



Tentamen i Fysik TFYA86

Onsdag 2019-08-28 kl. 14:00-19:00

Tillåtna hjälpmedel: Medtaget formelblad med handskrivna anteckningar
Physics handbook
Avprogrammerad räknedosa enligt IFM:s regler.

Lösningförslag läggs ut på kursens Lisam-sida efter tentamen.

Införda beteckningar skall definieras, ekvationer motiveras och numeriskt svar alltid utskrivs med korrekt enhet.

Alla steg i lösningarna måste kunna följas.

Lösningar skall, där det är motiverat, åtföljas av figur.

Skriv bara på ena sidan av varje blad, och endast en uppgift per blad.

Skriv ID-nr och kurskod på varje inlämnat blad.

Tentamen består av en del med elektromagnetism (uppgift A1-A5), en del med optik (uppgift B6-B7) och en del med modern fysik (uppgift C8-C9). Första uppgiften i varje del består av 4 stycken teorifrågor som ger 0,5 p vardera. Övriga problem ger maximalt 4p, så den totala poängen är 30 p. För godkänt krävs totalpoäng enligt nedan, samt minst 2p på varje del. Bonuspoäng från testerna kan endast tillgodoräknas för att nå godkänt betyg.

Preliminära betygsgränser:

3: 12-17,5

4: 18-23,5

5: 24-30

Lycka till!

Electric field of various symmetric charge distributions: The following table lists electric fields caused by several symmetric charge distributions. In the table, q , Q , λ , and σ refer to the *magnitudes* of the quantities.

Charge Distribution	Point in Electric Field	Electric Field Magnitude
Single point charge q	Distance r from q	$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2}$
Charge q on surface of conducting sphere with radius R	Outside sphere, $r > R$	$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2}$
	Inside sphere, $r < R$	$E = 0$
Infinite wire, charge per unit length λ	Distance r from wire	$E = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \frac{\lambda}{r}$
Infinite conducting cylinder with radius R , charge per unit length λ	Outside cylinder, $r > R$	$E = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \frac{\lambda}{r}$
	Inside cylinder, $r < R$	$E = 0$
Solid insulating sphere with radius R , charge Q distributed uniformly throughout volume	Outside sphere, $r > R$	$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{r^2}$
	Inside sphere, $r < R$	$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Qr}{R^3}$
Infinite sheet of charge with uniform charge per unit area σ	Any point	$E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$
Two oppositely charged conducting plates with surface charge densities $+\sigma$ and $-\sigma$	Any point between plates	$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$
Charged conductor	Just outside the conductor	$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$

Magnetic fields due to current distributions: The table lists magnetic fields caused by several current distributions. In each case the conductor is carrying current I .

Current Distribution	Point in Magnetic Field	Magnetic-Field Magnitude
Long, straight conductor	Distance r from conductor	$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$
Circular loop of radius a	On axis of loop	$B = \frac{\mu_0 I a^2}{2(x^2 + a^2)^{3/2}}$
	At center of loop	$B = \frac{\mu_0 I}{2a}$ (for N loops, multiply these expressions by N)
Long cylindrical conductor of radius R	Inside conductor, $r < R$	$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi} \frac{r}{R^2}$
	Outside conductor, $r > R$	$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$
Long, closely wound solenoid with n turns per unit length, near its midpoint	Inside solenoid, near center	$B = \mu_0 n I$
	Outside solenoid	$B \approx 0$
Tightly wound toroidal solenoid (toroid) with N turns	Within the space enclosed by the windings, distance r from symmetry axis	$B = \frac{\mu_0 N I}{2\pi r}$
	Outside the space enclosed by the windings	$B \approx 0$

Del A. Elektromagnetism

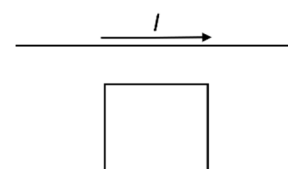
Uppgift A1, teori (2p)

Frågorna nedan ger 0,5 p var vid korrekt svar. Det räcker att ange svarsalternativ. Fler än ett alternativ kan vara rätt! Samtliga korrekta alternativ måste anges för att få poäng. Minuspoäng tillämpas ej. Om någon fråga är oklar eller ni vill förtydliga något, skriv en textkommentar.

I. Para ihop de fyra enheterna med de angivna storheterna du stött på i elläran:

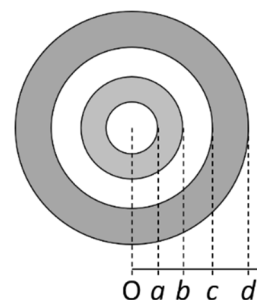
Storhet	Enhet
1. Effekt, P	A. Ns/Cm
2. Magnetiskt flöde, ϕ_B	B. J/s
3. Strömtäthet, J	C. A/m ²
4. Magnetisk fältstyrka, B	D. Tm ²

II. En rak ledare är placerad bredvid en rektangulär strömslinga enligt figuren. I vilket eller vilka av följande fall induceras det en ström i den rektangulära strömslingan? Ange även den eventuella strömmens riktning i den rektangulära slingan (medsols eller motsols).



- Rektangeln rör sig inte. Strömmen genom den långa raka ledaren I är 2A.
- Rektangeln rör sig inte. Strömmen genom den långa raka ledaren ökar i storlek med $\frac{dI}{dt} = 0,01$ A/s.
- Rektangeln rör sig vertikalt nedåt (dvs bort från ledaren). Strömmen genom den långa raka ledaren I är 2A.
- Rektangeln rör sig horisontellt (dvs längs med ledaren). Strömmen genom den långa raka ledaren I är 2A.

III. Två ledande ihåliga sfärer är placerade koncentriskt såsom visas i figuren. Mellan sfärerna är det vakuum. Den inre sfären har innerdiameter $a = 2$ cm och ytterdiameter $b = 4$ cm. Den yttre sfären har innerdiameter $c = 6$ cm och ytterdiameter $d = 9$ cm. Nettoladdningen på den inre sfären är $+Q$ och på den yttre sfären är den $-3Q$. Ange den inneslutna laddningen och det elektriska fältet 1 cm, 3 cm, 7 cm och 15 cm från sfärernas centrum.

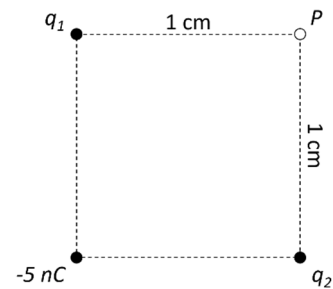


IV. En kondensator har kopplats till ett batteri och laddats upp. Batteriet kopplas sedan bort och avståndet mellan kondensatorplattorna halveras. Vilket/vilka av påståendena nedan är sanna?

- Laddningen på plattorna är oförändrad.
- Laddningen på plattorna halveras.
- Spänningen över kondensatorn är oförändrad.
- Spänningen över kondensatorn halveras.
- Kondensatorns kapacitans är oförändrad.

Uppgift A2

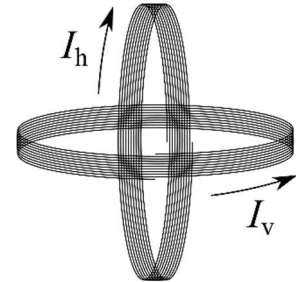
Tre punktladdningar är placerade i tre av hörnen i en kvadrat enligt figuren. I punkten P är det elektriska fältet noll.



- a) Bestäm q_1 och q_2 till storlek och tecken. (3p)
- b) Beräkna potentialen i punkten P . (1p)

Uppgift A3 (4p)

I ett experiment vill du försöka få bort jordens magnetfält i en punkt. För att göra detta använder du två spolar vilka leder ström. Spolarna placeras sedan så att deras magnetfält motverkar jordens magnetfält i den önskade punkten. Den ena spolen placerar du vertikalt och den andra horisontellt, se figuren. Spolarnas diameter är 0,5 m och har lindats med 100 varv. Då strömmarna går som figuren visar och är $I_v = 230$ mA och $I_h = 90$ mA mäter du att magnetfältet i spolarnas sammanfallande centrum är noll.



Hur stort är det jordmagnetiska fältet i punkten och vilken vinkel gör det med jordens yta? (4p)

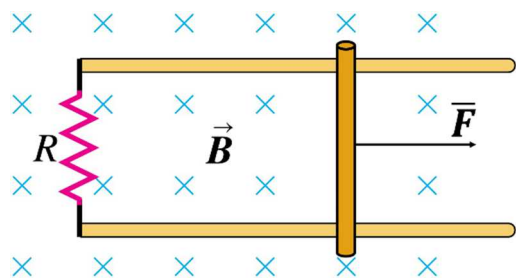
Uppgift A4 (4p)

Att kunna identifiera isotoper av atomer är av största vikt för att exempelvis kunna datera mineraler och bergarter. Identifieringen kan göras genom att skicka atomer som joniserats och därmed getts en känd elektrisk laddning genom en masspektrometer. I en specifik uppställning accelereras en partikel med laddningen $+2e$ från vila genom i ett elektriskt fält mellan 2 plattor placerade 5 cm från varandra med spänningen 4,0 kV. Partikeln utsätts sedan för ett magnetfält på 1,9 mT som får den att gå i en cirkulär rörelse med radien 5,2 cm. (Tips: $E_k = \frac{mv^2}{2}$)

Bestäm partikelns massa. (4p)

Uppgift A5 (4p)

En ledande stav rör sig utefter två friktionsfria, ledande skenor som är kopplade till ett motstånd på $4,00 \Omega$ som visas i figuren nedan. Stavens längd är 1,60 m och ett homogent magnetfält på 2,20 T ligger vinkelrätt mot pappret.



- a) Med vilken kraft måste man dra staven åt höger för att den ska hålla en konstant hastighet på 6,00 m/s? (3p)
- b) Vilken effekt utvecklas i motståndet? (1p)

Del B. Optik

Korrigerig av felaktiga uttryck i formelbladet:

Dubbelspalt	
Villkor för konstruktiv interferens	$d \sin \theta = m\lambda, m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$
Enkelspalt	
Intensitet i diffraktionsmönster	$I = I_0 \left\{ \frac{\sin[\pi a(\sin \theta)/\lambda]}{\pi a(\sin \theta)/\lambda} \right\}^2$
Elektromagnetisk våg	
Brytningsindex	$n = \frac{c}{v} = \sqrt{K K_m}$

Uppgift B6, teori (2p)

I. Vilket/vilka påståenden är korrekta då ljus bryts när det infaller från ett material med brytningsindex n_1 till ett material med brytningsindex n_2 ?

- a) Ljusets våglängd ändras då det passerar gränsen
- b) Ljusets frekvens ändras då det passerar gränsen
- c) Om ljuset bryts mot normalen är den dielektriska konstanten är större för materialet med brytningsindex n_2
- d) Om $n_1 > n_2$ kan totalreflektion ske

II. Opolariserat vitt ljus infaller mot en polarisator med horisontell polarisationsaxel. Vilket/vilka av följande påståenden är sanna för ljuset efter polarisatorn?

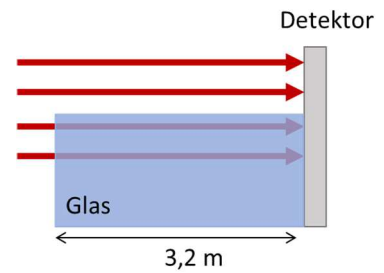
- a) Ljusets elektriska fält svänger i det horisontella planet
- b) Ljusets magnetiska fält svänger i det horisontella planet
- c) Intensiteten på ljuset är densamma som innan polarisatorn
- d) Ljuset är monokromatiskt

III. Opolariserat ljus infaller mot en glasskiva. Vad händer med det reflekterade ljuset då ljusets infallsvinkel är lika med Brewstervinkeln?

IV. Om monokromatiskt rött ljus från en laser infaller mot en enkelspalt så bildas ett diffraktionsmönster med röda fläckar på en skärm bakom spalten. Om lasern byts ut mot en vit ljuskälla, hur ser diffraktionsmönstret ut då? Kommer alla ljusa fläckar att vara vita? Förklara.

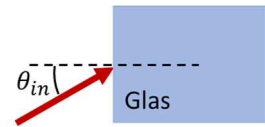
Uppgift B7)

En laserstråle lyser parallellt med ytan av ett glasblock och detekteras på andra sidan blocket. Halva strålen går igenom glaset och halva strålen går i luften ovanför. Det tar 6,3 ns längre tid för strålen som passerar glasblocket att nå detektorn jämfört med strålen som går ovanför glasblocket.



a) Bestäm glasets brytningsindex. (3p)

b) Laserns position ändras så att ljuset får gå igenom glasblocket. Då infallsvinkeln (θ_{in}) är 45° , hur stor är brytningsvinkeln i glaset? (1p)



Del C. Modern fysik

Uppgift C8, teori (2p)

I. Vilket/vilka av följande påståenden stämmer för ljuset från en laser?

- a) Ljuset är koherent.
- b) Ljuset produceras genom spontan emission.
- c) Ljuset produceras från en inverterad population.
- d) Ljuset är monokromatiskt.

II. Vilket/vilka av följande påståenden är sanna för en kristall av en p-typ halvledare.

- a) En atom saknas i kristallstrukturen vilket ger upphov till ett hål.
- b) En elektron saknas i valensbandet vilket ger upphov till ett hål.
- c) Kristallen har en netto positiv laddning.
- d) Kristallen leder ström genom förflyttning av elektroner i ledningsbandet.
- e) Kristallen leder ström genom förflyttning av hål i ledningsbandet.

III. Genom den fotoelektriska effekten kan elektroner frigöras från en metallyta genom att metallen belyses med ljus. Om du lyser på en metallyta hemma, till exempel en kastrull, med en vanlig ficklampa, kommer elektroner att frigöras då? Motivera kortfattat varför/varför inte.

IV. Förklara kortfattat varför vissa material som är halvledare vid 0 K blir ledande vid rumstemperatur.

Uppgift C9 (4p)

En stråle med elektroner med energin 90 eV riktas mot en enkelspalt med spaltöppningen 0,05 mm och diffraktionsmönstret fångas på en skärm placerad bakom spalten.

- a) Bestäm elektronernas de Broglie våglängd. (2p)
- b) Spaltens öppning ger en osäkerhet i vertikal position hos fotonen. På grund av det, vad är osäkerheten i rörelsemängd hos fotonen (i vertikal riktning)? (1p)

En pn-övergång med en läckström på 0,35 A kopplas med ett framspänningsfall till en spänningskälla med polspänningen 0,050 V.

- c) Vid rumstemperatur (20 °C), hur stor blir strömmen i kretsen? (1p)