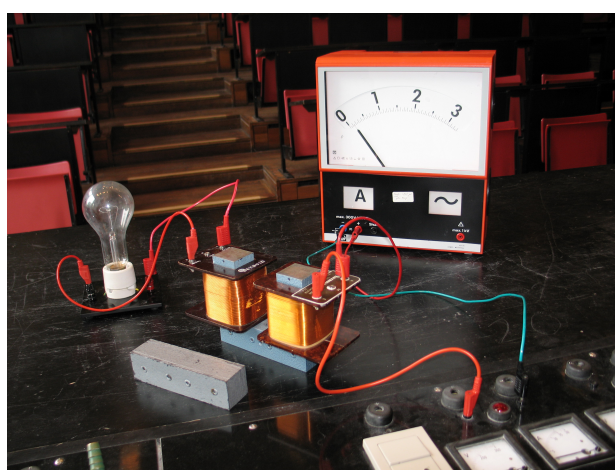
Med den U-formede jernkerne dannes en magnetisk kreds. Den gennemsnitlige vej, x_j , i jernet er 0,48 m. Hvis der er et mindre luftgab med samlede tykkelse x_ℓ , som i 5) bliver den magnetiske flux, Φ_B reduceret, da der gælder:

$$\Phi_B = \frac{NI}{\left[\frac{x_j}{\mu_j \mu_0 A_j} + \frac{x_\ell}{\mu_0 A_\ell} \right]} \approx \frac{NIA\mu_0}{\left[\frac{x_j}{\mu_j} + x_\ell \right]}$$

Da $x_j = 0,48 \text{ cm}$, $\mu_j \approx 800$, dvs. $\frac{x_j}{\mu_j} = 6 \cdot 10^{-4}$ og $x_\ell = 1,2 \text{ cm}$ bliver nævneren i udtrykket for fluksen med to 0,6 cm luftgab ændret fra $\frac{x_j}{\mu_j} = \frac{0,48}{800} = 6 \cdot 10^{-4} \text{ m}$ i tilfælde 4) til $\frac{x_j}{\mu_j} + x_\ell = \frac{0,48}{800} + 0,012 = 126 \cdot 10^{-4} \text{ m}$ i tilfælde 5), og fluksen bliver reduceret med faktoren $\frac{126}{6} = 21$ gange i tilfælde 5) i forhold til tilfælde 4).



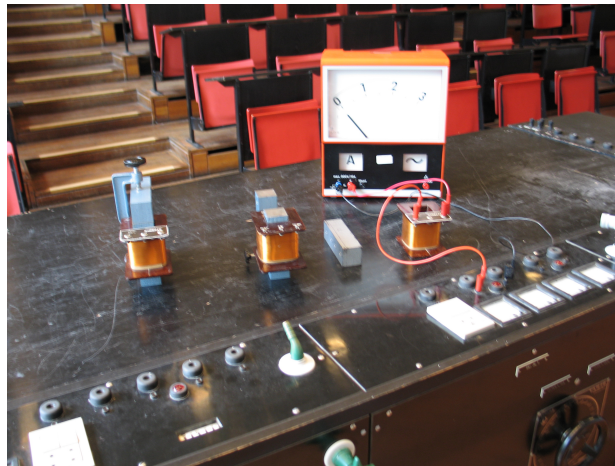
DEMO-10-7 Hvirvelstrøm. Magnet gennem Cu-rør.



DEMO-11-1 Gensidig induktans.

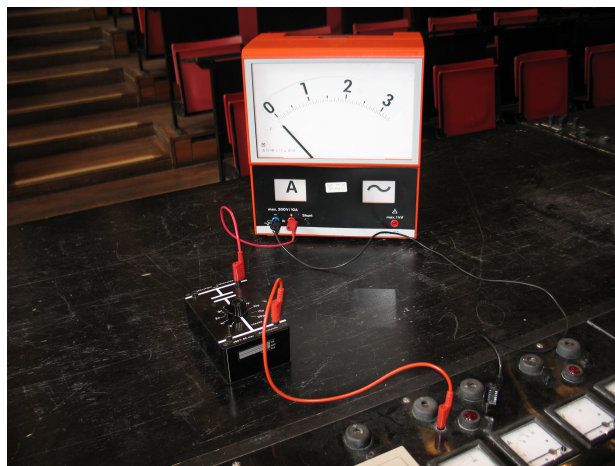
F12 Kapitel 31 Velselstrøm

DEMO-12-1 Kan jeg sætte en spole til 220 V~? Vælger 500 vindings-spole. $L = 8 \text{ mH}$, $R = 2,5 \Omega$, $I_{max} = 2,5 \text{ A}$. Variabel vekselstrømsforsyning fra katederet i serie med amperemeter og spole, der jo inkluderer en resistans. den induktive reaktans, $X_L = L\omega = 8 \cdot 10^{-3} 2\pi 50 = 2,5 \Omega$. Skrues forsigtigt op for spændingen vil I_{max} hurtigt nås. Anbringes en jernkerne, kan man nå en højere spænding på ca. 25 V~, i U-formet jernkerne nås I_{max} ved ca. 55 V~, og med lukket jernkerne vil L øges ca. 800 gange, og der kan skrues op til 220 V~. Men L afhænger af strømstyrken.



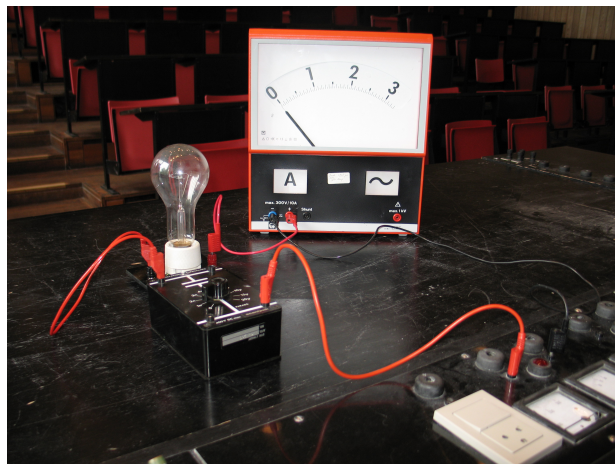
DEMO-12-1 Kan jeg sætte en spole til 220 V~?

DEMO-12-2 Kan jeg sætte en kapacitor til 220 V~? Sort kapacitorkasse med omskifter, Danfysik 113.302, og som eksempel med kapacitansen $1 \mu\text{F}$. Den kapacitive reaktans bliver $X_C = \frac{1}{C\omega} = \frac{1}{10^{-6} \cdot 2\pi 50} \approx 3,18 \cdot 10^3 \Omega$. Effektive strøm bliver da $\frac{220}{3,18 \cdot 10^3} = 0,07 \text{ A}$. Ja, jeg kan godt sætte kapacitoren til. Vise det med amperemeter på 3 A~ sat i serie med kapacitoren.



DEMO-12-2 Kan jeg sætte en kapacitor til 220 V~?

DEMO-12-3 Seriekreds RC. Den variable vekselspændingsforsyning sættes i serie med en 200 W pære og den sorte kasse med omskifter mellem forskellige kapacitorer. $P = \frac{V_{rms}^2}{R} \implies R = \frac{V_{rms}^2}{P} = \frac{220^2}{200} = 242 \Omega$. Vil lampen lyse, når $V_{rms} = 220 \text{ V}$?



DEMO-12-3 Seriekreds RC.

Afhænger af kapacitansen af kondensatoren. Hvis C er meget lille, bliver den kapacitive reaktans stor, idet $X_C = \frac{1}{C\omega}$. Eksempel: $C = 1 \mu\text{F}$, da $X_C = 3183 \Omega$, og impedansen, $Z = \sqrt{R^2 + X_C^2} = 3192 \Omega$. Der går strømmen $I_{\text{rms}} = \frac{V_{\text{rms}}}{Z} = \frac{220}{3192} = 0,07 \text{ A}$ og effekten $P = I_{\text{rms}}V_{\text{rms}} = 0,07 \cdot 220 = 15 \text{ W}$, dvs. lampen lyser ikke. For $C = 5 \mu\text{F}$ vil lampen gløde svagt, og for $C = 20 \mu\text{F}$ vil lampen lyse.

DEMO-12-4 Seriekreds RCL. Vise resonansfænomenet, $I = \frac{V}{Z} = \frac{V}{\sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}}$. Hvis resistansen, R , er den kraftige 200 W's pære, dvs. $R = 242 \Omega$, og den er i serie med med den flade spole på 4000 vindinger, $L = 1,26 \text{ H}$, og den sorte kasse med omskifter mellem forskellige kapaciteter, kan man få X_L og X_C til næsten at udkompensere hinanden. $X_L = X_C$ for $L\omega = \frac{1}{C\omega}$ eller $C = \frac{1}{L\omega^2} = \frac{1}{1,26 \cdot (2\pi 50)^2} = 8,0 \mu\text{F}$. Målinger:



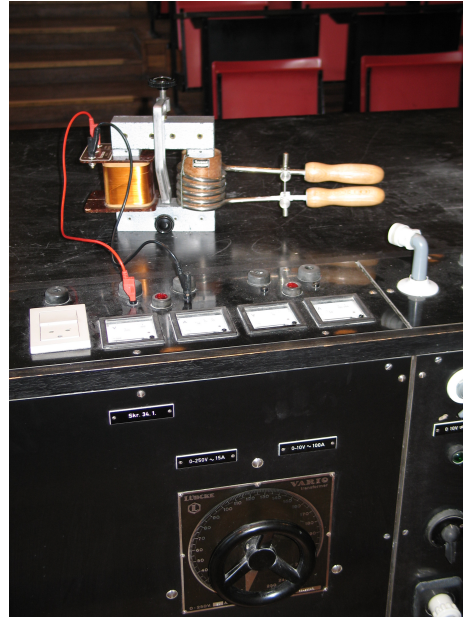
DEMO-12-4 Seriekreds RCL.

C	I	Pæren
$1 \mu\text{F}$	$0,09 \text{ A}$	Ingen lys
$5 \mu\text{F}$	$0,60 \text{ A}$	Lys
$10 \mu\text{F}$	$0,70 \text{ A}$	Mere lys
$15 \mu\text{F}$	$0,65 \text{ A}$	Mindre lys
$20 \mu\text{F}$	$0,62 \text{ A}$	Mindre lys

Bruges 3000 vdg spole vil resonans optræde ved en kapacitans på ca. $20 \mu\text{F}$. Bruges

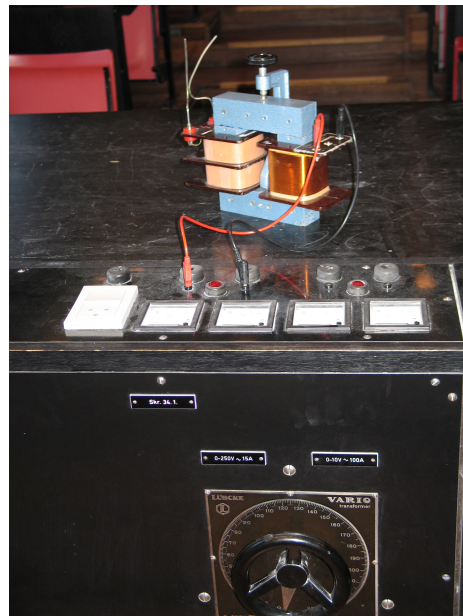
500 vdg spole med lukket jernkerne kan man se det samme som med 4000 vdg spole, men pæren lyser lidt svagere ved resonans ved $C \approx 10 \mu F$.

DEMO-12-5 Transformator, smelte et søm. $N_1 = 1000$ vindinger og $N_2 = 5$ vindinger med lukket jernkerne. Brugte 2,8 mm tykt blankt søm. Ved $220 V\sim$ og $I = 0,8 A$ tog det 3 s, før sømmet begyndte at gløde, og 20 s, før sømmet blev hevet over af den fjedrende spole.



DEMO-12-5 Transformator, smelte et søm.

DEMO-12-6 Transformator, lave gnister. $N_1 = 500$ vindinger og $N_2 = 23000$ vindinger med lukket jernkerne. Sekundærspænding på $220 \cdot \frac{23000}{500} = 10,1 kV$. Med 3 mm mellem elektroderne på sekundærsiden og ca $180 V\sim$ på primærsiden dannedes flotte opadvandrende gnister. I_{rms} ca. 4 A på primærsiden.



DEMO-12-6 Transformator, lave gnister.

F13 Repetition og sidste eksamenssæt

Ingen DEMO'er